

# Microscopía inteligente: el impacto de la IA en la exploración de lo invisible

Recibido:  
31/01/2025  
Aceptado:  
17/05/2025  
Publicado:  
19/05/2025

## Smart microscopy: the impact of AI on exploring the invisible

Carlos Acuña<sup>1</sup>, Sellenne Romero Servin<sup>2</sup>, Pedro Páramo<sup>1</sup>, Ivonne Yznaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias. Juan de La Barrera 1241, Las Cumbres, 25270 Saltillo, Coah. México.

<sup>2</sup>Universidad de Minnesota, Departamento de Patología Oral y Maxilofacial. Malcolm Moos Health Sciences Tower, 515 Delaware St SE Minneapolis, MN 55455. <https://orcid.org/0000-0003-2334-3519>, <https://orcid.org/0000-0002-4992-0567>, <https://orcid.org/0000-0002-3211-9140>; <https://orcid.org/0009-0005-4633-3518>

\*Autor de correspondencia: [carlos.acunaocampo@tec.mx](mailto:carlos.acunaocampo@tec.mx)

### RESUMEN

La inteligencia artificial está revolucionando la microscopía en áreas como la medicina y la ciencia de materiales, destacando la importancia de la colaboración multidisciplinaria para avanzar en la exploración de lo invisible. Este estudio presenta dos casos clave: el primero se enfoca en el análisis de imágenes de patologías, demostrando que es posible clasificar estas imágenes mediante algoritmos de IA, comenzando con la selección del aumento microscópico más adecuado. El segundo aborda los beneficios de la caracterización de materiales a través de diversos enfoques basados en IA. La integración de conocimientos provenientes de la medicina, la ingeniería y la computación no solo mejora la precisión y eficiencia en ambos campos, sino que también fomenta nuevas estrategias de investigación y desarrollo. Este enfoque colaborativo permite aplicar tecnologías avanzadas de análisis, que tradicionalmente se limitaban a un solo ámbito, de manera innovadora en otros campos, acelerando así los descubrimientos.

#### Palabras clave:

multidisciplinaria, inteligencia artificial, microscopía.

### ABSTRACT

Artificial intelligence is transforming microscopy in areas such as medicine and materials science, highlighting the importance of multidisciplinary collaboration to advance the exploration of the invisible. This study presents two cases in point: the first focuses on the analysis of pathology images, demonstrating that it is possible to classify these images using AI algorithms, starting with the selection of the most appropriate microscopic magnification. The second addresses the benefits of material characterization through various AI-based approaches. The integration of knowledge from medicine, engineering and computing not only improves accuracy and efficiency in both fields, but also fosters new research and development strategies. This collaborative approach enables advanced analytical technologies, traditionally limited to a single domain, to be applied in innovative ways to other fields, thus accelerating discovery.

#### Keywords:

multidisciplinary, artificial intelligence, microscopy.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la inteligencia artificial (IA) es un tema familiar para todos, debido al impacto que ha tenido en la manera en que vivimos y trabajamos. Esta tecnología ha logrado impulsar innovaciones que están redefiniendo múltiples sectores como la educación, la industria y la medicina, revolucionando así nuestro presente.

El impacto de la IA en estos sectores no ha sido un proceso aislado, ha surgido de la combinación de conocimientos de medicina, ingeniería y ciencias computacionales. La integración multidisciplinaria ha permitido que la inteligencia artificial se aplique de manera innovadora en áreas donde antes no era posible, como la microscopía o comportamiento de materiales. Es importante señalar que, a pesar de estos avances, persiste una falta de comunicación efectiva entre las distintas áreas involucradas, lo cual dificulta una comprensión compartida de los alcances reales de estas tecnologías, así como de los debates éticos y sociales que giran en torno a su uso. En el caso de la microscopía, entendida como una técnica fundamental que permite visualizar estructuras diminutas que no pueden observarse a simple vista mediante diferentes tecnologías ópticas, electrónicas o digitales, esta combinación ha permitido la creación de herramientas avanzadas de análisis desde la investigación biomédica hasta la mejora de procesos industriales (Kai Guo *et al.*, 2021).

Investigaciones recientes (Dwivedi *et al.*, 2021) demuestran que la IA puede analizar grandes volúmenes de datos experimentales para predecir el comportamiento de los materiales bajo diferentes condiciones. Estos avances no solo hacen que la creación de materiales innovadores sea más rápida y eficiente, sino que también permite diseñar materiales más seguros y de alto rendimiento. Esto trae consigo un alto beneficio para industrias como la electrónica y la energía renovable, por tan solo mencionar algunas.

En el estudio de Llamas-Velasco y Ovejero-Merino, 2024, se examina cómo puede aplicarse la IA para la clasificación de imágenes en el campo de la medicina, lo que podría mejorar la precisión y rapidez del diagnóstico médico. Mediante algoritmos de aprendizaje, la IA es capaz de analizar imágenes identificando patrones que podrían pasar desapercibidos para el ojo humano. Además, en este trabajo se exponen las capacidades de la IA en la caracterización de materiales, así como en la identificación y clasificación de propiedades a partir de imágenes obtenidas mediante técnicas microscopía avanzada.

## Pasos iniciales de la IA en la microscopía

El uso de microscopios no está exento de dificultades, especialmente cuando se trata de obtener imágenes de calidad para su análisis. El objetivo fundamental de la microscopía es permitir la visualización clara y detallada de estructuras que no pueden observarse a simple vista, lo que requiere condiciones óptimas de adquisición de imagen. Uno de los principales problemas es el deslumbramiento, que ocurre cuando la luz se refleja en exceso sobre la muestra, generando regiones demasiado brillantes que pueden ocultar detalles importantes. Además, pueden surgir otras imperfecciones como ruido, desenfoque o variaciones de contraste que dificultan la correcta interpretación de la imagen.

Para superar estos obstáculos, es fundamental realizar un preprocesamiento de las imágenes. Este proceso consiste en aplicar técnicas de visión por computadora para mejorar la calidad de la imagen y extraer la región de interés. De esta manera, se pueden eliminar interferencias y trabajar exclusivamente con los patrones relevantes para el estudio.

Para los estudiantes que se inician en el uso de la microscopía, es importante entender que la captura de imágenes es solo el primer paso. Sin un adecuado preprocesamiento, los datos pueden estar sesgados o incompletos. Por ello, aprender técnicas de preprocesamiento es esencial para obtener resultados óptimos en cualquier investigación científica.

La figura 1 muestra el proceso de extracción de la región de interés (ROI), a partir de la imagen capturada con el microscopio (figura 1a), obteniendo la ROI representada en la figura 1b. Primero, se identifica el círculo dentro de la imagen y, posteriormente, se recorta un cuadro inscrito. Para garantizar un análisis preciso en algoritmos de inteligencia artificial enfocados en texturas o patrones, es fundamental evitar sesgos en la selección del ROI. Esto asegura que el algoritmo aprenda de la forma y las características intrínsecas del objeto, en lugar de su posición dentro de la imagen.

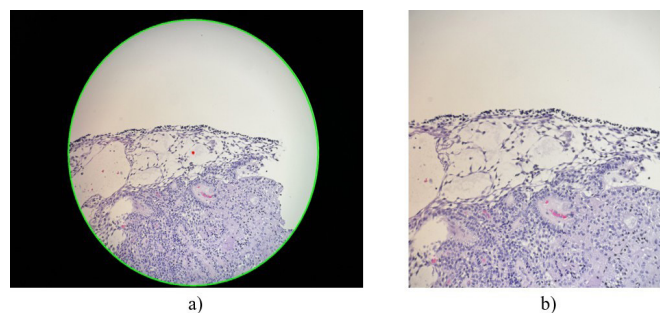


Figura 1. Preprocesamiento en imágenes médicas

## Capacidades de la IA en la microscopía

Si un estudiante de áreas como medicina, biología, ingeniería biomédica, ciencias de materiales o computación explora la intersección entre IA y microscopía, podrá acceder a un campo en pleno crecimiento, con un impacto real en la ciencia y la salud.

Uno de los principales desafíos de la IA en microscopía es determinar el aumento óptimo para que un algoritmo pueda aprender eficazmente a reconocer diferentes patrones. En la Figura 2, se presentan tres patologías distintas a diferentes aumentos (4x, 10x, 20x, 40x y 60x), lo que permite analizar cómo varía la información capturada en cada caso. Las imágenes fueron proporcionadas por el Departamento de Patología Oral y Maxilofacial de la Universidad de Minnesota.

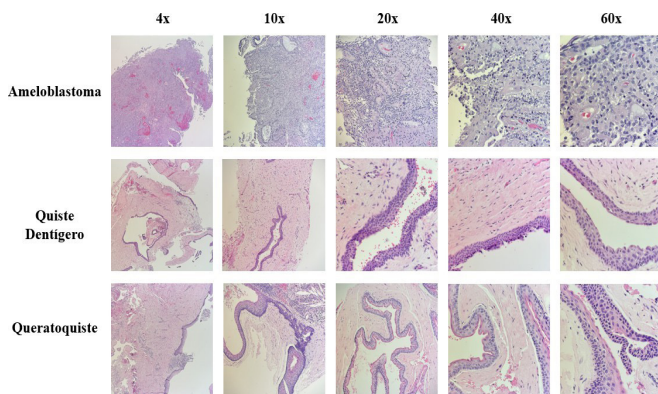


Figura 2. Patologías a diferentes aumentos.

Cada nivel de magnificación aporta información distinta, lo que permite que la inteligencia artificial aprenda patrones de forma individual o combinada (Kuklyte *et al.*, 2021). La elección del aumento adecuado puede influir significativamente en la eficiencia del algoritmo, ya que diferentes niveles de detalle pueden ser más o menos relevantes según el tipo de material analizado. Es importante señalar que lo que se clasifica en este tipo de estudios son imágenes microscópicas de tejidos, con el objetivo de identificar automáticamente la presencia de distintas patologías. Esta clasificación se basa en patrones visuales detectados por algoritmos de inteligencia artificial, y su propósito es apoyar el diagnóstico médico mediante herramientas que complementen la interpretación de especialistas. En algunos casos, un solo aumento es suficiente para una clasificación precisa, mientras que, en otros, la combinación de múltiples niveles mejora la capacidad del modelo para diferenciar entre patologías. En el cuadro 1 se presentan los resultados de precisión obtenidos por un algoritmo en la clasificación de las tres patologías mostradas en la Figura 2, evidenciando el impacto del aumento en el desempeño del modelo.

Cuadro 1. Precisión en la clasificación

Porcentaje de precisión en la clasificación	
Aumento	Patologías A-D-Q
10x	78.3 %
20x	83.2 %
40x	95.21 %
60x	91.3 %

Este mismo enfoque puede aplicarse al análisis de materiales en diversas disciplinas, como la metalurgia, la nanotecnología y la ciencia de materiales en general. En microscopía metalográfica, por ejemplo, la elección del aumento es crucial para identificar fases, defectos estructurales y distribuciones de granos, (formaciones de átomos de una misma estructura cristalina y orientación), lo que permite optimizar procesos de fabricación y tratamiento térmico. Del mismo modo, en el estudio de polímeros, cerámicos y biomateriales, la combinación de diferentes niveles de magnificación puede mejorar la detección de microestructuras, impurezas o fallas a escalas nano y micrométricas. Así, la inteligencia artificial no solo facilita el análisis biológico, sino que también amplía su impacto en la caracterización de materiales de distintas naturalezas, impulsando avances en la investigación y la industria.

La figura 3 muestra tres metalografías con diferentes tamaños de grano de una superaleación base níquel comúnmente llamada Inconel 718 que se utiliza en la producción de energía y en la industria aeroespacial (en las turbinas de los aviones), donde:

a) representa un grano fino, b) representa un grano combinado con grano grueso y fino en los límites de los granos y c) grano fino con formaciones ALA (As Large As, en inglés). Cada microestructura (tamaño de grano) se puede asociar con una propiedad mecánica que se puede medir en el laboratorio, por ejemplo, un grano fino se puede asociar a la resistencia del material a la fractura o a la deformación, un grano combinado puede usarse en la industria para facilitar su conformado. Las imágenes fueron obtenidas en el laboratorio de materiales del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León (CIDET-FIME), así como, en el laboratorio de Materiales del Departamento de Ciencias de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica de la Escuela de Ingeniería de Barcelona Este de la Universidad Politécnica de Cataluña (EEBE-Barcelona Tech), a partir de los trabajos de doctorado y posdoctorado del coautor Pedro Páramo.

Cada aleación responde a su propia naturaleza de cómo se formaron o el tipo de elementos que la conforman,

sin embargo, en la metalurgia hay propiedades que se pueden repetir sin importar el tipo de aleación. No obstante, el trabajo en laboratorio para la medición de las propiedades es un trabajo indispensable e irremplazable. Aquí es donde el procesamiento de imágenes nos ayuda a tener datos de imágenes y propiedades mecánicas que previamente se obtuvieron en el laboratorio pero que sirven de apoyo para diagnóstico de los científicos metalúrgicos en futuras aplicaciones de estos materiales. Un ejemplo de esto se observa en la industria de la forja de los anillos que forman parte de las turbinas de los aviones, donde es fundamental verificar la microestructura de los componentes. Las normas aeroespaciales son muy estrictas y requieren una microestructura con ciertas características para obtener las propiedades mecánicas adecuadas para la aplicación aeroespacial, sin estas características como un tamaño de grano específico (el grano en un metal es un conjunto de regiones cristalinas hechas con el empaquetamiento de los átomos con una orientación dada) o porcentajes de fases (se conoce como fase a las porciones de esa aleación físicamente homogéneas y las superaleaciones pueden tener varios), no serían considerados para pertenecer a un componente aeroespacial como los aviones.

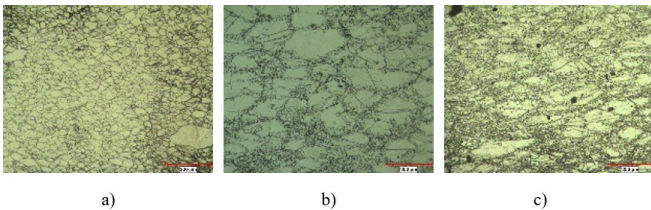


Figura 3. Superaleación base níquel; a) Tamaño fino; b) Tamaño de grano combinado con grano grueso y fino; c) grano fino con formaciones ALA (As Large As, en inglés).

## REFLEXIONES FINALES

El uso de la IA en la microscopía está desempeñando un papel clave en el descubrimiento y la innovación en campos como la medicina y la ciencia de materiales. En el análisis de imágenes médicas, los algoritmos de IA han demostrado una gran capacidad para preprocesar imágenes y, a partir de ello, identificar distintas patologías con alta precisión. Esto resulta especialmente valioso en casos donde, incluso para los expertos, la identificación visual de una patología puede ser compleja y desafiante. Su capacidad para identificar patrones que podría pasar inadvertidos para el ojo humano permite ofrecer diagnósticos más efectivos y rápidos. La integración de estas tecnologías potencia no solo la eficiencia diagnóstica, sino también la posibilidad de descubrir nuevas correlaciones clínicas y marcadores patológicos relevantes.

En el ámbito de la caracterización de materiales, la IA también juega un papel crucial. Es capaz de analizar microestructuras y definir distintos tamaños de

granos, lo que contribuye a la mejora de procesos y al desarrollo de materiales.

Estos avances son posibles gracias a la integración de conocimientos provenientes de distintas disciplinas, como la medicina, la ingeniería y la computación. La colaboración multidisciplinaria permite que tecnologías avanzadas trasciendan sus aplicaciones tradicionales y sean implementadas de manera innovadora en nuevos campos. Este enfoque no solo mejora la precisión y eficiencia en la investigación, sino que también fomenta nuevas estrategias para la exploración científica y el desarrollo tecnológico.

## LITERATURA CITADA

- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., Duan, Y., Dwivedi, R., Edwards, J., Eirug, A., Galanos, V., Ilavarasan, P. V., Janssen, M., Jones, P., Kar, A. K., Kizgin, H., Kronemann, B., Lal, B., Lucini, B., ... Williams, M. D. (2021). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 57, 101994. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>
- Guo, K., Yang, Z., Yu, C. H., & Buehler, M. J. (2021). Artificial intelligence and machine learning in design of mechanical materials. *Materials Horizons*, 8(4), 1153-1172. <http://dx.doi.org/10.1039/D0MH01451F>
- Kuklyte, J., Fitzgerald, J., Nelissen, S., Wei, H., Whelan, A., Power, A., ... & O'Shea, D. (2021). Evaluation of the use of single- and multi-magnification convolutional neural networks for the determination and quantitation of lesions in nonclinical pathology studies. *Toxicologic Pathology*, 49(4), 815-842. <http://dx.doi.org/10.1177/0192623320986423>
- Llamas-Velasco, M., & Ovejero-Merino, E. (2024). Inteligencia artificial en el diagnóstico dermatopatológico. *Piel*, 39(8), 512-517. <http://dx.doi.org/10.1016/j.piel.2024.01.002>
- and cause-specific mortality in China: A nationwide modelling study. *Environment International*. 143:105927. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105927>
- Zhang H., Zhou S., Wang J., Shi Y., Zhao Y., Zhang G. Y., Zhang Y. 2023. Effects of long-term exposure to ambient PM2.5 on hypertension and role of dietary regulation[J]. *Journal of Environmental and Occupational Medicine*. 40(5):551-558. <https://doi.org/10.11836/JEOM22364>