

Diagnóstico sin dolor: termografía médica con inteligencia artificial

Francisco Jacob Ávila Camacho^{1*} y María de la Luz Delgadillo Torres²

¹ División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

² División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

* Dirección para correspondencia: fjacobavila@tese.edu.mx

El cuerpo humano emite calor de manera constante, aunque no lo notemos. Cada órgano, cada músculo y cada vaso sanguíneo produce pequeñas variaciones de temperatura que reflejan su funcionamiento (Ahalya *et al.*, 2023). La termografía médica utiliza cámaras infrarrojas de alta sensibilidad para convertir esas variaciones térmicas en imágenes a color llamadas termogramas (Bi *et al.*, 2019). En ellas, las zonas con mayor flujo sanguíneo, como inflamaciones o tejidos en crecimiento, aparecen más calientes, mientras que otras se muestran frías. Es, en pocas palabras, una fotografía del calor del cuerpo (Morales-Ivorra *et al.*, 2022).

Lo que para nosotros es invisible, para la termografía resulta evidente. Un tumor en desarrollo, por ejemplo, necesita más sangre para crecer; esa irrigación extra genera calor, y la cámara lo registra. Lo mismo ocurre con la inflamación de una articulación en casos de artritis o con problemas en la circulación sanguínea de las extremidades (Pauk *et al.*, 2019). En determinados contextos clínicos y bajo condiciones controladas, la termografía puede contribuir a la detección temprana de alteraciones fisiológicas que deben confirmarse con otros estudios.

Aunque esta técnica ha sido estudiada durante décadas, su uso clínico permanece limitado. En países como México y América Latina, la termografía continúa empleándose principalmente en contextos de investigación o como método complementario, ya que aún no existe regulación amplia ni validación clínica suficiente que respalde su implementación rutinaria.

Algunas alteraciones fisiológicas producen incrementos localizados de calor, como ocurre en procesos inflamatorios o en articulaciones afectadas por artritis. En determinadas condiciones, la termografía puede ayudar a identificar estos cambios en etapas tempranas. Sin embargo, su utilidad depende de factores como la profundidad del tejido afectado, la variabilidad térmica de cada individuo y la precisión con la que se capturen y procesen las imágenes.

En patologías complejas como el cáncer de mama, la termografía no sustituye a estudios convencionales, ni está aprobada como técnica de tamizaje. Investigaciones recientes exploran su uso como método complementario o preliminar, pero su sensibilidad y especificidad continúan siendo variables y requieren validación clínica más amplia (Kakileti *et al.*, 2020).

La inteligencia artificial entra en juego

Tradicionalmente, la interpretación de un termograma dependía del criterio del especialista. Sin embargo, los patrones térmicos no siempre son evidentes, y pequeñas variaciones pueden pasar desapercibidas. En este contexto, la

inteligencia artificial (IA) ha abierto nuevas posibilidades. Los modelos de aprendizaje automático pueden analizar miles de imágenes térmicas para identificar características asociadas con inflamación, daño articular o irregularidades térmicas. (Schiavon *et al.*, 2022).

No obstante, el uso de IA implica desafíos importantes. Los algoritmos pueden presentar sesgos derivados de bases de datos limitadas, sobreajustes cuando aprenden patrones que no generalizan adecuadamente, y falta de interpretabilidad cuando operan como “cajas negras”. Además, su desempeño depende estrictamente de que las imágenes sean capturadas bajo condiciones ambientales controladas, lo cual constituye un reto para su adopción clínica (Omranipour *et al.*, 2016).

Ventajas frente a los métodos tradicionales

La termografía destaca por ser no invasiva, indolora y libre de radiación. Estas características la vuelven atractiva para ciertas aplicaciones de investigación, monitoreo o seguimiento. Sin embargo, su simplicidad técnica no debe confundirse con una precisión automática. La calidad del termograma depende de variables como la temperatura ambiente, la humedad, el tiempo de aclimatación del paciente y la calibración del equipo (Khan *et al.*, 2021).

A pesar de su potencial, como se mencionó anteriormente no está aprobada como método de tamizaje rutinario en la mayoría de los sistemas de salud

internacionales ni en México. Su rol actual es complementario y se circunscribe principalmente a investigación o apoyo clínico exploratorio (Kontos *et al.*, 2011).

Por supuesto, la termografía con inteligencia artificial no está exenta de desafíos. Los especialistas señalan la necesidad de estandarizar protocolos de captura para garantizar la calidad de las imágenes, así como entrenar a los profesionales de la salud en su correcta interpretación. También persisten preguntas sobre la fiabilidad de los algoritmos: ¿cómo asegurarnos de que un “diagnóstico automático” sea transparente y confiable? Resolver estas dudas será clave para que la termografía gane un lugar junto a las técnicas de diagnóstico tradicionales.

El futuro de la medicina preventiva (con cautela)

Algunos grupos de investigación plantean escenarios en los que cámaras portátiles combinadas con IA podrían emplearse en clínicas rurales, hospitales o unidades móviles para evaluaciones preliminares. Si bien estos desarrollos muestran potencial, su adopción dependerá de superar retos técnicos, regulatorios y científicos: validar la reproducibilidad de los resultados, estandarizar protocolos de captura y asegurar la transparencia de los modelos de IA.

En América Latina, donde la disponibilidad tecnológica puede ser desigual, la termografía podría convertirse en una herramienta accesible para ciertos

contextos, siempre y cuando sea utilizada como complemento y no como sustituto de estudios diagnósticos establecidos.

Conclusiones

La termografía médica con inteligencia artificial representa un campo de investigación en expansión. Sus ventajas (no invasión, rapidez y ausencia de radiación) la vuelven atractiva para ciertos estudios, en especial aquellos relacionados con procesos inflamatorios superficiales. Sin embargo, su incorporación en la práctica clínica depende de superar limitaciones metodológicas, validar su eficacia en poblaciones diversas y establecer protocolos estandarizados.

Más que una solución definitiva, la termografía es un ejemplo de cómo la tecnología puede abrir nuevas preguntas y herramientas para la medicina preventiva. Su desarrollo futuro requerirá equilibrar entusiasmo tecnológico con rigor científico.

Referencias

Ahalya RK, Almutairi FM, Snehalatha U *et al.* (2023). RANet: A custom CNN model and quannvolutional neural network for the automated detection of rheumatoid arthritis in hand thermal images. *Scientific Reports* 13(1):15638.

Bi WL, Hosny A, Schabath MB *et al.* (2019). Artificial intelligence in cancer imaging: Clinical challenges and applications. *CA: A Cancer Journal for Clinicians* 69(2):127–157.

Kakileti ST, Madhu HJ, Krishnan L *et al.* (2020). Clinical efficacy of Thermalytix for breast cancer detection. *JCO Global Oncology* 6:1472–1480.

Khan AA and Arora AS (2021). Thermography as an economical alternative to mammography. *Journal of Healthcare Engineering* 2021(6):5543101.

Kontos M, Wilson R and Fentiman I (2011). Digital infrared thermal imaging of breast lesions. *Clinical Radiology* 66(6):536–539.

Morales-Ivorra I, Narváez J, Moreno M *et al.* (2022). Assessment of inflammation with hand thermography and machine learning. *RMD Open* 8(2):e002458.

Omranipour R, Kazemian A and Alipour S (2016). Accuracy of thermography vs mammography. *Breast Care* 11(4):260–264.

Pauk J, Wasilewska A and Ihnatouski M (2019). Infrared thermography for disease activity detection in rheumatoid arthritis. *Sensors* 19(16):3444.

Schiavon G, Carrara G, Bortoluzzi A *et al.* (2021). Infrared thermography in rheumatic diseases: A systematic review. *Sensors* 21(2):512.