




Camarero Gómez MP, Munuera Martínez PV, Páez Moguer J. Análisis térmico del pie diabético mediante termografía infrarroja móvil: Estudio piloto en atención primaria

Análisis térmico del pie diabético mediante termografía infrarroja móvil: Estudio piloto en atención primaria

Thermal analysis of the diabetic foot using mobile infrared thermography:
A pilot study in primary care

Autores:

- **María Pilar Camarero Gómez** . Distrito Sanitario Málaga-Guadalhorce. Málaga. España.
- **Pedro Vicente Munuera Martínez** . Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.
- **Joaquín Páez Moguer** . Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Málaga. Málaga. España.

Autora de correspondencia:

- **María Pilar Camarero Gómez** . Distrito Sanitario Málaga-Guadalhorce. Málaga. España.
Correo electrónico: pcamarerog@gmail.com.

Recibido:

- 20/04/2025

Aceptado:

- 14/07/2025

Publicado:

- 28/05/2026

DOI:

- <https://doi.org/10.51326/ec.9.9130415>

Modo de referenciar el artículo:

- Camarero Gómez MP, Munuera Martínez PV, Páez Moguer J. Thermal analysis of the diabetic foot using mobile infrared thermography: A pilot study in primary care. *Enferm Cuid.* 2026;9. <https://doi.org/10.51326/ec.9.9130415>



Las obras se publican en esta revista bajo una licencia Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.

Resumen

Introducción: La termografía infrarroja (TI) se postula como una herramienta no invasiva y objetiva para la detección precoz de complicaciones en el pie diabético.

Objetivo: Evaluar la utilidad de la TI móvil como técnica de cribado complementaria en personas con diabetes mellitus en un entorno de atención primaria.

Metodología: Estudio observacional, descriptivo y transversal realizado con 20 pacientes diabéticos en un centro de salud de Málaga. Se aplicó un protocolo basado en el consenso TISEM para la captura de imágenes con cámara FLIR One Edge Pro®. Se analizaron variables termográficas como el índice de riesgo térmico (TRI) y la asimetría térmica mediante software ThermoHuman®. Se correlacionaron con variables clínicas como neuropatía, ITB, y conocimientos de autocuidados.

Resultados: El 45% de los sujetos presentó riesgo moderado-alto de ulceración según IWGDF. No se observaron cambios significativos en la asimetría térmica a lo largo del tiempo ($p > 0.05$). El modelo de efectos mixtos no encontró asociaciones significativas entre ITB, neuropatía y asimetría.

Conclusiones: La termografía infrarroja móvil permite detectar alteraciones térmicas plantares relacionadas con factores de riesgo para ulceración, aunque son necesarias más investigaciones para establecer su aplicabilidad sistemática en el cribado.

Palabras clave: Diagnóstico Precoz; Enfermedad Arterial Periférica; Neuropatías Diabéticas; Pie Diabético; Prevención Primaria; Termografía Infrarroja.

Abstract

Introduction: Infrared thermography is a non-invasive tool for early detection of complications associated with the diabetic foot.

Objective: To evaluate the usefulness of mobile infrared thermography as a complementary screening technique for diabetic patients in primary care settings.

Methods: A cross-sectional observational study with 20 diabetic patients was conducted at a primary care center in Málaga, Spain. Thermal images were captured following the TISEM consensus using a FLIR One Edge Pro® device. Thermographic variables including the Thermal Risk Index and thermal asymmetry were analyzed with ThermoHuman® software and correlated with clinical variables such as neuropathy, ankle-brachial index, and self-care knowledge.

Results: Forty-five percent of participants showed moderate to high risk of ulceration according to the International Working Group on the Diabetic Foot. No significant differences in thermal asymmetry were found over time ($p > 0.05$). Mixed-effects modelling did not reveal significant associations between ankle-brachial index, neuropathy, and thermal asymmetry.

Conclusions: Mobile infrared thermography can detect plantar thermal changes related to ulceration risk. However, further studies are needed to support its systematic implementation in diabetic foot screening.

Keywords: Diabetic Foot; Diabetic Neuropathies; Early Diagnosis; Infrared Thermography; Peripheral Arterial Disease; Primary Health Care.

Introducción

La diabetes mellitus es una de las enfermedades crónicas más prevalentes del siglo XXI, y su impacto en la salud pública es creciente y preocupante. La 11.^a edición del *IDF Diabetes Atlas* estima que en 2024 hay 643 millones de adultos (20–79 años) viviendo con diabetes, con proyecciones que superan los 850 millones en 2050, impulsadas por el aumento de la obesidad, la inactividad física y las dietas poco saludables.^{1,2} La prevalencia mundial en adultos es del 10,9 %, y se prevé que aumente hasta el 11,8 % en los próximos 25 años, afectando especialmente a países de ingresos bajos y medios.²

Una de las complicaciones más graves y costosas de la diabetes es el pie diabético, caracterizado por la ulceración, infección o destrucción de los tejidos del pie asociados a neuropatía y/o enfermedad arterial periférica.³ Estas lesiones se asocian con altas tasas de hospitalización, morbilidad, amputaciones y mortalidad. Se estima que hasta el 85 % de las amputaciones en personas con diabetes están precedidas por una úlcera⁴, con un coste medio hospitalario por episodio que supera los 7.000 € en España.⁵

En Andalucía, las tasas de amputación de miembros inferiores son elevadas. En 2019, se registraron 2,7 amputaciones por cada 1.000 personas con diabetes, cifra que disminuyó temporalmente en 2020, probablemente debido al confinamiento durante la pandemia de COVID-19.⁶

El International Working Group on the Diabetic Foot (IWGDF) define el pie diabético como la infección, ulceración o destrucción de los tejidos del pie asociados a neuropatía y/o enfermedad arterial periférica en personas con diabetes mellitus.^{3,7}

La úlcera de pie es una de las complicaciones más graves de la diabetes, con importante repercusión en la calidad de vida, en la carga asistencial y en los costes sanitarios. Se asocia además a mayor riesgo de eventos cardiovasculares y mortalidad.^{8,9} Hasta un 70% de los pacientes con pie diabético pueden terminar en amputación, y el 85% de los casos son precedidos por una úlcera que evoluciona hacia la gangrena o infección grave.^{3,10}

Los factores de riesgo para amputación incluyen variables clínicas como la neuropatía, la enfermedad vascular, así como condicionantes sociales y demográficos.³ La tasa de supervivencia a los cinco años tras la aparición de una úlcera de pie diabético es del 50–60%, y disminuye aún más cuando se requiere una amputación mayor.^{3,4,11}

El diagnóstico precoz es esencial para evitar complicaciones graves. Por ello, los programas de prevención deben centrarse en la identificación

temprana de signos de alarma y en la implementación de medidas efectivas de cribado.¹²

La termografía infrarroja emerge como una técnica útil en este contexto, permitiendo la detección de alteraciones térmicas cutáneas asociadas a inflamación, isquemia o neuropatía. Su aplicación mediante dispositivos móviles puede facilitar su uso en atención primaria y en contextos de alta carga asistencial.^{8,13}

Esta herramienta, no invasiva y objetiva, ofrece la posibilidad de cuantificar diferencias de temperatura relacionadas con daño tisular incipiente, antes de la aparición de lesiones visibles.⁸

Por tanto, la termografía infrarroja representa una tecnología con potencial para integrarse en los protocolos de cribado del pie diabético. Sin embargo, su aplicabilidad clínica, fiabilidad diagnóstica y relación con otros factores de riesgo aún requieren validación en estudios prospectivos.^{13,14}

En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la eficacia de la termografía infrarroja como herramienta complementaria para identificar pacientes con diabetes mellitus en riesgo de desarrollar complicaciones en los pies, como úlceras neuropáticas y enfermedad arterial periférica (Figura 1).



Figura 1. Imagen termográfica plantar bilateral que muestra los patrones de distribución de la temperatura. Las áreas de mayor temperatura (rojo) y menor temperatura (azul/verde) reflejan variaciones en la respuesta térmica plantar, potencialmente asociadas a factores inflamatorios, vasculares o biomecánicos subyacentes.

Metodología

Se desarrolló un **estudio descriptivo, observacional y transversal**, llevado a cabo en un centro de atención primaria del Sistema Andaluz de Salud (Centro de Salud de Huelin, Málaga).

La selección de variables termográficas y su análisis se fundamentaron en la evidencia científica disponible sobre termografía infrarroja en el pie diabético, recopilada mediante una revisión narrativa en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y CINAHL, priorizando publicaciones entre 2014 y 2024 en inglés y español. Se consultaron términos controlados (DeCS/MeSH) como *Infrared Thermography*, *Diabetic Foot*, *Peripheral Arterial Disease*, *Diabetic Neuropathies*, *Primary Health Care* y *Screening*, que guiaron la fundamentación teórica y técnica del estudio.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de la Junta de Andalucía (CEIm Provincial de Málaga), según consta en el informe favorable emitido en la sesión nº 12 del 19 de diciembre de 2024, con código de solicitud SICEIA-2024-001888. El proyecto, titulado *Aplicabilidad de la termografía infrarroja móvil en la evaluación del pie diabético* (código TERMOPIE), se desarrolló conforme a la legislación vigente sobre investigación biomédica, medicamentos y protección de datos personales (Ley 14/2007, Real Decreto Legislativo 1/2015 y Ley Orgánica 3/2018).

Participantes

La muestra estuvo conformada por 20 pacientes con diabetes mellitus tipo 1 y tipo 2, seleccionados por muestreo consecutivo entre personas incluidas en el programa de cribado del pie diabético.

Criterios de inclusión:

- Personas con DM1 a partir de los 30 años o más de 10 años de evolución, o DM2 desde el momento del diagnóstico.
- Ausencia de patología activa en el pie o procesos que alterasen la temperatura corporal.
- Firma del consentimiento informado.
- Cumplimiento de medidas preparatorias previas (evitar exposición solar activa, consumo de excitantes, lociones o maquillaje en el pie, ejercicio o medicamentos vasoactivos).

Criterios de exclusión:

- Alteraciones dérmicas plantares, fiebre o infecciones.
- Dificultades para caminar 100 metros.
- Deterioro cognitivo o peso >150 kg.
- Úlceras activas o previas.
- Imágenes termográficas de calidad insuficiente.

Variables recogidas

Se registraron variables sociodemográficas y clínicas, incluyendo edad, índice de masa corporal (IMC), hemoglobina glucosilada (HbA1c), años de evolución de la diabetes, nivel de actividad física, tabaquismo, presencia de hipertensión arterial, retinopatía, deformidades del pie y limitaciones articulares.

También se evaluaron variables funcionales, incluyendo los pulsos pedios y tibiales posteriores, el índice tobillo-brazo (ITB) y la neuropatía periférica, valorada mediante monofilamento de 10 g (Figura 2) y diapasón de 128 Hz (Figura 3). La valoración vascular mediante el ITB se realizó utilizando un Doppler portátil y un esfigmomanómetro (Figura 4).

Además, se evaluó el nivel de autocuidado mediante el cuestionario DSFQ-UMA. Se registraron las condiciones ambientales (temperatura y humedad de la sala) y los pacientes fueron estratificados según el riesgo utilizando las clasificaciones del IWGDF y del Sistema Andaluz de Salud (SAS).



Figura 2. Evaluación de la sensibilidad superficial mediante monofilamento de 10 g.

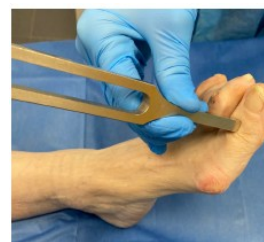


Figura 3. Evaluación de la sensibilidad vibratoria mediante diapasón de 128 Hz.



Figura 4. Medición del índice tobillo-brazo (ITB) mediante Doppler portátil y esfigmomanómetro.

Instrumentación y procedimiento

Las imágenes térmicas se obtuvieron mediante la cámara **FLIR ONE Edge Pro®** (Figura 5), conectada por Bluetooth a smartphone, con resolución térmica de 160×120 píxeles y sensibilidad térmica de 70 mK.



Figura 5. Cámara Flir One Edge Pro©.

El procedimiento se estandarizó conforme al **consenso TISEM (Thermographic Imaging in Sports and Exercise Medicine)**, que establece (Figura 6):

- Aclimatación en reposo de al menos 15 minutos.
- Temperatura ambiente entre 20–22 °C y humedad relativa de 40–70 %.
- Ausencia de fuentes de calor o corrientes de aire.
- Posicionamiento horizontal y perpendicular de la cámara frente a la planta del pie.
- Fondo homogéneo de color negro más frío que el pie.



Figura 6. Posicionamiento estandarizado con fondo negro frío y la cámara colocada perpendicular a la superficie plantar del pie, según el protocolo TISEM.



Figura 7. Imagen termográfica plantar obtenida mediante una cámara FLIR ONE Edge Pro®.

Durante la exploración, el paciente permaneció en decúbito supino, sin calcetines ni calzado. Se realizaron cinco capturas termográficas en cada caso:

1. Tras 15 Minutos de estar en decúbito supino

Tras la fase inicial de exploración y recogida de datos clínicos, se indicó a cada paciente que caminara una distancia de 100 metros por superficie llana, con el fin de inducir un estímulo térmico fisiológico (estrés térmico mecánico). Al finalizar la marcha, el paciente fue trasladado nuevamente a la camilla y se tumbó en decúbito supino para proceder a las capturas térmicas post-esfuerzo. Los zapatos y calcetines fueron retirados **una vez el paciente ya estaba en posición**, evitando así el contacto directo del pie con el suelo y asegurando que la planta del pie no estuviera influida por temperaturas externas no controladas. Esta medida permitió preservar la validez térmica del protocolo y minimizar el riesgo de artefactos en las imágenes capturadas.

2. Inmediatamente tras caminar 100 metros.

3. A los 5, 10 y 15 minutos de reposo post-esfuerzo.

Se empleó un soporte de cartón negro con aberturas plantares para estandarizar el contraste térmico, y se ajustó la emisividad de la cámara a 0,98 para tejido cutáneo.

Análisis de imágenes

Las imágenes fueron procesadas mediante el software ThermoHuman® (Figura 8), que segmenta automáticamente las regiones plantares del pie y permite extraer las siguientes variables:

- **TRI (Thermal Risk Index):** escala de 0–100 que integra el número y magnitud de las asimetrías térmicas detectadas.

- **ASYMMETRY RL-AVG:** diferencia media de temperatura entre pie derecho e izquierdo.

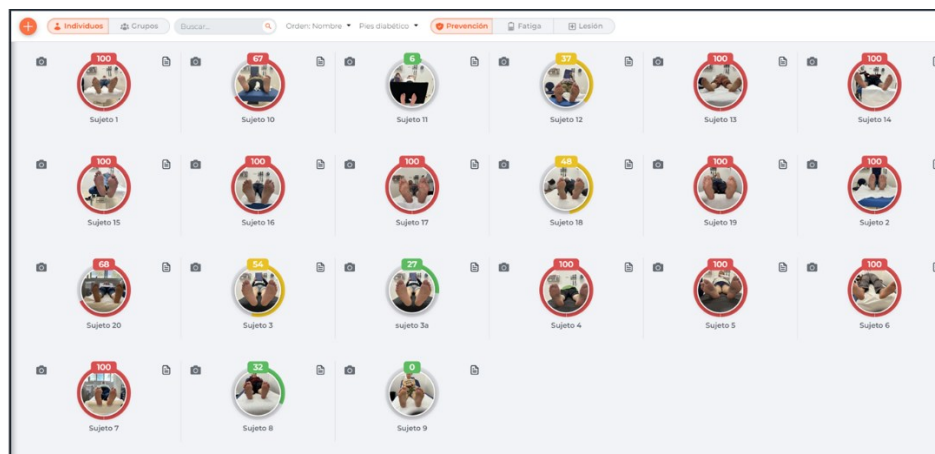


Figura 8. Índice de riesgo térmico (TRI) de los participantes del estudio obtenido mediante ThermoHuman®.

Análisis de los datos

Para el análisis estadístico se utilizó el software R (versión 4.4.0, 2024-04-24) y RStudio (versión 2024.04.1 +748). Se trabajó con tres bases de datos diferentes:

- **Datos de sujetos (sección cruzada):** una observación por cada uno de los 20 sujetos, con información de variables clínicas, demográficas y ambientales.
- **Datos termográficos (serie temporal):** cinco observaciones por sujeto (una por cada momento de captura), incluyendo los valores de TRI y ASYMMETRY.
- **Datos longitudinales:** base de datos resultante de la fusión de las dos anteriores, generando un total de 100 observaciones.

Se realizaron análisis descriptivos y análisis longitudinales con modelos de efectos mixtos para evaluar la evolución temporal de las variables termográficas y su relación con variables clínicas como ITB, presencia de neuropatía, HbA1c y nivel de autocuidados.

Consideraciones éticas

El estudio se desarrolló conforme a los principios de la Declaración de Helsinki y obtuvo consentimiento informado de todos los participantes. Los datos fueron tratados de forma anónima, siguiendo la legislación vigente sobre protección de datos (Reglamento (UE) 2016/679).

Resultados

Se analizaron los datos de 20 pacientes con diabetes mellitus, describiendo sus características clínicas y demográficas, así como las variables termográficas obtenidas en diferentes momentos de la toma. La edad media de la muestra fue de aproximadamente 65 años, y el índice de masa corporal medio se situó en el rango de obesidad ($32,37 \text{ kg/m}^2$). La media de hemoglobina g fue de 7,50 %, indicando un control glucémico moderado. En cuanto al tiempo de evolución de la diabetes, se registró un promedio de 13 años, lo que evidencia una población con larga trayectoria de enfermedad.

En relación con los hábitos de vida, el 80% de los participantes no fumaban y el 60% reportaron algún grado de actividad física, aunque solo el 25% se ubicaban en el rango de actividad moderada. Un 70% de la muestra presentó hipertensión arterial, y una proporción similar mostró deformidades en los pies. La limitación articular en los tobillos fue una condición ampliamente prevalente. El 45 % de los sujetos presentaban retinopatía, mientras que solo el 5 % tenía enfermedad renal crónica. La mayoría conservaba una buena percepción sensorial según el test de monofilamento y diapason, aunque se identificaron signos de neuropatía en cerca de un tercio de los casos.

Respecto a la estratificación de riesgo de ulceración según IWGDF, el 45 % de los pacientes se clasificó con riesgo moderado, un 30 % como riesgo muy bajo, 15% bajo y un 10% alto. En cambio, al aplicar el sistema de estratificación del Protocolo Andaluz de Cribado de Pie Diabético, el 75 % de los participantes fueron clasificados en riesgo alto y el 25 % en riesgo moderado, sin identificarse casos en los niveles de riesgo bajo o muy bajo.

En cuanto a las variables termográficas, se realizaron cinco mediciones por participante, totalizando 100 observaciones. Las variables analizadas fueron el índice de riesgo térmico (TRI) y la asimetría térmica media (ASYMMETRY). TRI mostró una alta concentración de valores máximos, lo que limitó su capacidad discriminativa. Por el contrario, la variable ASYMMETRY presentó una distribución más equilibrada y cercana a la normalidad, por lo que fue seleccionada como variable dependiente para los análisis longitudinales.

El análisis de la evolución de ASYMMETRY a lo largo del tiempo, con cinco momentos de medición (antes y después del ejercicio, a los 5, 10 y 15 minutos), no mostró diferencias estadísticamente significativas según el ANOVA de medidas repetidas ($p = 0,336$). La falta de significación se mantuvo tras la corrección por esfericidad (Greenhouse-Geisser), descartando la necesidad de análisis post hoc.

Para explorar más profundamente las posibles asociaciones entre ASYMMETRY y variables clínicas relevantes, se construyó un modelo de efectos mixtos que incluyó como efectos fijos el tiempo, la presencia de neuropatía y los valores del índice tobillo-brazo (ITB) derecho e izquierdo. Este modelo tampoco mostró resultados estadísticamente significativos. La presencia de neuropatía, los distintos momentos temporales y los valores de ITB no influyeron significativamente sobre la asimetría térmica plantar. Sin embargo, la varianza residual entre los individuos (0,811) fue elevada, lo que sugiere una alta variabilidad interindividual no explicada por las variables incluidas.

Discusión

La detección temprana de las condiciones subyacentes que comprometen la integridad de la piel y los tejidos del pie, antes de la aparición de lesiones visibles, representa actualmente una línea prioritaria de investigación. En este contexto, el diagnóstico precoz es esencial para prevenir resultados adversos, como las úlceras y amputaciones. La termografía infrarroja ha demostrado utilidad como técnica no invasiva capaz de identificar cambios térmicos sutiles relacionados con procesos inflamatorios, neuropáticos o isquémicos en la superficie plantar.¹²

Uno de los indicadores más estudiados es el aumento localizado de temperatura, que puede preceder al desarrollo de ulceraciones. En la práctica clínica habitual, la evaluación térmica se realiza por palpación manual, una técnica subjetiva, poco reproducible y limitada para detectar diferencias discretas de temperatura. En contraste, la termografía permite una medición objetiva, en tiempo real y sin contacto, de la distribución térmica cutánea, lo que mejora la capacidad

diagnóstica especialmente en contextos de atención primaria.^{15,16}

No obstante, persisten desafíos importantes para su implementación sistemática. Entre ellos destaca la **escasez de evidencia clínica robusta**, la **falta de consenso sobre la interpretación de patrones térmicos**, y la **ausencia de estándares que definan umbrales significativos o regiones anatómicas prioritarias**. Por ejemplo, la segmentación basada en angiosomas —como los definidos por Taylor y Palmer: arteria plantar medial (MPA), plantar lateral (LPA), calcánea medial (MCA) y lateral (LCA)— ha sido propuesta como estrategia anatómicamente coherente, pero su uso sigue sin estandarizarse.^{8,13,17}

Además, debe considerarse que no todas las asimetrías térmicas indican daño tisular, y no todas las lesiones cursan con desequilibrio térmico evidente. Por ello, la termografía debe entenderse como **una herramienta complementaria**, que aporta información fisiológica útil pero que requiere integración con otros métodos clínicos y diagnósticos.¹⁸

En cuanto al equipamiento, los dispositivos con resolución estándar de 320×240 píxeles y sensibilidad térmica $\leq 0,1$ °C son los más utilizados en investigación clínica. Sin embargo, el avance de tecnologías portátiles ha favorecido el uso de cámaras acopladas a smartphones, como la FLIR One Edge Pro® (160×120 píxeles), que, aunque presentan menor resolución, han demostrado una validez aceptable para el cribado preliminar, especialmente en entornos de alta demanda asistencial.^{19,20} Kanazawa et al. han reportado que estos dispositivos permiten una adquisición de imágenes rápida y eficaz, suficiente para su aplicación en el seguimiento del pie diabético.²¹

Respecto al análisis de los termogramas, la interpretación visual puede estar sujeta a sesgos, especialmente cuando no se cuenta con formación específica. En este sentido, la incorporación de sistemas de diagnóstico asistido por ordenador (CAD) representa un avance prometedor. Estos sistemas permiten automatizar la segmentación, cuantificar variables como la asimetría térmica media, y clasificar el riesgo de ulceración de manera objetiva, reduciendo la variabilidad interobservador y mejorando la reproducibilidad.²²

Estudios recientes han planteado incluso que el uso sistemático del índice de riesgo térmico (TRI) como herramienta de cribado podría generar beneficios clínicos y económicos significativos. Modelos aplicados al contexto sanitario finlandés estiman que el empleo rutinario del TRI podría evitar complicaciones graves y suponer un ahorro de hasta 1,7 millones de euros anuales.¹⁴

La estratificación de riesgo según IWGDF mostró una notable proporción de pacientes con niveles moderado y alto, lo que subraya la importancia de buscar

herramientas complementarias para la valoración precoz. En nuestro estudio, se observó una discrepancia entre los sistemas de estratificación utilizados. Mientras que el sistema de la IWGDF clasificó al 45 % de los pacientes como de riesgo moderado, al 30 % como de riesgo muy bajo, al 15 % como bajo y al 10 % como de riesgo alto, el sistema andaluz situó al 75 % en riesgo alto y al 25 % en moderado, sin identificar pacientes en los niveles inferiores. Esta diferencia puede deberse a los distintos criterios considerados: la IWGDF prioriza la pérdida de sensibilidad protectora, las deformidades o los antecedentes de úlceras, mientras que el protocolo andaluz incorpora variables clínicas adicionales como hipertensión, retinopatía o prácticas de autocuidado (por ejemplo, tabaquismo o el uso de tijeras para el corte de uñas). Esta divergencia metodológica resalta la necesidad de armonizar criterios y adaptar los sistemas de estratificación al perfil asistencial del entorno clínico donde se aplican.

La elevada varianza residual (0,811) en el modelo de efectos mixtos indica una considerable heterogeneidad entre sujetos, posiblemente relacionada con factores no contemplados en las variables analizadas, como el estado microcirculatorio o el grado de adherencia al tratamiento, lo que refuerza la complejidad del abordaje del pie diabético desde una sola perspectiva diagnóstica.

Fortalezas y limitaciones del estudio

Este estudio piloto presenta varias fortalezas: la aplicación estandarizada del protocolo TISEM, el uso de tecnología accesible en atención primaria, la integración de variables clínicas y térmicas, y el uso de software de análisis automatizado. No obstante, también existen limitaciones importantes que deben ser consideradas:

- Tamaño muestral reducido ($n = 20$), lo que limita la generalización de los resultados.
- Ausencia de grupo control (pacientes sin diabetes o sin riesgo clínico).
- Única localización geográfica, lo que reduce la representatividad poblacional.
- Resolución limitada del dispositivo térmico, que podría afectar la precisión de algunas mediciones.

A pesar de ello, esta experiencia demuestra que es posible implementar un protocolo riguroso de análisis térmico del pie diabético en un entorno real de atención primaria. La repetibilidad de las capturas, la aceptación por parte de los pacientes y la integración con variables clínicas ofrecen una base sólida para futuros estudios.

Conclusión

Aunque la termografía infrarroja representa una herramienta prometedora en la evaluación del pie diabético, su implementación generalizada requiere

superar barreras metodológicas, tecnológicas y formativas. En este estudio piloto, se demostró que la aplicación móvil de esta tecnología permitió caracterizar perfiles térmicos plantares en pacientes con diabetes mellitus, mostrando su factibilidad como herramienta complementaria en atención primaria. Sin embargo, no se observaron asociaciones estadísticamente significativas entre la asimetría térmica y variables clínicas como la neuropatía o el índice tobillo-brazo (ITB), lo que podría atribuirse al tamaño muestral reducido y a la elevada variabilidad interindividual no explicada por las variables recogidas. Por tanto, resulta necesario avanzar hacia protocolos estandarizados, validaciones clínicas multicéntricas y estudios longitudinales con mayor tamaño muestral, que permitan establecer relaciones más sólidas y clínicamente útiles entre los hallazgos termográficos y los factores de riesgo del pie diabético, consolidando así su aplicabilidad dentro de estrategias integradas de prevención y seguimiento.

Bibliografía

1. GBD 2021 Diabetes Collaborators. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*. 2023;402(10397):203-34. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(23\)01301-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(23)01301-6)
2. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 11th ed. [Brussels]: International Diabetes Federation; 2025. Disponible en: <https://diabetesatlas.org/resources/idf-diabetes-atlas-2025/> [Consultado 01-06-2025]
3. Armstrong DG, Tan TW, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic Foot Ulcers: A Review. *JAMA*. 2023;330(1):62-75. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.10578>
4. Armstrong DG, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic Foot Ulcers and Their Recurrence. *N Engl J Med*. 2017;376(24):2367-75. <https://doi.org/10.1056/nejmra1615439>
5. Nieto-Gil P, Ortega-Avila AB, Pardo-Rios M, Cobo-Najar M, Blasco-Garcia C, Gijón-Nogueron G. Hospitalisation Cost of Patients with Diabetic Foot Ulcers in Valencia (Spain) in the Period 2009-2013: A Retrospective Descriptive Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(9):1831. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091831>
6. Aguilar Diosdado M, Almaraz Almaraz MC, Castro Campos JL, Contreras Rubio JR, Doiz Artazcoz E, Forcada Falcón M, et al. Pie diabético: documento de apoyo. [Sevilla]: Consejería de Salud y Consumo; 2023. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/inline->

- files/2023/12/DA_PieDiabetico_FINAL.pdf
[Consultado 01-05-2024]
7. Bus SA, Sacco ICN, Monteiro-Soares M, Raspovic A, Paton J, Rasmussen A, et al. Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2023 update). *Diabetes Metab Res Rev.* 2024;40(3):e3651.
<https://doi.org/10.1002/dmrr.3651>
 8. Faus Camarena M, Izquierdo-Renau M, Julian-Rochina I, Arrébola M, Miralles M. Update on the Use of Infrared Thermography in the Early Detection of Diabetic Foot Complications: A Bibliographic Review. *Sensors (Basel).* 2023 Dec 31;24(1):252. <https://doi.org/10.3390/s24010252>
 9. Stedman M, Robinson A, Dunn G, Meza-Torres B, Gibson JM, Reeves ND, et al. Diabetes foot complications and standardized mortality rate in type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab.* 2023;25(12):3662-70.
<https://doi.org/10.1111/dom.15260>
 10. Zhang P, Lu J, Jing Y, Tang S, Zhu D, Bi Y. Global epidemiology of diabetic foot ulceration: a systematic review and meta-analysis. *Ann Med.* 2017;49(2):106-16.
<https://doi.org/10.1080/07853890.2016.1231932>
 11. Godavarty A, Leiva K, Amadi N, Klonoff DC, Armstrong DG. Diabetic Foot Ulcer Imaging: An Overview and Future Directions. *J Diabetes Sci Technol.* 2023;17(6):1662-75.
<https://doi.org/10.1177/19322968231187660>
 12. Hernandez-Guedes A, Arteaga-Marrero N, Villa E, Callico GM, Ruiz-Alzola J. Feature Ranking by Variational Dropout for Classification Using Thermograms from Diabetic Foot Ulcers. *Sensors (Basel).* 2023;23(2):757.
<https://doi.org/10.3390/s23020757>
 13. Evangeline NC, Srinivasan S. Application of Infrared Thermography in Assessment of Diabetic Foot Anomalies: A Treatise. En: Borah MD, Laiphrakpam DS, Auluck N, Balas VE, editores. *Big Data, Machine Learning, and Applications. Proceedings of the 2nd International Conference, BigDML 2021. LNEE*, vol 1053. Singapore: Springer; 2024. p. 555-67.
https://doi.org/10.1007/978-981-99-3481-2_43
 14. Kurkela O, Lahtela J, Arffman M, Forma L. Infrared Thermography Compared to Standard Care in the Prevention and Care of Diabetic Foot: A Cost Analysis Utilizing Real-World Data and an Expert Panel. *Clinicoecon Outcomes Res.* 2023;15:111-23. <https://doi.org/10.2147/ceor.s396137>
 15. Gatt A, Formosa C, Cassar K, Camilleri KP, De Raffaele C, Mizzi A, et al. Thermographic patterns of the upper and lower limbs: baseline data. *Int J Vasc Med.* 2015;2015:831369.
<https://doi.org/10.1155/2015/831369>
 16. Gatt A, Falzon O, Cassar K, Ellul C, Camilleri KP, Gauci J, et al. Establishing Differences in Thermographic Patterns between the Various Complications in Diabetic Foot Disease. *Int J Endocrinol.* 2018;2018:9808295.
<https://doi.org/10.1155/2018/9808295>
 17. Carabott M, Formosa C, Mizzi A, Papanas N, Gatt A. Thermographic Characteristics of the Diabetic Foot With Peripheral Arterial Disease Using the Angiosome Concept. *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* 2021;129(2):93-8.
<https://doi.org/10.1055/a-0838-5209>
 18. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Adamczyk JG, Ammer K, Bach AJE, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *J Therm Biol.* 2017;69:155-62.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.07.006>
 19. van Doremalen RFM, van Netten JJ, van Baal JG, Vollenbroek-Hutten MMR, van der Heijden F. Infrared 3D Thermography for Inflammation Detection in Diabetic Foot Disease: A Proof of Concept. *J Diabetes Sci Technol.* 2020;14(1):46-54. <https://doi.org/10.1177/1932296819854062>
 20. van Doremalen RFM, van Netten JJ, van Baal JG, Vollenbroek-Hutten MMR, van der Heijden F. Validation of low-cost smartphone-based thermal camera for diabetic foot assessment. *Diabetes Res Clin Pract.* 2019;149:132-9.
<https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.01.032>
 21. Kanazawa T, Nakagami G, Goto T, Noguchi H, Oe M, Miyagaki T, et al. Use of smartphone attached mobile thermography assessing subclinical inflammation: a pilot study. *J Wound Care.* 2016; 25(4):177-80, 182.
<https://doi.org/10.12968/jowc.2016.25.4.177>
 22. Fernández-Cuevas I. Aplicación de la termografía infrarroja para la prevención, seguimiento de lesiones y apoyo al diagnóstico en el deporte y la salud. En: 15º Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y la Salud. [Zaragoza]: COLEFA; [2019]. p. 140-58. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ismael-Fernandez-Cuevas/publication/339816234_Aplicacion_de_la_termografia_infrarroja_para_la_preencion_seguimiento_de_lesiones_y_apoyo_al_diagnostico_en_el_deporte_y_la_salud/links/5e6755944585153fb3d1e1fa/Aplicacion-de-la-termografia-infrarroja-para-la-preencion-seguimiento-de-lesiones-y-apoyo-al-diagnostico-en-el-deporte-y-la-salud.pdf
[Consultado 04-05-2024]