

Onicomycosis

Pruebas
diagnósticas



Introducción

La exploración clínica no basta para establecer el diagnóstico definitivo de onicomicosis¹.

Las pruebas micológicas de laboratorio son necesarias para diagnosticar la onicomicosis y resultan rentables¹.

Siempre hay que hacer pruebas de confirmación de la onicomicosis antes de prescribir tratamiento antifúngico (sobre todo, oral)¹⁻³.



Las nuevas técnicas de diagnóstico se dividen en métodos de identificación visual, que aumentan la visibilidad de las estructuras fúngicas que indican la presencia de onicomicosis, y métodos de identificación de organismos, que identifican el género o especie de los hongos⁴.

¿Qué es?

Es la visualización de las estructuras fúngicas mediante microscopía directa en raspados de uñas a los que se les añade un reactivo:

- Hidróxido potásico (KOH): mejora la visualización al microscopio óptico⁴ (figuras 1 y 2).
- Blanco de calcoflúor: destaca las paredes hifales en el microscopio fluorescente (figura 3) y mejora la visualización⁴.
- Otros reactivos: sulfuro de sodio, hidróxido de sodio, tinta Parker azul-negra¹, rojo Congo, hidróxido de tetraetilamonio².

Ventajas

- Sencillo, rápido (<1 h)⁴ y barato³.
- Especificidad del 95 %³.

Inconvenientes

- Sensibilidad del 60 %⁵.
- No permite determinar la viabilidad del hongo¹.
- No permite identificar la especie⁵, por lo que se recomienda hacer otras pruebas².
- La precisión depende de la experiencia del examinador³.

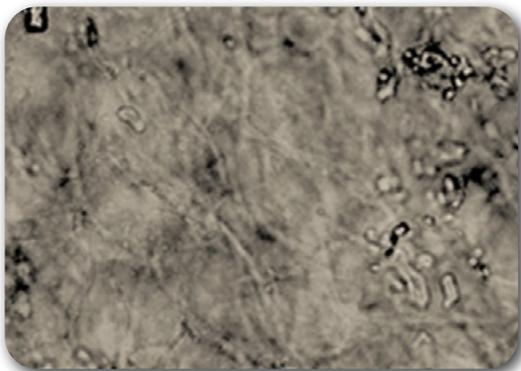


Figura 1. Hifas en una fotografía de una muestra con KOH al microscopio óptico
Fuente: [Gupta et al.](#)⁴ Licencia CC BY 4.0.

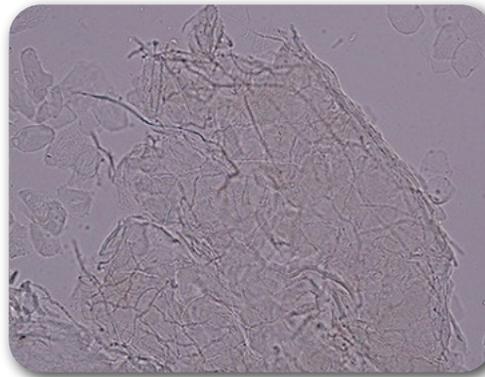


Figura 2. Prueba de KOH que destaca la presencia de hifas fúngicas (aumento ×200)
Fuente: [Lim et al.](#)³ Licencia CC BY 4.0.



Figura 3. Hifas en muestra con KOH al microscopio fluorescente
Fuente: [Gupta et al.](#)⁴ Licencia CC BY 4.0.

Introducción

Examen directo

Cultivo fúngico

Exámen histopatológico

¿Qué es?

Es la estimulación del crecimiento de hongos viables a partir de una muestra de uña en medios de cultivo⁴ (figura 5). Es un componente esencial del diagnóstico antes de instaurar el tratamiento antifúngico².

Ventajas

- Especificidad del 99 %³.
- Permite aislar el microorganismo causal de la enfermedad^{3,6}.
- Permite identificar la especie^{3,6}.
- Permite determinar la viabilidad del hongo¹.
- Barato⁴.

Inconvenientes

- Sensibilidad del 60 %⁵.
- Lento crecimiento⁵ (de semanas a meses), lo cual retrasa la obtención de los resultados y limita su utilidad clínica³.



Figura 5. Cultivo
a. *Trychophyton rubrum*;
b. *Trychophyton mentagrophytes*
Fuente: [Vashanta et al.](#)⁷ Licencia CC BY-NC 3.0.

¿Qué es?

Es el examen al microscopio de muestras ungueales preparadas en el laboratorio⁴.

La muestra se incluye en parafina y luego, para aumentar la visibilidad de los elementos fúngicos, se tiñe con tinciones como el ácido peryódico de Schiff (PAS) (figura 6) o la plata metenamina de Grocott-Gomori (GMS)⁴ (figura 7).

Ventajas

- La parafina permite que la muestra pueda almacenarse a largo plazo³ y revisarse retrospectivamente en casos refractarios³.
- Sensibilidad del 84 %³ (la técnica más sensible)¹.
- Especificidad del 89 %³.
- Puede diferenciar otras afecciones ungueales¹.

Inconvenientes

- Cara³.
- No identifica el organismo ni determina su viabilidad^{3,4}.

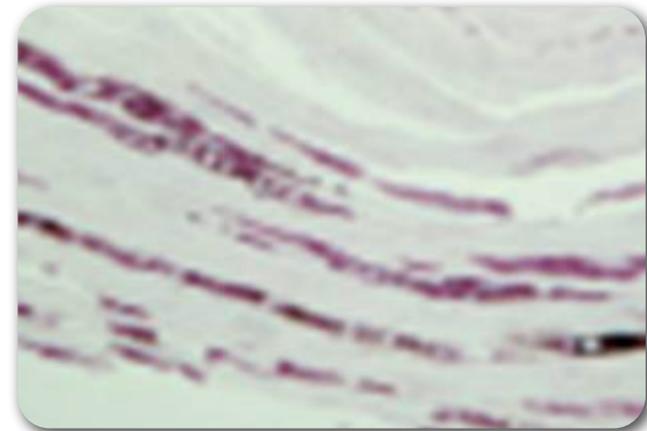


Figura 6. Hifas negras septadas en la placa ungueal (tinción con PAS x400)

Fuente: [Gupta et al.](#)⁴ Licencia CC BY 4.0.

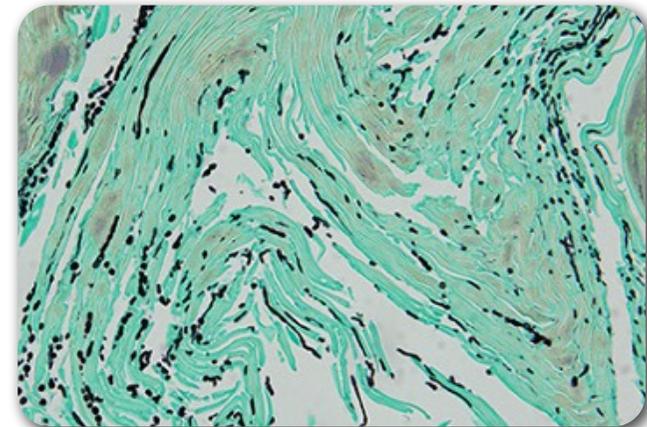


Figura 7. Histopatología (corte de la uña) con tinción GMS que muestra numerosas hifas fúngicas en la placa ungueal (x400). Los hongos se resaltan en negro con tinción GMS. Fuente: [Lim et al.](#)³ Licencia CC BY.

Métodos visuales no invasivos

Métodos de identificación microbiológica

Inteligencia artificial

Son pruebas realizadas en la consulta que pueden proporcionar información rápida o en tiempo real, así como estimar la presencia o ausencia de infección después del tratamiento⁴.

Sin embargo, no permiten identificar el organismo, lo que limita su utilidad para elegir del tratamiento⁴.

Onicoscopia (dermatoscopia ungueal)

¿Qué es?

Es una técnica que permite evaluar en vivo las características de las uñas. Consiste en aplicar un aceite de inmersión, que elimina la luz reflejada, y observar la uña con un dermatoscopio³.

Tomografía de coherencia óptica

Ventajas

- Permite diferenciar la onicomycosis de otras alteraciones, como la psoriasis, la onicolisis traumática⁴ y la distrofia ungueal⁸.
- Rápida, barata y no invasiva³.

Microscopia confocal de reflectancia

Inconvenientes

- No es muy específica⁴.
- Necesita combinarse con otro método de diagnóstico para confirmar la presencia del organismo y para identificarlo⁴.

Fluorescencia ultravioleta

Métodos visuales no invasivos

Métodos de identificación microbiológica

Inteligencia artificial

Onicoscopia (dermatoscopia ungueal)

Tomografía de coherencia óptica

Microscopia confocal de reflectancia

Fluorescencia ultravioleta

Información adicional

Los rasgos dermatoscópicos característicos de la onicomycosis incluyen:

- Onicólisis con borde dentado, con picos o «espigas»⁴ (figura 8).
- Estrías longitudinales⁴ (figura 9).
- Hiperqueratosis subungueal «en ruinas»⁴ (figura 10).
- Cambios de color⁴ (figura 11).

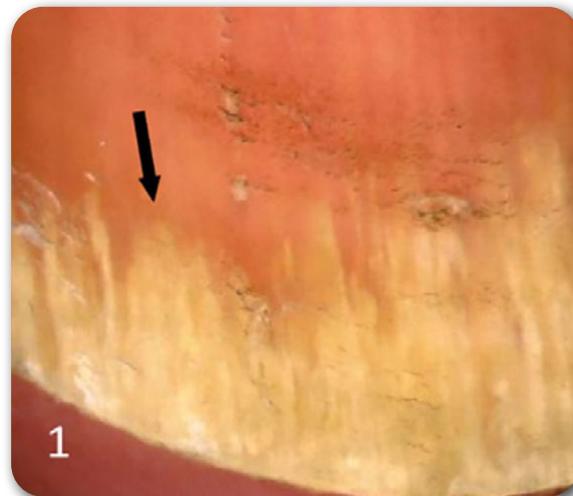


Figura 8. Onicólisis con borde dentado, con espigas
Fuente: [Ma Y et al.](#)⁸ Licencia CC BY.

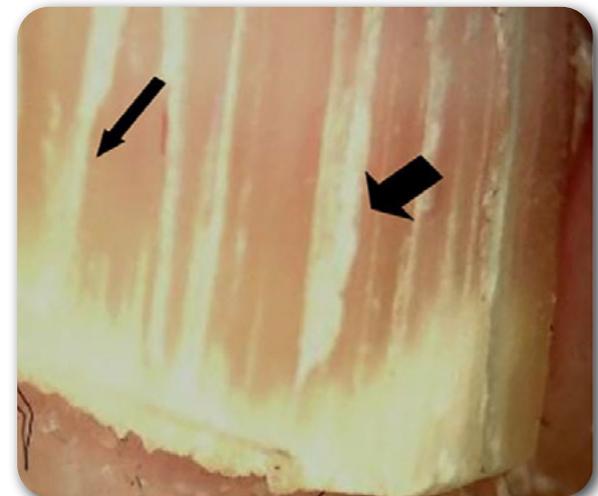


Figura 9. Estrías longitudinales
La flecha fina indica estrías longitudinales; la flecha gruesa indica fisuras ungueales longitudinales.
Fuente: [Ma Y et al.](#)⁸ Licencia CC BY.

Métodos visuales no
invasivos

Métodos de identificación
microbiológica

Inteligencia artificial

Onicoscopia
(dermatoscopia ungueal)

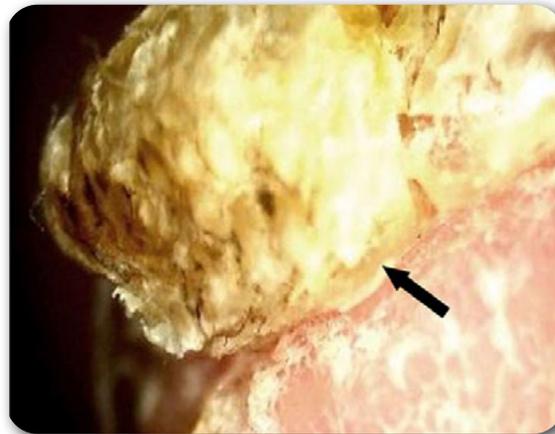


Figura 10 a. Hiperqueratosis subungueal
Fuente: [Ma Y et al.](#)⁸ Licencia CC BY.

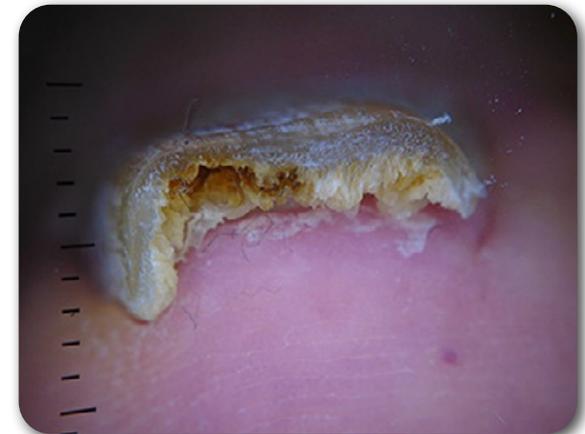


Figura 10 b. Hiperqueratosis subungueal
Fuente: [Lim et al.](#)³ Licencia CC BY.

Tomografía de
coherencia óptica

Microscopia confocal
de reflectancia

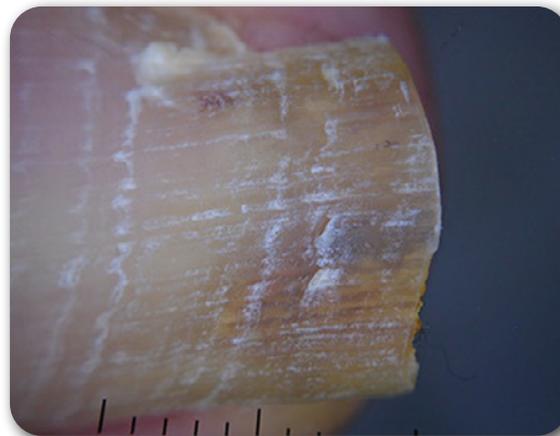


Figura 11 a. Cambio de color
Coloración amarillenta con patrón de espigas y
escamas superficiales.
Fuente: [Lim et al.](#)³ Licencia CC BY 4.0.

Fluorescencia
ultravioleta

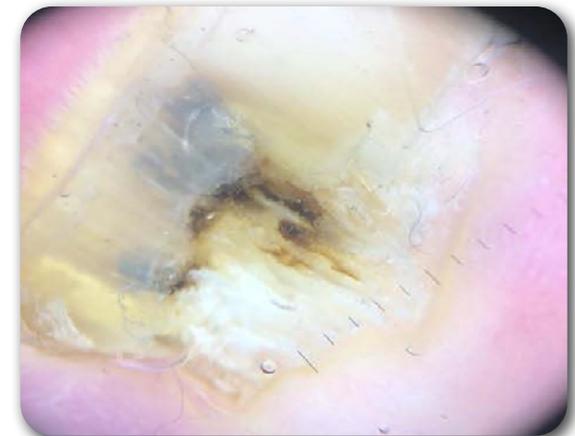


Figura 11 b. Cambio de color
Vetas de varios colores (patrón de aurora boreal) y
aparición en ruinas.
Fuente: [Falotico et al.](#)¹ Licencia CC BY-NC 3.0.

Métodos visuales no invasivos

Métodos de identificación microbiológica

Inteligencia artificial

Onicoscopia
(dermatoscopia ungueal)

Tomografía de
coherencia óptica

Microscopia confocal
de reflectancia

Fluorescencia
ultravioleta

¿Qué es?

Es una prueba que utiliza un dispositivo portátil para obtener imágenes en tiempo real de tejidos vivos a una escala micrométrica⁴.

Características

- Explora perpendicularmente la lámina ungueal, el lecho ungueal y la matriz, y detecta alteraciones mínimas en estas estructuras que pueden relacionarse con infecciones fúngicas⁴.
- Las líneas y puntos hiperreflectantes (figura 12) son áreas que indicarían la presencia de hongos y podrían ser una guía para recoger la muestra⁴.
- Puede ser útil como prueba rápida para detectar la presencia o ausencia de hifas tras el tratamiento⁴.

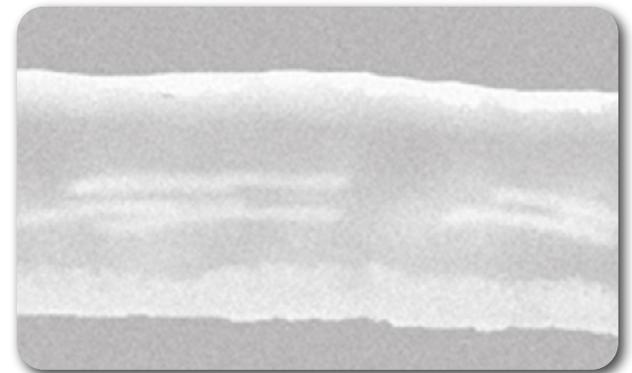


Figura 12. Ilustración digital de hifas vistas mediante tomografía de coherencia óptica
Fuente: [Gupta et al.](#)⁴ Licencia CC BY 4.0.

Ventajas

- Rápida, no invasiva⁴.
- Mayor sensibilidad que la microscopia directa con KOH, el cultivo y la histopatología⁴.

Inconvenientes

- Menor especificidad que la microscopia directa con KOH, el cultivo y la histopatología⁴.
- Cara⁴.

Métodos visuales no invasivos

Métodos de identificación microbiológica

Inteligencia artificial

**Onicoscopia
(dermatoscopia ungueal)**

**Tomografía de
coherencia óptica**

**Microscopia confocal
de reflectancia**

**Fluorescencia
ultravioleta**

¿Qué es?

Es una herramienta de obtención de imágenes en tiempo real⁴. Utiliza un láser que divide la unidad ungueal en finas secciones horizontales³ y produce imágenes de alta resolución captando la reflexión tras iluminar el tejido con el láser⁴ (figura 13).

Ventajas

- Permite observar las características de las uñas anormales³ con una resolución más nítida y con mayor detalle que la microscopia óptica estándar⁴.
- Rápida (5-10 minutos), no invasiva⁴.

Inconvenientes

- Sensibilidad moderada, entre el 52 % y el 91 %³.
- Especificidad moderada, entre el 57 % y el 90 %³.
- Profundidad de imagen limitada (200 μm), que no permite la evaluación de uñas gruesas³.
- Cara⁴.

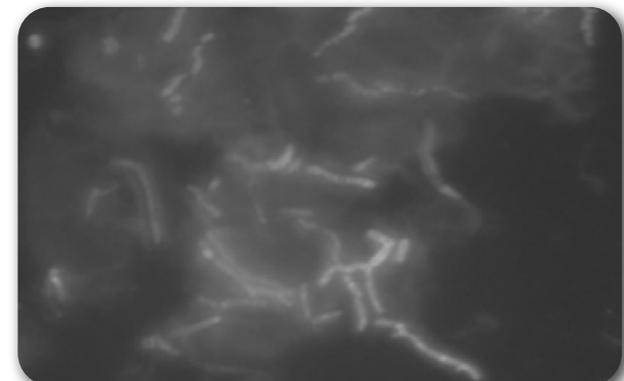


Figura 13. Hifas vistas mediante microscopia confocal de reflectancia
Fuente: [Gupta et al.](#)⁴ Licencia CC BY 4.0.

Métodos visuales no invasivos

Métodos de identificación microbiológica

Inteligencia artificial

Onicoscopia (dermatoscopia ungueal)

¿Qué es?

Es una prueba que detecta diferencias en la intensidad de la autofluorescencia de las uñas, que es mayor en las sanas que en las micóticas⁴.

Ventajas

- Rápido, no invasivo⁴.
- Resalta áreas de infección, lo cual podrían mejorar el muestreo⁴.
- Puede ser útil para indicar la reducción o eliminación de hongos tras el tratamiento⁴.

Inconveniente

- Aún necesita evaluarse su uso en la onicomycosis frente a otras distrofias ungueales⁴.

Tomografía de coherencia óptica

Microscopia confocal de reflectancia

Fluorescencia ultravioleta

**Técnicas de flujo
lateral**

PCR

Citometría de flujo

Espectrometría de masas
MALDI-TOFEspectroscopia
de Raman

Termografía

La identificación del microorganismo es crucial para la elección adecuada del tratamiento y la evaluación de sus resultados⁴.

¿Qué es?

Son pruebas que detectan la presencia de dermatofitos en una muestra, a la que se expone el dispositivo por capilaridad, utilizando anticuerpos específicos contra moléculas dermatofíticas. Cuando son positivas, aparece una línea en el dispositivo⁴ (figura 14).

Ventajas

- Alta especificidad⁴.
- Rápida y sencilla⁴.

Inconvenientes

- Sus resultados no son específicos para cada especie⁴.
- Pueden existir reacciones cruzadas con algunas especies no dermatofíticas⁴.

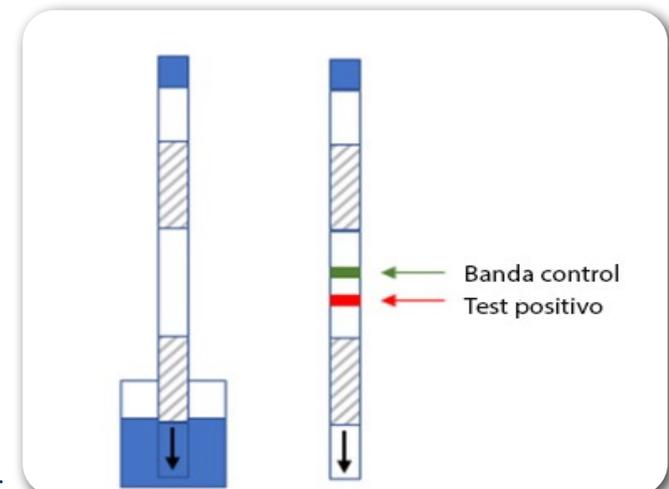


Figura 14. Tiras de las pruebas de flujo lateral
Fuente: [Gupta et al.](#) (traducida)⁴. Licencia CC BY 4.0.

Métodos visuales no
invasivos

Métodos de identificación
microbiológica

Inteligencia artificial

Técnicas de flujo
lateral

PCR

Citometría de flujo

Espectrometría de masas
MALDI-TOF

Espectroscopia
de Raman

Termografía

¿Qué es?

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) es una técnica que utiliza cebadores moleculares específicos de hongos para amplificar el ADN fúngico en muestras hasta cantidades que permitan la identificación del subtipo de organismo⁴ (figura 15).

Ventajas

- Permite identificar el subtipo de organismo fúngico⁴.
- Puede ofrecer resultados incluso con muestras pequeñas³.
- Es la prueba más sensible⁶: sensibilidad entre el 85 % y el 100 %³.
- Especificidad entre el 94 % y el 100 %³.
- Rápida (horas)⁴.

Inconvenientes

- No determina la viabilidad de los hongos⁴.
- Puede detectar hongos inactivos y muertos, con falsos positivos⁶.
- La identificación se limita a los organismos específicos de los cebadores utilizados⁴.

Métodos visuales no invasivos

Métodos de identificación microbiológica

Inteligencia artificial

Técnicas de flujo lateral

PCR

Citometría de flujo

Espectrometría de masas MALDI-TOF

Espectroscopia de Raman

Termografía

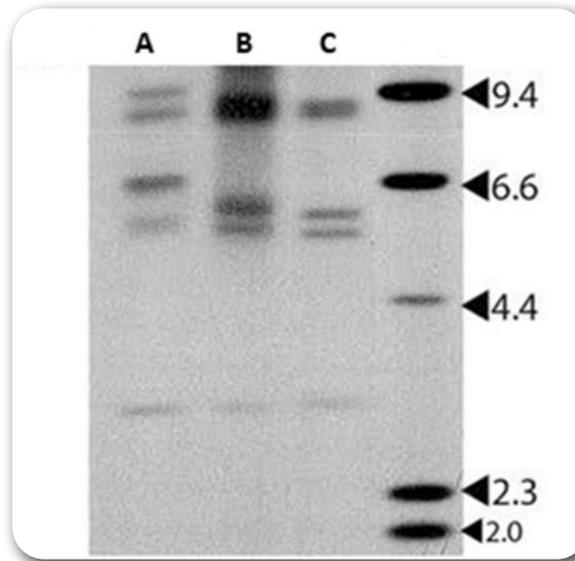


Figura 15. PCR en gel de agarosa con 3 muestras en proceso
Fuente: [Gupta et al.](#)⁴ Licencia CC BY 4.0.



Figura 16. PCR en tiempo real

Información adicional

- La PCR se recomienda como método de detección complementario en combinación con la preparación microscópica y el cultivo fúngico².
- La forma de PCR más utilizada es la PCR en tiempo real, que puede detectar múltiples organismos con bajo riesgo de contaminación³ (figura 16).

Métodos visuales no
invasivos

Métodos de identificación
microbiológica

Inteligencia artificial

Técnicas de flujo
lateral

PCR

Citometría de flujo

Espectrometría de masas
MALDI-TOF

Espectroscopia
de Raman

Termografía

¿Qué es?

Es una técnica aún experimental que consiste en separar las células según su tamaño, granulosidad y presencia de ADN y de proteínas³ (figuras 17 y 18).



Figura 17. Preparación de muestras para citometría de flujo

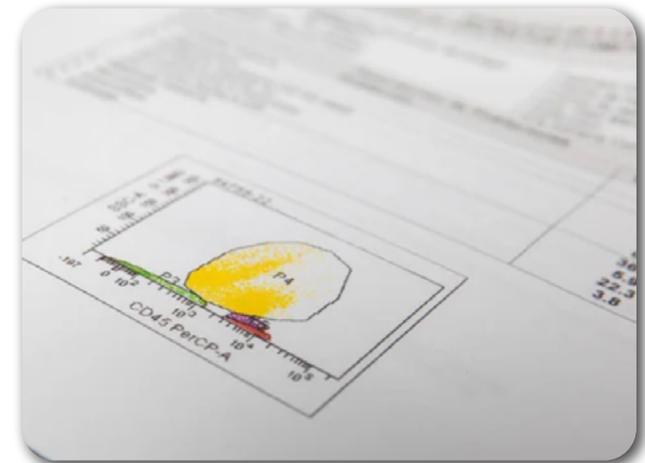


Figura 18. Informe de citometría de flujo

Inconveniente

- Requiere mayor investigación y desarrollo para poder integrarse en la práctica clínica³.

Técnicas de flujo
lateral

PCR

Citometría de flujo

Espectrometría de masas
MALDI-TOFEspectroscopia
de Raman

Termografía

¿Qué es?

Es un tipo de espectrometría que se usa para identificar dermatofitos y levaduras de forma rápida y precisa. Las muestras se ionizan dentro del espectroscopio y se aceleran mediante una fuente de energía hasta un detector que proporciona un espectro de medidas de la intensidad de la relación masa-carga de las partículas aceleradas (figuras 19, 20 y 21). Este espectro representa una «huella molecular» que puede compararse con una «biblioteca» de organismos conocidos⁴.

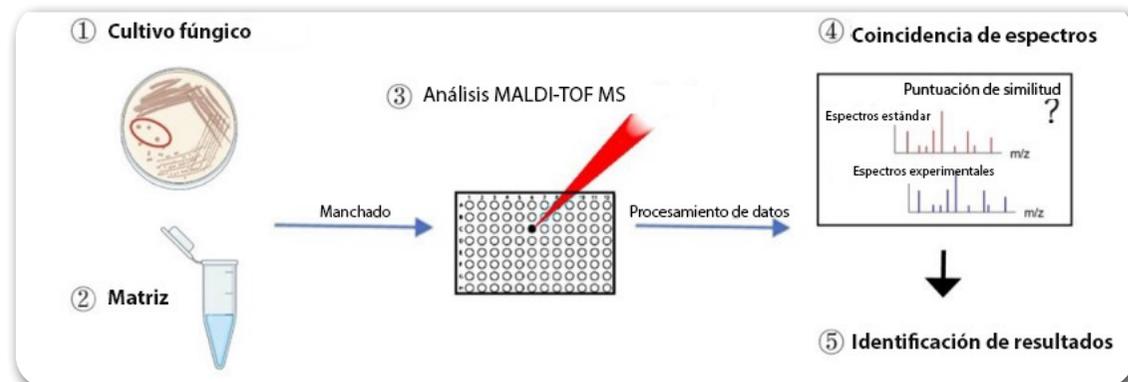


Figura 19. Flujo de trabajo basado en la espectrometría de masas MALDI-TOF para la identificación fúngica. Fuente: [Li D. et al.](#) (traducida)⁹. Licencia CC BY-NC-ND 4.0.

Ventajas

- Alta sensibilidad⁴.
- Rápida identificación del hongo⁴.

Inconvenientes

- Requiere equipos costosos y personal capacitado⁴.
- Precisa cultivos viables a partir de los cuales preparar la muestra⁴.
- Uso limitado fuera de laboratorios especializados⁴.

Técnicas de flujo lateral

PCR

Citometría de flujo

Espectrometría de masas MALDI-TOF

Espectroscopia de Raman

Termografía

Figura 20. Espectrómetro de masas MALDI-TOF
Fuente: [Li D et al.](#) (traducida)⁹.
Licencia CC BY-NC-ND 4.0.

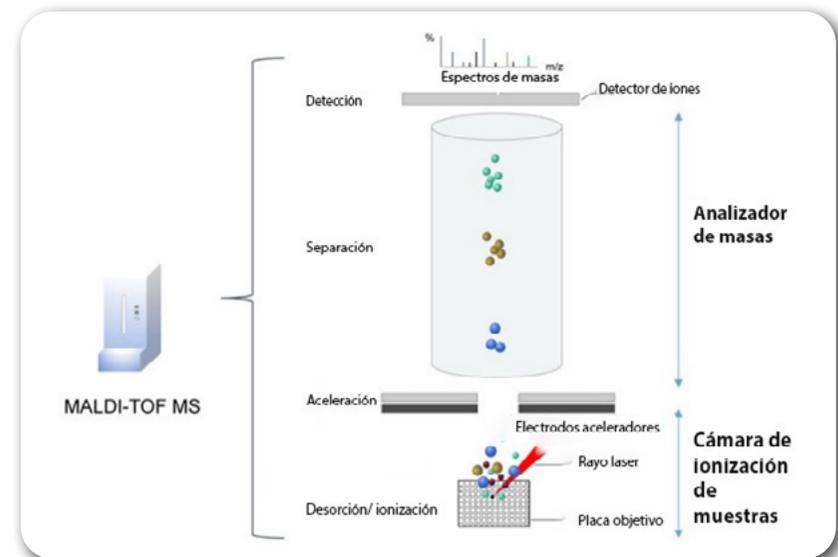
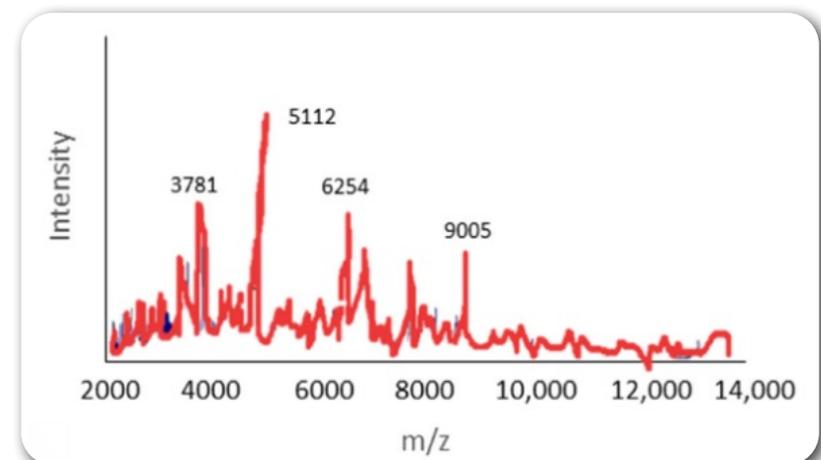


Figura 21. Espectro de intensidades masa-carga obtenido mediante espectrometría de masas MALDI-TOF.
Fuente: [Gupta et al.](#)⁴ Licencia CC BY 4.0.



Técnicas de flujo
lateral

PCR

Citometría de flujo

Espectrometría de masas
MALDI-TOF

**Espectroscopia
de Raman**

Termografía

¿Qué es?

Es un análisis químico en el que las moléculas producen dispersión de luz (fotones) tras la excitación vibracional de los enlaces moleculares⁴ (figura 22).

Ventajas

- Algunos estudios indican que es capaz de detectar la especie específica directamente a partir de muestras, lo cual eliminaría el retraso de un cultivo previo⁴.
- Rápido y barato⁴.



Equipo químico de laboratorio en exposición

Figura 22. Espectroscopia de Raman portátil

Inconvenientes

- Requiere equipos complejos y personal entrenado⁴.
- Se necesitan más trabajos para verificar su utilidad en especies y especímenes más amplios⁴.

Técnicas de flujo
lateral

PCR

Citometría de flujo

Espectrometría de masas
MALDI-TOFEspectroscopia
de Raman

Termografía

¿Qué es?

Es una técnica no invasiva que mide el calor emitido por la superficie corporal y produce una representación pictórica de su temperatura⁶.

Su aplicación en la onicomicosis se basa en la relación entre la presencia de infección y la temperatura de las uñas, que es más baja en la infección por dermatofitos y más alta en la candidiasis⁶.

Ventajas

- Barata⁶.
- No requiere contacto⁶.
- Proporciona imágenes bidimensionales⁶ (figuras 23 y 24).
- Puede realizarse rápidamente en tiempo real⁶.
- No tiene efectos nocivos de radiación⁶.
- Es un posible nuevo método de diagnóstico en la onicomicosis asintomática o incipiente⁶.



Figura 23. Imagen termográfica y foto convencional del pie derecho de un paciente. Fuente: [Villar Rodríguez et al.](#)⁶ Licencia CC BY 4.0.

Técnicas de flujo
lateral

PCR

Citometría de flujo

Espectrometría de masas
MALDI-TOFEspectroscopia
de Raman

Termografía

Inconvenientes

- Disponer de un termógrafo sensible y preciso requiere una inversión considerable⁶.
- Se necesitan estudios con muestras de mayor tamaño⁶.

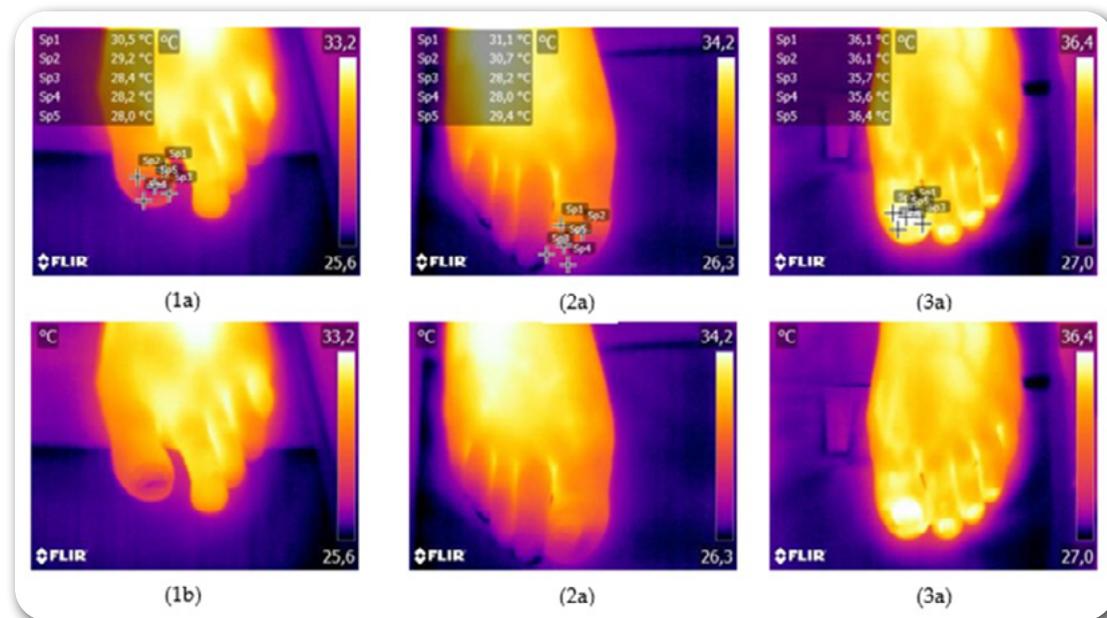


Figura 24. Imágenes termográficas

1a y 1b: uña no infectada; 2a y 2b: uña infectada por dermatofitos; 3a y 3b: uña infectada por levaduras.

Fuente: Villar Rodríguez *et al.*⁶ Licencia CC BY 4.0.

¿Qué es?

No es en sí misma un método diagnóstico, pero es una herramienta que permite automatizar las evaluaciones visuales rutinarias y minimizar su subjetividad⁴.

Su entrenamiento desarrolla redes neuronales profundas para el diagnóstico de la onicomycosis⁴.

Ventajas

- Podría ser útil para diagnosticar la onicomycosis de forma eficaz y objetiva¹.
- Puede ser útil para los profesionales sanitarios sin experiencia en onicomycosis⁴.
- Puede ser útil para los pacientes potenciales, quienes a través de la telemedicina pueden evaluar sus propias uñas y, de ser necesario, realizar una consulta clínica formal³.

Inconvenientes

- Su aplicación requiere el desarrollo de una base de datos fotográfica con una amplia gama de presentaciones de la enfermedad para su entrenamiento³.
- Aún se encuentra en fases iniciales⁴.
- Requiere más estudios para su adopción generalizada¹.



Existe una amplia gama de herramientas convencionales y de nuevo desarrollo que ayudan a diagnosticar la onicomicosis.

Cada una tiene sus ventajas e inconvenientes, y combinarlas mejora su sensibilidad y especificidad³.

Referencias

1. Falotico JM, Lipner SR. Updated Perspectives on the Diagnosis and Management of Onychomycosis. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2022;15:1933-57.
2. Nenoff P, Reinel D, Mayser P, Abeck D, Bezold G, Bosshard PP, et al. S1 Guideline onychomycosis. *J Dtsch Dermatol Ges J Ger Soc Dermatol JDDG*. junio de 2023;21(6):678-92.
3. Lim SS, Ohn J, Mun JH. Diagnosis of Onychomycosis: From Conventional Techniques and Dermoscopy to Artificial Intelligence. *Front Med*. 15 de abril de 2021;8:637216.
4. Gupta AK, Hall DC, Cooper EA, Ghannoum MA. Diagnosing Onychomycosis: What's New? *J Fungi*. 29 de abril de 2022;8(5):464.
5. Bodman MA, Syed HA, Krishnamurthy K. Onychomycosis. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [citado 24 de junio de 2024]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441853/>
6. Villar Rodríguez J, Pérez Pico AM, García Blázquez FM, Morán Cortés JF, Mayordomo Acevedo R. Evaluation of Thermography as a Diagnostic Technique in Asymptomatic or Incipient Onychomycosis. *J Fungi Basel Switz*. 5 de abril de 2023;9(4):444.
7. Poluri LV, Indugula JP, Kondapaneni SL. Clinicomycological Study of Dermatophytosis in South India. *J Lab Physicians*. 2015;7(2):84-9.
8. Ma Y, Ji Y, Cen W, Qiao Z, Gao Y, He L, et al. Assessment of the Clinical Diagnosis of Onychomycosis by Dermoscopy. *Front Surg*. 2022;9:854632.
9. Li D, Yi J, Han G, Qiao L. MALDI-TOF Mass Spectrometry in Clinical Analysis and Research. *ACS Meas Sci Au*. 27 de julio de 2022;2(5):385-404.