

DERMATOFITOSIS: INNOVACIÓN DIAGNÓSTICA MEDIANTE TÉCNICAS MOLECULARES

DERMATOPHYTOSIS: DIAGNOSTIC INNOVATION THROUGH MOLECULAR TECHNIQUES

Lesly Paulina Jarrín Ortiz^{1*}

¹ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de la Salud, Laboratorio Clínico. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2904-8685>. Correo: ljarrin9625@uta.edu.ec

Víctor Hernán Guangasig Toapanta²

² Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de la Salud, Laboratorio Clínico. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6469-8661>. Correo: victorhguangasig@uta.edu.ec

* Autor para correspondencia: ljarrin9625@uta.edu.ec

Resumen

La dermatofitosis constituye un grupo de micosis superficiales que afecta piel, uñas y cabello, siendo *Trichophyton rubrum* la especie más común. Ante las limitaciones de los métodos convencionales como el cultivo, que presenta tiempos prolongados y posible error morfológico, las técnicas moleculares emergen como herramientas precisas y rápidas para la detección de los agentes etiológicos. Este estudio documental, basado en 24 artículos seleccionados mediante la metodología PRISMA, se realizó a partir de una búsqueda exhaustiva en las bases de datos PubMed, BVS y Web of Science, evaluando los métodos moleculares más utilizados, como PCR, secuenciación ITS, MALDI-TOF, DendrisCHIP, DendrisKIT, ITS-RFLP y LAMP, evaluando su sensibilidad, especificidad y tiempo diagnóstico. Los resultados evidencian que las técnicas moleculares superan ampliamente a las convencionales en rapidez y fiabilidad, alcanzando sensibilidades y especificidades cercanas al 100 %. Además, permiten detectar mutaciones asociadas a resistencia antifúngica, como en *Trichophyton indotineae*, y corregir errores de identificación morfológica. Sin embargo, las técnicas tradicionales siguen siendo esenciales por su bajo costo y accesibilidad. En conclusión, la integración de métodos moleculares con los convencionales representa la estrategia diagnóstica más efectiva, al combinar precisión, rapidez y cobertura clínica en el abordaje de la dermatofitosis.

Palabras clave: dermatofitosis, dermatofitos, técnicas moleculares

Abstract

*Dermatophytosis constitutes a group of superficial mycoses that affect the skin, nails, and hair, with *Trichophyton rubrum* being the most common species. Given the limitations of conventional methods, such as culture which requires long incubation periods and may lead to morphological misidentification, molecular techniques have emerged as precise and rapid tools for detecting etiological agents. This documentary study, based on 24 articles selected through the PRISMA methodology, was conducted using an exhaustive search in the PubMed, BVS, and Web of Science databases, evaluating the most commonly used molecular methods such as PCR, ITS sequencing, MALDI-TOF, DendrisCHIP, DendrisKIT, ITS-RFLP, and LAMP, assessing their sensitivity, specificity, and diagnostic time. The results show that molecular techniques greatly outperform conventional ones in speed and reliability, achieving sensitivities and specificities close to 100%. Moreover, they enable the detection of mutations associated with antifungal resistance, such as in *Trichophyton indotineae*, and correct morphological identification errors. However, traditional techniques remain essential due to their low cost and accessibility. In conclusion, the integration of molecular and conventional methods represents the most effective diagnostic strategy, combining precision, speed, and clinical coverage in the management of dermatophytosis.*

Keywords: *Dermatophytosis, dermatophytes, molecular techniques*

Fecha de recibido: 27/09/2025

Fecha de aceptado: 11/11/2025

Fecha de publicado: 24/11/2025

Introducción

La dermatofitosis o también denominada tiña constituye un grupo de micosis superficiales, que comprometen la piel, uñas y el cabello de los individuos. Se estima que afecta cerca de 650 millones de personas a nivel global y en Ecuador señalan que la mitad de los pacientes con lesiones superficiales presentan infección por dermatofitos, siendo *Trichophyton rubrum* la especie más frecuente (44%). Otros estudios nacionales registran una prevalencia de 33.33% evidenciando su amplia distribución en la población, de modo que, se constituye como un problema de salud interdisciplinario alrededor del mundo (Jácome et al., 2021; Murray R, 2014; Organización Mundial de la Salud, 2025; Pérez et al., 2023).

Los dermatofitos son un grupo de hongos filamentosos queratinolíticos que tienen la capacidad de invadir tejidos profundos. Originalmente estaban comprendidos en tres géneros: *Trichophyton*, *Microsporum* y *Epidermophyton*, pero con el desarrollo de las técnicas diagnósticas se clasificaron en: *Arthroderma*, *Ctenomyces*, *Lophophyton*, *Nannizzia*, *Guarromyces*, *Paraphyton*. Esta diversidad refleja la adaptación ecológica de los dermatofitos y su capacidad para persistir en distintos ambientes, lo que subraya la importancia de su identificación precisa para un diagnóstico y tratamiento adecuado (Aho-Laukkanen et al., 2024; Bhosale et al., 2022; Bonifaz A, 2015; Lepera et al., 2025).

El diagnóstico específico es importante debido a que las manifestaciones clínicas pueden confundirse con otras enfermedades cutáneas, dificultando la diferenciación pertinente. Esta similitud sintomática incrementa el riesgo de errores diagnósticos, los cuales pueden acarrear consecuencias significativas, especialmente en pacientes inmunocomprometidos, en quienes la infección puede evolucionar hacia formas diseminadas o invasivas. Además, los métodos convencionales de diagnóstico fúngico, por ejemplo, el cultivo, presentan limitaciones como tiempos prolongados para el diagnóstico, retrasando la aplicación del tratamiento apropiado y aumentando el riesgo de complicaciones (Bhosale et al., 2022; Heckler et al., 2023; Moskaluk & VandeWoude, 2022).

Por ello, se han desarrollado técnicas diagnósticas alternativas que permiten una detección rápida y acertada. Entre las que destacan los métodos moleculares como PCR, secuenciación de la región ITS, MALDI-TOF, DendrisCHIP y multiplex PCR las cuales han demostrado mayor sensibilidad y especificidad diagnóstica. Asimismo, estas metodologías permiten corregir errores derivados de la identificación morfológica y en muchos estudios son utilizadas como prueba confirmatoria. Por lo tanto, la implementación de dichos métodos es fundamental para mejorar el abordaje clínico de estas infecciones (Anton et al., 2023; Evrard et al., 2024; Heckler et al., 2023; Lepera et al., 2025).

En los últimos años, las infecciones por dermatofitos han adquirido mayor relevancia debido a su alta incidencia e impacto que generan en la salud y calidad de vida de los pacientes, así, este estudio tiene como propósito describir las técnicas moleculares aplicadas en el diagnóstico de la dermatofitosis, resaltando sensibilidad y especificidad en comparación con los métodos convencionales, con el fin de mejorar la detección oportuna de los agentes etiológicos, optimizar el diagnóstico clínico y facilitar la instauración de tratamientos adecuados.

Material es y métodos

La presente investigación corresponde a un estudio de tipo documental, principalmente basado en una revisión bibliográfica con enfoque narrativo y carácter descriptivo. Se llevó a cabo un análisis crítico de la información científica previamente publicada, realizando una búsqueda exhaustiva de la literatura científica en bases de datos reconocidas como PubMed, BVS y Web of Science, con la finalidad de identificar publicaciones que abordaran herramientas diagnósticas para dermatofitosis, principalmente en las innovaciones basadas en técnicas moleculares.

Con relación a la estrategia de búsqueda se utilizaron palabras claves, términos DeCS- MeSH y los operadores booleanos como: “dermatofitosis”, “dermatofitos”, “técnicas moleculares” y “no animales”. Se aplicaron criterios de inclusión como artículos de libre acceso, texto completo, y en idiomas español o inglés. En contraste, se excluyeron artículos que no tengan libre acceso, de igual forma, los artículos que se enfoquen en especies animales, y también aquellos que hablen únicamente de técnicas convencionales sin incluir las técnicas moleculares para el diagnóstico de dermatofitosis.

Tras aplicar los filtros indicados, clasificamos la información siguiendo la metodología del diagrama de flujo PRISMA; identificación, cribado, elegibilidad, inclusión. En la Figura 1 se presenta el resultado del proceso de búsqueda, se obtuvo en BVS (n = 109), PubMed (n = 144), Web of science (n = 445) para la investigación.

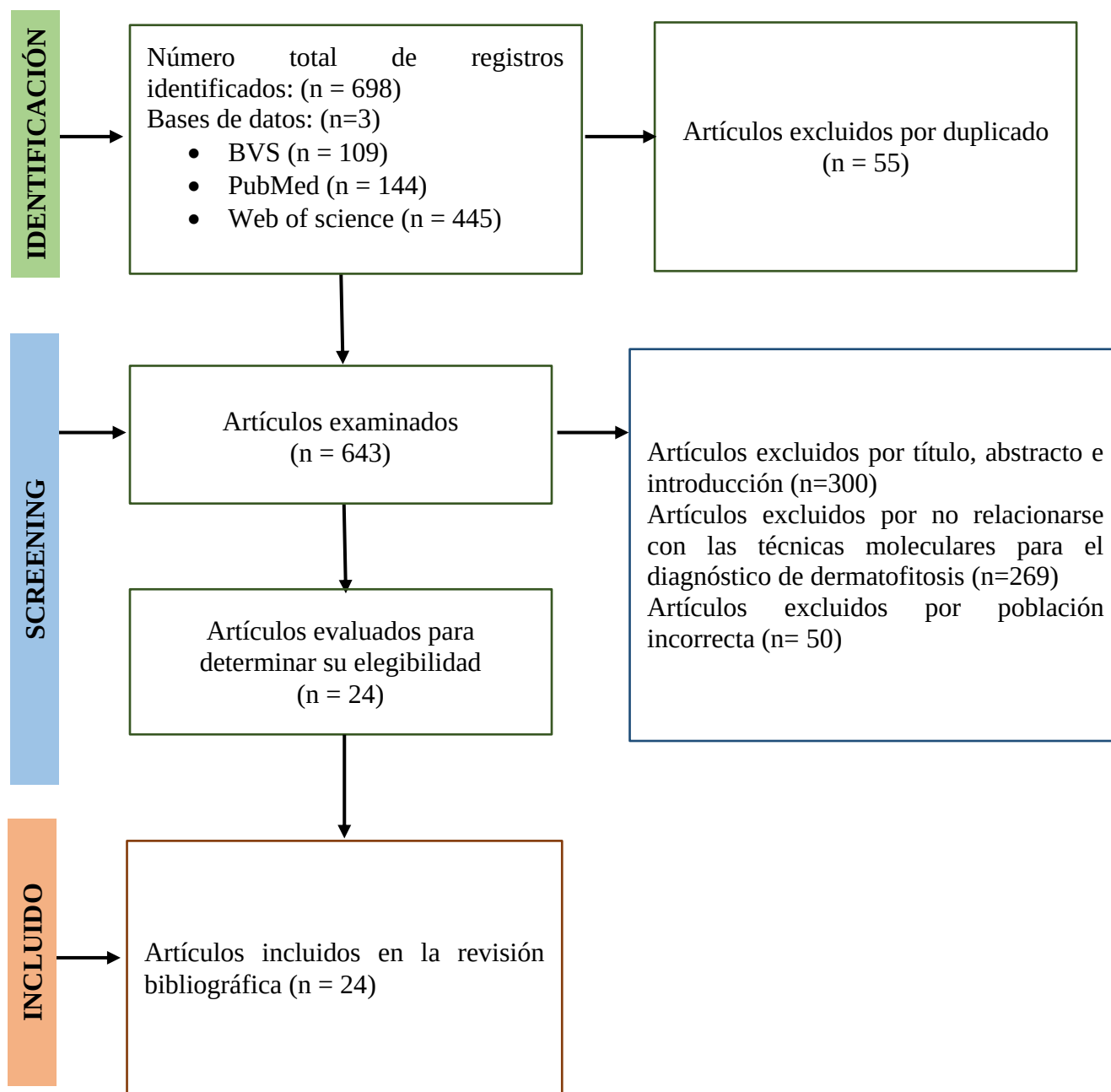


Figura 1. Diagrama de selección de artículo mediante el método PRISMA

Fuente: *The PRISMA 2020 statement* (Page et al., 2021).

Resultados y discusión

A partir de la investigación exhaustiva y selección empleando la metodología PRISMA se seleccionaron 24 resultados. La Tabla 1 detalla los artículos encontrados, se presenta la trazabilidad de cada artículo, proporcionando información sobre el origen y su identificación.

Tabla 1. Trazabilidad de artículos seleccionados

N	Autor	Año	Título	Revista	País	Fuente
1	Jo Krogsgaard Simonsen, Kristian Fredløv Mose, Lise Kristensen, Laura Krogh Herlin	2023	Dermatofitosis profunda en un adulto inmunocompetente sin antecedentes de enfermedad cutánea	Medical Micology Case Reports	Países Bajos	(Simonsen et al., 2023)
2	Lepera, V.; Tocci, G.; Palladini, G.; Arosio, MEG; Farina, C.; Lo Cascio, G	2025	Epidemiología e identificación molecular de dermatofitos: enfoque en la detección de la especie emergente <i>Trichophyton indotineae</i> en el norte de Italia	Microbiology research	Suiza	(Lepera et al., 2025)
3	Aimoldina, A., Smagulova, A., Batpenova, G., Konnikov, N., Algazina, T., Jetpisbayeva, Z., Azanbayeva, D., Amantayev, D. y Kiyan, V.	2025	Perfil micológico y factores asociados en pacientes con dermatofitosis en Astaná, Kazajistán	JOURNAL OF FUNGI	Suiza	(Aimoldina et al., 2025)
4	Jingwen Tan Qian Yu Zhiqin Gao Hong Yang Qilong Chen Lianjuan Yang	2022	Informe de caso: Úlcera profunda grave en el abdomen izquierdo que simula micosis fungoide causada por <i>Trichophyton tonsurans</i> en un paciente con una nueva mutación CARD9	FRONTIERS IN IMMUNOLOGY	Suiza	(Tan et al., 2022)
5	Afsharzadeh F, Zarrinfar H, Fata A, Najafzadeh MJ	2022	Actualización sobre la dermatofitosis en Mashhad, noreste de Irán, aparición de infección por <i>Trichophyton persicum</i>	INDIAN JOURNAL OF DERMATOLOGY	India	(Afsharzadeh et al., 2022)
6	Tullio V, Panzone M, Cervetti O, Roana J, Mandras N	2025	Informe de caso: Del diagnóstico erróneo a la identificación precisa: Manejo de una serie de casos de infecciones por <i>Trichophyton rubrum</i>	MICROORGANISMS	Suiza	(Tullio et al., 2025)
7	Hariu M, Watanabe Y,	2021	Dermatofitosis de <i>Microsporum canis</i> doméstica sugerida por	AMERICAN JOURNAL OF CASE REPORTS	Estados Unidos	(Hariu et al., 2021)

	Shimada D, Imai H, Takano K, Kamioka Y, Seki M		análisis de espectrometría de masas de tiempo de vuelo con desorción/ionización láser asistida por matriz			
8	Russo G, Toutous Trellu L, Fontao L, Ninet B	2023	Hacia una detección temprana de resistencia clínica y biológica en dermatofitosis: a propósito de dos casos de <i>Trichophyton indotineae</i>	JOURNAL OF FUNGI	Suiza	(Russo et al., 2023)
9	Ndiaye M, Sacheli R, Diongue K, Adjeteu C, Darfouf R, Seck MC	2022	Evaluación del ensayo PCR multiplex en tiempo real DermaGenius® para la detección de dermatofitos en muestras de cabello de Senegal	JOURNAL OF FUNGI	Suiza	(Ndiaye et al., 2022)
10	Sol, PL, Chi, CC, Shih, IH, Fan, YC	2023	Nannizzia polymorpha como causa rara de dermatofitosis cutánea	EMERGING INFECTIOUS DISEASES	Estados Unidos	(Sun et al., 2023)
11	Evrard S, Minon C, Lamtiri Laarif M, De Backer B, Paridaens H, Hayette MP, Frère J, Senterre	2024	Nueva estrategia diagnóstica para la onicomicosis: utilización en primera línea de la PCR DermaGenius® y la microscopía de calcoflúor combinada con cultivo selectivo	JOURNAL OF FUNGI	Suiza	(Evrard et al., 2024)
12	Makled AF, Ghonaim MM, Ali SAM, El-Hefnawy SM, Sabal MS, Elbrolosy AM	2022	Comparación de la tinción fluorescente de hongos y la secuenciación basada en PCR de rADN ITS con métodos convencionales para el diagnóstico de onicomicosis	JOURNAL OF PURE AND APPLIED MICROBIOLOGY	India	(Makled et al., 2022)
13	Cabrera R, Guelfand S, Stevenson M, Caussade MC, Velázquez D, Alvarez E	2022	Tinea faciei por <i>Trichophyton violaceum</i> : primer caso alóctono reportado en Chile	REVISTA CHILENA DE INFECTOLOGIA	Chile	(Cabrera et al., 2022)
14	Tanabe H, Abe N, Anzawa K	2023	Un caso de tiña corporal causada por <i>Trichophyton benhamiae</i> var. <i>luteum</i> en un degú y evolución de la taxonomía del patógeno	JOURNAL OF FUNGI	Suiza	(Tanabe et al., 2023)
15	Bhosale, NK, Prabha, R, Munuswamy, R, Pramodhini, S, Easow, JM	2022	Un estudio comparativo sobre la identificación fenotípica y molecular de dermatofitos clínicos	JOURNAL OF PURE AND APPLIED MICROBIOLOGY	India	(Bhosale et al., 2022)
16	A Anton A, Plinet M, Peyret T, Cazaudarré T,	2023	Diagnóstico rápido y preciso de infecciones por dermatofitos	DIAGNOSTIC	Suiza	(Anton et al., 2023)

17	Pesant S, Rouquet Y Crotti, S, Cruciani, D, Spina, S, Piscioneri, V, Natalini, Y, Pezzotti, G, Sabbatucci, M, Papini, M	2023	mediante la tecnología DendrisCHIP Una cepa de <i>Trichophyton indotineae</i> sensible a la terbinafina en Italia: el primer caso clínico de tiña corporal y onicomicosis	JOURNAL OF FUNGI	Suiza	(Crotti et al., 2023)
18	Jabet A, Chiarabini T, Hennequin C, Bouscarat F, Valin N, Cruchet R	2025	Transmisión autóctona de <i>Trichophyton indotineae</i> por contacto sexual, Francia, 2024	EUROSURVEILLANCE	Suecia	(Jabet et al., 2025)
19	Aho-Laukkanen E, Maki-Koivisto V, Torvikoski J, Sinikumpu SP, Huilaja L, Junntila IS	2024	La PCR permite la detección rápida de dermatofitos en la práctica	MICROBIOLOGY SPECTRUM	Estados Unidos	(Aho-Laukkanen et al., 2024)
20	Messina F, Santiso G, Romero M, Bonifaz A, Fernandez M, Marin E.	2023	Primer reporte de caso de tinea corporis causada por <i>Trichophyton indotineae</i> en América Latina	MEDICAL MYCOLOGY CASE REPORTS	Países Bajos	(Messina et al., 2023)
21	Kaplan E, Bingöl O, Kandemir H, Karakoyun AS, Durdu M, Ilkit M.	2025	Detección molecular basada en qPCR de <i>Trichophyton indotineae</i> mediante la selección de secuencias divergentes	MYCOPATHOLOGIA	Países Bajos	(Kaplan E et al., 2025)
22	Villanueva da Fonseca LA, Santos Araújo MA, Wanderlei Silva DM, de Albuquerque Maranhão FC	2022	Optimización de ITS-RFLP para la identificación de dermatofitos a partir de fuentes clínicas en Alagoas (Brasil) versus métodos fenotípicos	JOURNAL OF INFECTION IN DEVELOPING COUNTRIES	Italia	(Villanueva da Fonseca.,2022)
23	Tirard-Collet P Hérault M Miossec C Lemoine JP Wallon M Dupont D Persat F Menott DF	2025	Evaluación del DendrisKIT ® DP para el diagnóstico de infecciones fúngicas superficiales.	JOURNAL OF FUNGI	Suiza	(Tirard-Collet et al., 2025)

24	Shinichi Watanabe, Akihiro Okubo, Yoshiharu Miyajima, Kazuo Satoh, Koichi Makimura	2019	Detección específica de <i>Trichophyton rubrum</i> y <i>Trichophyton interdigitale</i> basada en amplificación isotérmica mediada por bucle (LAMP) a partir de muestras de onicomycosis.	JOURNAL OF DERMATOLOGY	Estados Unidos	(Watanabe et al., 2019)
----	--	------	--	------------------------	----------------	-------------------------

En la tabla 2, se describen a detalle los resultados obtenidos en cada artículo seleccionado.

Tabla 2. Resultados de la investigación

Cita	Autor	Título	Población o muestra	Técnicas diagnósticas	Especie detectada	Resultados
(Simonsen et al., 2023)	Jo Krogsgaard Simonsen, Kristian Fredlöv Mose, Lise Kristensen, Laura Krogh Herlin	Dermatofitosis profunda en un adulto inmunocompetente sin antecedentes de enfermedad cutánea	Hombre de 36 años	Microscopía Blanchophor Cultivo agar glucosa Saboraud PCR en tiempo real (qPCR) multiplex	<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	Se describe un informe de caso raro de dermatofitosis profunda por <i>Trichophyton mentagrophytes</i> en un paciente inmunocompetente, inicialmente confundido con una erupción herpética. El diagnóstico se confirmó mediante cultivo y pruebas moleculares (PCR en tiempo real), lo que permitió instaurar un tratamiento adecuado con terbinafina oral y terapia tópica, logrando la curación sin recurrencias.
(Lepera et al., 2025)	Lepera, V.; Tocci, G.; Palladini, G.; Arosio, MEG; Farina, C.; Lo Cascio, G	Epidemiología e identificación molecular de dermatofitos: enfoque en la detección de la especie emergente <i>Trichophyton indotineae</i> en el norte de Italia	1096 muestras de anexos cutáneos (uñas, cabello y raspaduras de piel)	Tinción de fluorescencia calcofluor Prueba de KOH Cultivo SDA con aditivos Agar Dermasel Tinción con azul de lactofenol PCR convencional Secuenciación	<i>Trichophyton indotineae</i>	Existe alrededor del 26% de discordancia entre la identificación morfológica clásica y la secuenciación de la región ITS, evidenciando que los métodos tradicionales pueden inducir errores de especie, especialmente entre <i>T. indotineae</i> , <i>T. mentagrophytes</i> y <i>T. interdigitale</i> , que son morfológicamente muy similares. La secuenciación permite corregir estas identificaciones, detectar especies emergentes clínicamente relevantes como <i>T. indotineae</i> y garantizar una interpretación precisa de la epidemiología local.
(Aimoldina et al., 2025)	Aimoldina, A., Smagulova, A.,	Perfil micológico y factores asociados en	313 pacientes de ambos sexos y de todos	Cultivo SDA PCR convencional	<i>Microsporum canis</i> <i>Trichophyton</i>	Mediante cultivo micológico, el 73.7% de los aislamientos fueron identificados como <i>Microsporum canis</i> , mientras que el 26.3%

	Batpenova, G., Konnikov, N., Algazina, T., Jetpisbayeva, Z., Azanbayeva, D., Amantayev, D. y Kiyan, V.	pacientes con dermatofitosis en Astaná, Kazajistán	los grupos de edad	Secuenciación	<i>mentagrophytes</i> , <i>T. tonsurans</i> y <i>T. verrucosum</i>	correspondieron a especies de <i>Trichophyton</i> , incluyendo <i>T. mentagrophytes</i> , <i>T. tonsurans</i> y <i>T. verrucosum</i> . La secuenciación molecular se empleó como herramienta complementaria para confirmar la identificación de todas las especies de <i>Trichophyton</i> que resultan morfológicamente difíciles de diferenciar.
(Tan et al., 2022)	Jingwen Tan, Qian Yu Zhiqin Gao Hong Yang Qilong Chen Lianjuan Yang	Informe de caso: Úlcera profunda grave en el abdomen izquierdo que simula micosis fungoide causada por <i>Trichophyton tonsurans</i> en un paciente con una nueva mutación CARD9	Hombre de 38 años	Prueba de KOH Cultivo SDA Secuenciación	<i>Trichophyton tonsurans</i>	Los métodos diagnósticos convencionales y el tratamiento antifúngico mostraron eficacia parcial, con persistencia y recidiva de la lesión. Mediante secuenciación molecular se identificó con precisión la especie <i>Trichophyton tonsurans</i> , y se detectó una mutación en el gen CARD9, asociado a una respuesta inmune comprometida. Posteriormente, se le aplica un tratamiento con posaconazol y la resolución completa de la úlcera tras 4 meses.
(Afsharzadeh et al., 2022)	Afsharzadeh F, Zarrinfar H, Fata A, Najafzadeh MJ	Actualización sobre la dermatofitosis en Mashhad, noreste de Irán, aparición de infección por <i>Trichophyton persicum</i>	87 aislados clínicos de muestras como piel, cabello y uñas	Prueba de KOH Cultivo SDA con cloranfenicol y cicloheximida PCR convencional Secuenciación	<i>Trichophyton interdigitale</i> , <i>T. tonsurans</i> , <i>T. mentagrophytes</i> , <i>T. persicum</i> , <i>Epidermophyton floccosum</i> , <i>Microsporium canis</i> , <i>T. rubrum</i> , <i>T. violaceum</i> , <i>Nannizzia fulva</i> y <i>N. persicolor</i>	La identificación molecular mediante secuenciación parcial del gen del factor de elongación de la traducción-1 α (Tef-1 α) permitió clasificar todos los aislamientos, demostrando que las especies más frecuentes fueron <i>Trichophyton interdigitale</i> y <i>T. tonsurans</i> (22 % cada una), seguidas de <i>T. mentagrophytes</i> (15 %) y <i>T. persicum</i> (11,5 %), siendo esta última una especie emergente en la región. También, se detectaron aislamientos menos comunes correspondientes a <i>Epidermophyton floccosum</i> (10,3 %), <i>Microsporium canis</i> (8 %), <i>T. rubrum</i> (5,7 %), <i>T. violaceum</i> (2,2 %) y <i>Nannizzia fulva</i> y <i>N. persicolor</i> (2,2 % y 1,1 %, respectivamente).

(Tullio et al., 2025)	Tullio V, Panzone M, Cervetti O, Roana J, Mandras N	Informe de caso: Del diagnóstico erróneo a la identificación precisa: Manejo de una serie de casos de infecciones por <i>Trichophyton rubrum</i>	5 pacientes (muestras de lesiones cutáneas y uñas)	Prueba de KOH Cultivo SDA y agar Mycobiotic con cloranfenicol y cicloheximid a PCR convencional Secuenciación MALDI-TOF	<i>Trichophyton rubrum</i>	Se describe una serie de 5 casos previamente mal diagnosticados de dermatofitosis difusa causada por <i>Trichophyton rubrum</i> . Se emplean técnicas convencionales como examen directo (KOH), cultivo en SDA y Mycobiotic agar. Asimismo, se incluyen técnicas de identificación molecular como la secuenciación y MALDI-TOF, únicamente para validar la identificación del agente causal y evitar errores diagnósticos debido a la variabilidad morfológica de colonias
(Hariu et al., 2021)	Hariu M, Watanabe Y, Shimada D, Imai H, Takano K, Kamioka Y, Seki M	Dermatofitosis de <i>Microsporum canis</i> doméstica sugerida por análisis de espectrometría de masas de tiempo de vuelo con desorción/ionización láser asistida por matriz	4 pacientes (muestra de cabello y secreciones purulentas)	Tinción azul de lactofenol Cultivo agar dextrosa de patata con cloranfenicol MALDI-TOF MS	<i>Microsporum canis</i>	Se realizan las técnicas convencionales y determina <i>M.canis</i> , sin embargo, para confirmar la identificación, se aplicó MALDI-TOF MS, demostrando que los aislados obtenidos de los tres familiares presentaban un mismo perfil proteómico, confirmando una transmisión de la misma cepa dentro del núcleo familiar. Sin embargo, se observó que estos aislados diferían del patrón de referencia de la cepa estándar ATCC de <i>M. canis</i> , lo que indica que existían variaciones genéticas/proteómicas particulares en la cepa circulante.
(Russo et al., 2023)	Russo G, Toutous Trelu L, Fontao L, Ninet B	Hacia una detección temprana de resistencia clínica y biológica en dermatofitosis: a propósito de dos casos de <i>Trichophyton indotineae</i>	2 pacientes (Muestras de raspados cutáneos de las lesiones)	Examen directo en blancoforo Cultivo SDA con cloranfenicol Cultivo SDA con cloranfenicol y cicloheximid a. Cultivo SDA MALDI-TOF	<i>Trichophyton indotineae</i>	Se realizaron técnicas convencionales de cultivo e identificación morfológica, complementadas con MALDI-TOF; sin embargo, este último método no permitió una identificación concluyente de las cepas. Ante esta limitación, se aplicó la secuenciación de la región ITS, la cual confirmó la presencia de <i>Trichophyton indotineae</i> . Además, la secuenciación permitió detectar mutaciones en el gen SQLE, vinculadas a la resistencia a terbinafina

				Secuenciación		
(Ndiaye et al., 2022)	Ndiaye M, Sacheli R, Diongue K, Adjete C, Darfouf R, Seck MC	Evaluación del ensayo PCR multiplex en tiempo real DermaGenius® para la detección de dermatofitos en muestras de cabello de Senegal	129 muestras de cabello	Prueba de KOH Cultivo SDA suplementado con cloranfenicol Cultivo SDA suplementado con cloranfenicol y cicloheximida PCR multiplex en tiempo real	<i>Trichophyton soudanense</i> y <i>Microsporium audouinii</i> .	El estudio demostró que la técnica molecular a evaluar ofreció un desempeño superior al cultivo tradicional, detectando dermatofitos en el 67% de las muestras, frente al 52% logrado con el método convencional. La técnica mostró una sensibilidad del 89% y una especificidad del 75%, lo que confirma su alta capacidad diagnóstica, especialmente para especies clínicamente relevantes como <i>Trichophyton soudanense</i> y <i>Microsporium audouinii</i> .
(Sun et al., 2023)	Sol, PL, Chi, CC, Shih, IH, Fan, YC	<i>Nannizzia polymorpha</i> como causa rara de dermatofitosis cutánea	2 pacientes (muestras de raspados cutáneos de las lesiones)	Prueba de KOH Cultivo en agar papa dextrosa Secuenciación	<i>Nannizzia polymorpha</i>	El diagnóstico se logró mediante una combinación de métodos morfológicos y moleculares. Los cultivos revelaron colonias lanosas amarillas con reverso anaranjado y conidios de morfología polimórfica, lo que orientó a un dermatofito atípico. La confirmación se obtuvo mediante secuenciación de la región ITS, que mostró un 99,37 % de similitud con la cepa tipo de <i>N. polymorpha</i> , reforzada por un análisis filogenético multigénico (ITS, LSU, β -tubulina, TEF3 y 60S L10), el cual situó a los aislados dentro del clado de esta especie.

(Evrard et al., 2024)	Evrard S, Minon C, Lamtiri Laarif M, De Backer B, Paridaens H, Hayette MP, Frère J, Senterre	Nueva estrategia diagnóstica para la onicomiosis: utilización en primera línea de la PCR DermaGenius® y la microscopía de calcoflúor combinada con cultivo selectivo	106 muestras de uñas	PCR multiplex Examen directo con calcoflúor Cultivo SDA con cloranfenicol Cultivo SDA con cloranfenicol y cicloheximida Cultivo en agar papa dextrosa	<i>Trichophyton rubrum</i> , y <i>T. interdigitale</i> .	Proponen una nueva estrategia diagnóstica mixta, PCR + microscopía calcoflúor y el cultivo, únicamente en casos de discordancia. Esta estrategia mixta, obtuvo una sensibilidad de 98,2% y especificidad cerca al 100%. Señalan que, debido a este enfoque, solo el 13% de las muestras requirió cultivo, en contraste con el 100% que se cultivaría en el método convencional
(Makled et al., 2022)	Makled AF, Ghonaim MM, Ali SAM, El-Hefnawy SM, Sabal MS, Elbrolosy AM	Comparación de la tinción fluorescente de hongos y la secuenciación basada en PCR de rADN ITS con métodos convencionales para el diagnóstico de onicomiosis	100 pacientes (Muestras de uñas)	Prueba de KOH Tinción fluorescente PAS Cultivo SDA con cicloheximida y cloranfenicol Cultivo SDA PCR convencional Secuenciación	<i>Candida albicans</i> <i>T. rubrum</i> Mohos no dermatofitos	Comparan las diversas técnicas diagnósticas, destacan la sensibilidad de cada una: PCR 100%, tinción fluorescente 89%, PAS 69% y KOH 53%, señalando que la combinación de la PCR-secuenciación y la tinción fluorescente ofrecen mayor eficacia diagnóstica para la onicomiosis.
(Cabrera et al., 2022)	Cabrera Raúl, Guelfand Sofía, Stevenson Macarena, Caussade Marie-Chantal, Velázquez Daniel, Álvarez Eduardo	Tinea faciei por <i>Trichophyton violaceum</i> : primer caso alóctono reportado en Chile	1 paciente (muestras de raspados cutáneos de las lesiones)	Tinción CBE Cultivo SDA con cloranfenicol Cultivo SDA con cloranfenicol y cicloheximida Cultivo agar papa dextrosa Tinción azul de lactofenol PCR convencional	<i>Trichophyton violaceum</i>	Mediante las características morfológicas del cultivo y la microscopía directa, determinan la especie, sin embargo, para confirmar la identificación morfológica aplican PCR y secuenciación.

				Secuenciación		
(Tanabe et al., 2023)	Tanabe H, Abe N, Anzawa K	Un caso de tiña corporal causada por <i>Trichophyton benhamiae</i> var. <i>luteum</i> en un degú y evolución de la taxonomía del patógeno	1 paciente (muestras de raspados cutáneos de las lesiones)	Prueba de KOH Cultivo SDA Cultivo en agar papa dextrosa Tinción azul de lactofenol PCR convencional Secuenciación MALDI-TOF MS Mating test	<i>Trichophyton benhamiae</i> var. <i>luteum</i>	Mediante secuenciación ITS mostro 100% de identidad con la cepa de <i>T. benhamiae</i> . También, indica que mediante MALDI-TOF MS arrojó una puntuación de 1,946 para <i>T. benhamiae</i> ; sin embargo, los espectros de masa no coincidieron completamente con los reportados para la variante <i>luteum</i> , por lo que la clasificación final se basó en la combinación de morfología, producción de gymnothecia y secuenciación ITS
(Bhosale et al., 2022)	Bhosale, NK, Prabha, R, Munuswamy, R, Pramodhini, S, Easow, JM	Un estudio comparativo sobre la identificación fenotípica y molecular de dermatofitos clínicos	39 pacientes (Raspaduras del borde de la lesión)	Prueba de KOH Cultivo SDA Cultivo SDA con aditivos Tinción azul de lactofenol PCR convencional Secuenciación	<i>Trichophyton mentagrophytes</i> , <i>T. rubrum</i> y <i>Nannizzia gypsea</i>	Demuestran que las técnicas de identificación fenotípica basada en prueba de KOH, cultivo SDA y tinción de azul de lactofenol, con la identificación molecular, mediante secuenciación, no presenta disconformidad. Por ello, indican que los métodos fenotípicos pueden considerarse confiables, a pesar del tiempo prolongado que requieren. Sin embargo, utilizan la secuenciación para confirmar la especie.
(Anton et al., 2023)	Anton A, Plinet M, Peyret T, Cazaudarré T, Pesant S, Rouquet Y	Diagnóstico rápido y preciso de infecciones por dermatofitos mediante la tecnología DendrisCHIP	284 muestras clínicas (Raspado de piel, uñas, cabello, y hisopos de la lesión)	DendrisCHIP	<i>Candida albicans</i> <i>Microsporium spp</i> <i>Trichophyton spp</i> <i>T. mentagrophytes/T.interdigitale</i> <i>T.rubrum</i>	La tecnología DendrisCHIP es un método de diagnóstico molecular, propone combinar microarrays con algoritmos de aprendizaje automático para identificar múltiples especies de dermatofitos. La sensibilidad fue de ≥ 83 % para todos los organismos en el panel y la especificidad muy alta (~99-100 %) este último, siendo comparativamente similar con el cultivo
(Crotti et al., 2023)	Crotti, S, Cruciani, D, Spina, S, Piscioneri,	Una cepa de <i>Trichophyton indotineae</i> sensible a la terbinafina en	1 paciente (Muestras de piel y uñas)	Cultivo en Dermasel Agar	<i>T. mentagrophytes / T. interdigitale</i>	Mediante las técnicas convencionales determinan <i>T. mentagrophytes / T. interdigitale</i> , luego, con la PCR de punto final y la secuenciación de Sanger

Dermatofitosis: Innovación diagnóstica mediante técnicas moleculares

	V, Natalini, Y, Pezzotti, G, Sabbatucci, M, Papini, M	Italia: el primer caso clínico de tiña corporal y onicomicosis		Tinción con azul de metileno PCR punto final Secuenciación PCR en tiempo real multiplex	<i>T. indotineae</i>	identifican la cepa de <i>T. indotineae</i> y por último, se realiza un ensayo de PCR en tiempo real DermaGenius resistance Multiplex, dirigido a las mutaciones del gen SQLE para establecer la resistencia o susceptibilidad de la cepa a la terbinafina
(Jabet et al., 2025)	Jabet A, Chiarabini T, Hennequin C, Bouscarat F, Valin N, Cruchet R	Transmisión autóctona de <i>Trichophyton indotineae</i> por contacto sexual, Francia, 2024	4 pacientes	Cultivo en agar Sabouraud con ciclohexidim a Secuenciación MALDI-TOF	<i>Trichophyton indotineae</i>	Manifiestan que la secuenciación es el estándar de oro para identificar <i>T. indotineae</i> , sin embargo, la espectrometría de masas MALDI-TOF utilizando la aplicación MSI-2 ha demostrado un óptimo rendimiento y se considera una herramienta diagnóstica alternativa accesible y rentable, facilitando la detección de casos y vigilancia epidemiológica.
(Aho-Laukkanen et al., 2024)	Aho-Laukkanen E, Mäki-Koivisto V, Torvikoski J, Sinikumpu SP, Huilaja L, Junttila IS.	La PCR permite la detección rápida de dermatofitos en la práctica	14.330 muestras rutinarias de piel, uñas y cabello	Prueba de KOH Tinción con blanco de calcoflúor Cultivo SDA con cloranfenicol DTM con aditivos Tinción azul de lactofenol Agar maltosa Sabouraud con aditivos Cultivo SDA con aditivos PCR en tiempo real prueba multiplex completa MALDI-TOF	<i>T.rubrum</i> y <i>T.interdigitale</i>	El estudio evidencia que la introducción de la técnica molecular basada en PCR desplazó progresivamente a los métodos convencionales de diagnóstico, debido a su mayor rapidez y sensibilidad para la identificación de los agentes etiológicos. Con la implementación de esta herramienta aumentaron los resultados positivos específicamente para <i>T.rubrum</i> y <i>T.interdigitale</i> . No obstante, señalan ciertas limitaciones relacionadas a la detección de especies que no se encuentran incluidas dentro del panel de identificación.

(Messina et al., 2023)	Messina F, Santiso G, Romero M, Bonifaz A, Fernandez M, Marin E.	Primer reporte de caso de tinea corporis causada por <i>Trichophyton indotineae</i> en América Latina	1 paciente (muestra de raspado cutáneo)	Prueba de KOH Cultivo en agar Sabouraud y lactrimel Tinción azul de lactofenol Secuenciación MALDI-TOF	<i>T.indotineae</i>	Se basaron en la morfología del cultivo identificando al complejo <i>Trichophyton mentagrophytes</i> , sin embargo, para la caracterización definitiva emplearon la secuenciación de ADN, confirmando la identidad de <i>T.indotineae</i> , debido que esta especie se asocia con resistencia a la terbinafina, rescatando que la confirmación molecular es ideal para modificar la estrategia terapéutica
(Kaplan E et al., 2025)	Kaplan E, Bingöl O, Kandemir H, Karakoyun AS, Durdu M, Ilkit M.	Detección molecular basada en qPCR de <i>Trichophyton indotineae</i> mediante la selección de secuencias divergentes	73 cepas de dermatofitos	qPCR	<i>Trichophyton indotineae</i>	Destacan el desarrollo de un nuevo ensayo de qPCR basado en la detección de secuencias altamente divergentes, donde se identificó exitosamente un segmento único de 499 pb en el ADN de <i>T.indotineae</i> , actuando como su huella dactilar. La validación del ensayo demostró una alta especificidad (100%) y sensibilidad (93.3%)
(Villanueva da Fonseca et al., 2022)	Villanueva da Fonseca LA, Santos Araújo MA, Wanderlei Silva DM, de Albuquerque Maranhão FC	Optimización de ITS-RFLP para la identificación de dermatofitos a partir de fuentes clínicas en Alagoas (Brasil) versus métodos fenotípicos	14 cepas de dermatofitos	Tinción azul de lactofenol Cultivo SDA Cultivo en agar dextrosa de papa o SDA con cloranfenicol PCR convencional ITS-RFLP	<i>Microsporum canis</i> , <i>Nannizzia gypsea</i> y <i>Trichophyton rubrum</i>	El estudio evidencio que la técnica ITS-RFLP utilizando la enzima Ddel, es una herramienta de alto valor diagnóstico, puesto que, identifico de manera rápida y eficiente especies comunes e incluso permitió corregir errores de clasificación inicial. Sin embargo, para la identificación de especies menos frecuentes solo puede lograrse a través de secuenciación.
(Tirard-Collet et al., 2025.)	Tirard-Collet, P.; Durupt, F.; Hérault, M.; Miossec, C.; Lemoine, J.-P.; Wallon, M.; Dupont, D.; Persat,	Evaluación del DendrisKIT DP para el diagnóstico de infecciones fúngicas superficiales.	85 muestras clínicas (raspados de piel, muestras de uñas y muestras de pelo)	Cultivo SDA con cloranfenicol ± cicloheximid a Prueba de KOH Tinción blanco de calcofluor MALDI-TOF	<i>Candida albicans</i> y <i>Trichophyton rubrum</i> , <i>T. interdigitale</i> , <i>T. mentagrophytes</i> , <i>T. tonsurans</i> , <i>T. erinacei</i> , <i>T.</i>	Describen a DendrisKIT DP, como una técnica molecular innovadora que combina PCR panfúngica, un microchip de ADN y un algoritmo de decisión basado en aprendizaje automático. En comparación con el método de referencia (cultivo, y en casos discordantes secuenciación ITS) el sistema mostro una sensibilidad del 83,9%, especificidad del 88,9% y una concordancia global del

F.; Menotti, J		DendrisKIT DP Secuenciación		<i>benhamiae</i> , <i>T. soudanensis</i> , <i>T. violaceum</i> , <i>T. verrucosum</i> , <i>Microsporium canis</i> , <i>M. gypseum</i> y <i>Epidermophyton floccosum</i> .	76,5% (65 de 85 muestras), evidenciando una alta coincidencia entre ambos métodos. Su rendimiento fue superior en muestras de piel y cabello, mientras que resultado ligeramente menor en muestras de uñas. Asimismo, redujo el tiempo de detección a 6-8 horas en comparación con el cultivo que necesita de 10 y 21 días
(Watanabe et al., 2019)	Shinichi Watanabe, Akihiro Okubo, Yoshiharu Miyajima, Kazuo Satoh, Koichi Makimura	Detección específica de Trichophyton rubrum y Trichophyton interdigitale basada en amplificación isotérmica mediada por bucle (LAMP) a partir de muestras de onicomycosis.	90 pacientes (muestras de uñas)	Microscopia directa Cultivo fúngico LAMP	<i>Trichophyton rubrum</i> y <i>Trichophyton interdigitale</i> Las 59 muestras positivas por cultivo también resultaron positivas mediante LAMP, alcanzando una concordancia del 100 % tanto en la detección general como en la identificación específica. De igual manera, en las 29 muestras sin crecimiento en cultivo, el método LAMP detecta ADN fúngico en 25 de ellas. El índice de concordancia positiva con la microscopía directa fue también elevado, con 95.6 % (86/90) para LAMP frente a 67.8 % (61/90) para el cultivo, lo que demuestra una sensibilidad notablemente mayor del método molecular.

Nota: Cultivo agar dextrosa Sabouraud (SDA); Cultivo para dermatofitos (DTM)

Tabla 3. Fundamento de las técnicas diagnósticas convencionales y moleculares.

Técnicas diagnósticas	
Técnicas convencionales	Fundamentos
Examen de KOH (Hidróxido de potasio)	Se encarga de disolver la queratina y las grasas e identificar estructuras fúngicas en muestras como piel, uñas y pelo. La muestra se coloca entre portaobjetos y cubreobjetos y se añade una o dos gotas de la solución de KOH al 10%, luego, se calienta suavemente la preparación para acelerar la degradación de la queratina, concluyendo con la visualización microscópica (Bonifaz A, 2015; Ruiz G & Ruiz A, 2010).
Tinción con azul de algodón de lactofenol	Se utiliza para observar hongos miceliales en cultivos. Combina fenol, ácido láctico, azul de algodón y glicerol, Es una técnica rápida y eficaz que permite visualizar con claridad las estructuras micóticas, las cuales adquieren un tono azul claro (Gonzalez et al., 2020).

Tinción con azul de metileno	Es un colorante básico que se une a las estructuras ácidas de la pared celular fúngica, tiñendo las hifas y esporas de color azul intenso. Su aplicación dura aproximadamente dos minutos y facilita la detección rápida de dermatofitos en muestras clínicas(Knoll et al., 2023).
Tinción con blanco de calcoflúor	Este componente se une a la quitina de las paredes de los hongos y produce una fluorescencia blanca o verde manzana cuando se expone a la luz ultravioleta de longitud de onda corta. Se visualiza con un microscopio de fluorescencia. (Arenas R, 2014; Bonifaz A, 2015).
Tinción con Chlorazol Black-E	El CBE es un colorante de base ácida del grupo trisazo que manifiesta una alta afinidad por la quitina. Esta especificidad permite que el CBE tiña las paredes celulares de los hongos filamentosos y las levaduras de un color negro azulado o verde, contrastando con un fondo oscuro en la vista microscópica (Matthapan et al., 2021)
Cultivo en agar Sabouraud dextrosa	Se caracteriza por su composición nutritiva rica en peptona y dextrosa, que proporciona las fuentes necesarias de nitrógeno y carbono para el crecimiento de hongos patógenos y saprófitos. Su pH ligeramente ácido (5–6) y su alto contenido de glucosa favorecen el desarrollo fúngico al inhibir el crecimiento de la mayoría de las bacterias. Las colonias se visualizan tras un período de incubación de entre 7 y 28 días (Serrano & Gutiérrez, 2018)
Cultivo en agar Sabouraud (papa dextrosa, maltosa)	El agar Sabouraud papa dextrosa contiene extracto de papa y dextrosa que aportan almidones, vitaminas y azúcares simples, estimulando el crecimiento, la esporulación y la producción de pigmentos en hongos filamentosos y levaduras. El agar Sabouraud maltosa sustituye la dextrosa por maltosa, fuente de carbono más compleja que favorece el desarrollo de especies con metabolismo específico. Ambos medios, con pH ácido (~5.6), inhiben el crecimiento bacteriano y permiten el aislamiento selectivo y la observación morfológica de hongos clínicos.(Arenas R, 2014; Murray R, 2014; Serrano & Gutiérrez, 2018)
Cultivos selectivos: DTM (Dermatophyte Test Medium)	Permiten el crecimiento selectivo de dermatofitos al contener nutrientes específicos y agentes inhibidores como cicloheximida y gentamicina que limitan bacterias y hongos contaminantes. Incluye rojo fenol como indicador de pH, cambiando de amarillo a rojo cuando los dermatofitos crecen en medios alcalinos, facilitando la identificación preliminar (Arenas R, 2014)
Agar Sabouraud con suplementos: cloranfenicol, gentamicina, cicloheximida Dermasel agar	El agar Sabouraud con antibióticos es un medio selectivo para el aislamiento de hongos patógenos. Con la incorporación de agentes antimicrobianos como el cloranfenicol impiden el desarrollo de bacterias, y la cicloheximida inhibe el crecimiento de hongos ambientales o saprofitos, logrando un aislamiento selectivo para hongos patógenos clínicamente relevantes (Bonifaz A, 2015; Murray R, 2014)

Técnicas moleculares	Fundamentos
PCR convencional (punto final)	La PCR convencional permite la amplificación de fragmentos específicos de DNA mediante ciclos repetidos de desnaturalización, alineación y extensión. Durante la desnaturalización, las dobles hebras de ADN se separan por calor; en la alineación, los

	cebadores (primers) se unen a las secuencias complementarias del molde; y en la extensión, la Taq polimerasa sintetiza nuevas hebras de ADN a partir de los cebadores. Este ciclo se repite aproximadamente 30 veces, generando millones de copias del fragmento objetivo, lo que facilita la detección e identificación de hongos patógenos incluso en muestras con cantidades mínimas de ADN (Arenas R, 2014; Bonifaz A, 2015)
PCR multiplex en tiempo real / qPCR	La PCR multiplex en tiempo real combina las ventajas de la PCR cuantitativa en tiempo real con la capacidad de amplificar simultáneamente múltiples secuencias objetivo en un mismo ensayo. En este sentido, permite detectar y cuantificar en tiempo real varios microorganismos presentes en una muestra mediante el uso de dos o más cebadores específicos y sondas fluorescentes, cuya misión es proporcional a la cantidad de ADN amplificado. Sin embargo, para obtener resultados confiables, es fundamental la calidad del ADN de la muestra y la inclusión de curvas patrón que permitan evaluar la cinética de amplificación. (Arenas R, 2014; Bonifaz A, 2015)
DendrisCHIP	Combina microarrays de ADN con análisis computacional avanzado para identificar y discriminar múltiples patógenos en una sola muestra. Su especificidad se basa en regiones polimórficas del espaciador transcrito interno (ITS) del ADN ribosomal, permitiendo la identificación a nivel de especie. Este enfoque integrado ofrece resultados diagnósticos rápidos, dentro de las 48 horas, convirtiéndose en una herramienta eficiente para el diagnóstico rutinario de infecciones fúngicas. (Anton et al., 2023)
DendrisKIT	Posee un enfoque molecular sindrómico que combina tres componentes para el diagnóstico, se realiza una PCR panfúngica en tiempo real tras la extracción de ADN. Posteriormente, los amplicones obtenidos se purifican y se hibridan en un microchip de ADN mediante el sistema automatizado DendriSTATION. Finalmente, los perfiles de hibridación son leídos por el DendriSCAN y analizados mediante el software que aplica algoritmos de aprendizaje automático basados en clasificadores jerárquicos de múltiples etiquetas, permitiendo la detección de doce dermatofitos específicos directamente a partir de muestras clínicas.(Tirard-Collet et al., 2025)
ITS-RFLP	La técnica ITS-RFLP se fundamenta en el análisis de la secuencia del espaciador transcrito interno (ITS) del ADN ribosomal. Posteriormente el amplicón se digiere con enzimas de restricción específicas, como DdeI, que reconocen secuencias particulares. Debido a los polimorfismos presentes en las secuencias ITS entre distintas especies fúngicas, la digestión enzimática genera fragmentos de diferentes longitudes, produciendo un perfil de restricción único que permite la identificación taxonómica y la diferenciación de especies. (Arenas R, 2014; Villanueva da Fonseca et al., 2022)
LAMP	La técnica de amplificación isotérmica mediada por bucle (LAMP) tiene la capacidad de amplificar ADN con alta sensibilidad y especificidad a una temperatura constante, diferenciándola de varias técnicas que requieren ciclos de temperatura.(Watanabe et al., 2019)
Secuenciación	Se encarga de analizar el ADN para identificar hongos con alta precisión, constituyendo así la herramienta más confiable para determinar la identidad de una cepa. Debido a que

	el estudio genotípico se basa en el genoma, el cual es estable y permite una identificación más contundente. (Bonifaz A, 2015; Murray R, 2014)
MALDI-TOF MS	Se basa en la identificación de microorganismos mediante el análisis de patrones de masas de péptidos y proteínas específicos de cada especie. La técnica consiste en la extracción de proteínas, aplicación de la muestra en una rejilla y su recubrimiento con una matriz que facilita la ionización y comparar el espectro obtenido con una base de datos de referencia(Bonifaz A, 2015; Murray R, 2014)

Las técnicas moleculares generan resultados más rápidos, específicos y sensibles que las técnicas convencionales. Esta afirmación se sustenta con los hallazgos encontrados, como en el estudio realizado por (Makled et al., 2022), quienes demostraron que la sensibilidad de la PCR es del 100%, mientras que el examen directo de KOH es menos sensible, llegando solo al 53%. Asimismo, (Ndiaye et al., 2022) observó que el ensayo PCR multiplex en tiempo real, detecta dermatofitos en el 67% de las muestras, superando el 52% logrado con el cultivo tradicional. Con relación al tiempo diagnóstico, señalan que las técnicas moleculares reducen de manera significativa el tiempo de espera, pasando de semanas requeridas por el cultivo a pocas horas, como el caso de la tecnología DendrisCHIP que ofrece resultados dentro de 48 horas (Anton et al., 2023).

Por otro lado, surge una complicación para diferenciar especies estrechamente relacionadas. Estudios evidencian esta ambigüedad al reportar alrededor de un 26% de discordancia entre la identificación morfológica clásica y la secuenciación de la región ITS. Esta discrepancia ocurre porque los métodos convencionales pueden inducir errores de especie, principalmente al distinguir especies morfológicamente similares dentro del complejo *Trichophyton mentagrophytes*, incluyendo *T. indotineae*, *T. mentagrophytes* y *T. interdigitale*. (Aimoldina et al., 2025; Lepera et al., 2025). Por lo tanto, la identificación molecular se establece como el estándar necesario para la precisión taxonómica (Bonifaz A, 2015).

En este contexto, su aplicación es esencial cuando existe sospecha de resistencia antifúngica, particularmente frente a la terbinafina (Kaplan E et al., 2025). En consecuencia, esta técnica molecular permite detectar mutaciones específicas y ajustar de manera oportuna las opciones terapéuticas, garantizando un tratamiento adecuado. Asimismo, resulta útil para confirmar la identificación morfológica, tal como lo demostraron (Cabrera et al., 2022), quienes reportaron un caso alóctono de *Tinea faciei* causado por *Trichophyton violaceum*. En contraste, los métodos convencionales como la prueba de KOH, las tinciones micológicas y el cultivo en agar Sabouraud continúan siendo herramientas útiles para una primera aproximación diagnóstica, dada su sencillez y bajo costo. No obstante, presentan limitaciones significativas: resultados falsos negativos, largos tiempos de incubación y dependencia de la experiencia del observador (Afsharzadeh et al., 2022; Bhosale et al., 2022)

En la siguiente tabla se detalla la sensibilidad y especificidad de varias técnicas moleculares las cuales, en conjunto, confirman que la integración de técnicas moleculares acelera la identificación de dermatofitos y mejora la fiabilidad del diagnóstico clínico.

Tabla 4. Sensibilidad y especificidad de las técnicas moleculares

Técnicas	Sensibilidad	Especificidad	Tiempo de respuesta	Observaciones	Fuente
PCR convencional	94.7%	78.8%	16 horas	Ninguna	(Aho-Laukkanen et al., 2024)
PCR multiplex en tiempo real	89.3 %	75.3 %	2 horas	Ninguna	(Ndiaye et al., 2022)
DendrisCHIP	≥ 83 %	≈ 99%	48 horas	Ninguna	(Anton et al., 2023)
DendrisKIT	83,9 %	88,9 %	Menos de 48 horas, teóricamente	El estudio no evalúa el tiempo diagnóstico de la técnica	(Tirard-Collet et al., 2025)
ITS-RFLP	Alta	Alta	1 a 2 días	Sin datos numéricos	(Villanueva da Fonseca et al., 2022)
LAMP	95.6–100%	12.9%	1 día	Ninguna	(Watanabe et al., 2019)
Secuenciación	≈100%	≈100%	3 a 5 días	Ninguna	
MALDI-TOF MS	Muy alta	Muy alta	24-48 horas	Sin datos numéricos	(Tullio et al., 2025)

De manera similar, (Watanabe et al., 2019) evidenciaron que el método LAMP permitió detectar ADN fúngico en el 95,6% de las muestras, superando ampliamente la sensibilidad del cultivo. Asimismo, indican que la técnica ITS-RFLP utilizando la enzima DdeI es una herramienta de alto valor diagnóstico, rápida y eficiente para corregir errores de clasificación inicial (Villanueva da Fonseca et al., 2022). En relación con la espectrometría de masas MALDI-TOF, investigaciones señalan que, aunque encontraron ciertas limitaciones, es una herramienta accesible y rentable para la vigilancia epidemiológica (Hariu et al., 2021; Jabet et al., 2025).

Sin embargo, (Russo et al., 2023) reportan que este método no permitió una identificación concluyente de las cepas de *T. indotineae*, requiriendo la secuenciación para la confirmación de la presencia de la especie. De manera similar, (Tanabe et al., 2023) indican que, aunque el MALDI-TOF MS arrojó una puntuación para *T. benhamiae*, los espectros de masa no coincidieron completamente con la variante luteum. En este contexto, determinan que esta técnica proteómica es dependiente de la base de datos espectral, por lo que suele requerir confirmación molecular para especies emergentes.

Las técnicas moleculares han demostrado una eficacia superior en comparación con los métodos tradicionales para el diagnóstico de dermatofitos. En este sentido, la identificación molecular no solo permite una determinación taxonómica y una vigilancia epidemiológica, sino que también orienta la toma de decisiones clínicas, especialmente en el manejo de resistencias antifúngicas y la detección de mutaciones específicas. No obstante, las técnicas convencionales continúan siendo herramientas valiosas y confiables, sobre todo en países en vías de desarrollo, donde la disponibilidad de recursos limita el acceso a tecnologías moleculares avanzadas.

Conclusiones

A pesar de que las técnicas convencionales requieren mayor tiempo de ejecución y dependen de la experiencia del personal, continúan siendo fundamentales en el diagnóstico micológico, principalmente por su accesibilidad y bajo costo, de manera que las mantienen como herramientas indispensables en el laboratorio clínico. No obstante, las técnicas moleculares ofrecen ventajas significativas, entre ellas la reducción del tiempo diagnóstico, la precisión taxonómica y la capacidad para detectar resistencias antifúngicas, realizar una vigilancia epidemiológica más precisa, contribuyendo a evitar errores diagnósticos y a optimizar las decisiones terapéuticas.

Asimismo, la combinación de métodos convencionales y moleculares demuestra ser la estrategia más eficaz, ya que en numerosos estudios la secuenciación molecular se utiliza como prueba confirmatoria posterior al análisis fenotípico. En cuanto a la especificidad y sensibilidad, las técnicas moleculares evidencian valores superiores a los métodos tradicionales; sin embargo, no deben considerarse sustitutos absolutos, sino herramientas complementarias. Por ello, se propone implementar e integrar las técnicas moleculares sin desplazar las convencionales, promoviendo un enfoque diagnóstico combinado que garantice resultados más rápidos, precisos y confiables en el manejo de la dermatofitosis.

Referencias

- Afsharzadeh, F., Zarrinfar, H., Fata, A., & Najafzadeh, M. J. (2022). Update on dermatophytosis in Mashhad, Northeastern Iran, emergence of infection with *Trichophyton persicum*. *INDIAN JOURNAL OF DERMATOLOGY*, 67(2). <https://doi.org/10.4103/ijdm.57321>
- Aho-Laukkanen, E., Maki-Koivisto, V., Torvikoski, J., Sinikumpu, S. P., Huilaja, L., & Junttila, I. S. (2024). PCR enables rapid detection of dermatophytes in practice. *MICROBIOLOGY SPECTRUM*, 12(11). <https://doi.org/10.1128/spectrum.01049-24>
- Aimoldina, A., Smagulova, A., Batpenova, G., Konnikov, N., Algazina, T., Jetpisbayeva, Z., Azanbayeva, D., Amantayev, D., & Kiyan, V. (2025). Mycological Profile and Associated Factors Among Patients with Dermatophytosis in Astana, Kazakhstan. *JOURNAL OF FUNGI*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/jof11010065>
- Anton, A., Plinet, M., Peyret, T., Cazaudarré, T., Pesant, S., Rouquet, Y., Tricoteaux, M. A., Bernier, M., Bayette, J., Fournier, R., Marguerettaz, M., Rolland, P., Bayol, T., Abbaoui, N., Berry, A., Iriart, X., Cassaing, S., Chauvin, P., Bernard, E., ... François, J. M. (2023). Rapid and Accurate Diagnosis of Dermatophyte Infections Using the DendrisCHIP® Technology. *DIAGNOSTICS*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13223430>
- Arenas R. (2014). *MICOLOGIA MEDICA ILUSTRADA* (Quinta edición). MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- Bhosale, N. K., Prabha, R., Munuswamy, R., Pramodhini, S., & Easow, J. M. (2022). A Comparative Study on the Phenotypic Versus Molecular Identification of Clinical Dermatophytes. *JOURNAL OF PURE AND APPLIED MICROBIOLOGY*, 16(2), 1138–1146. <https://doi.org/10.22207/JPAM.16.2.40>
- Bonifaz A. (2015). *Micologia Medica Basica* (Quinta Edición). MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.

- Cabrera, R., Guelfand, S., Stevenson, M., Caussade, M. C., Velázquez, D., & Alvarez, E. (2022). Tinea faciei due to *Trichophyton violaceum*: first allochthonous case reported in Chile. *REVISTA CHILENA DE INFECTOLOGIA*, 39(6), 740–745.
- Crotti, S., Cruciani, D., Spina, S., Piscioneri, V., Natalini, Y., Pezzotti, G., Sabbatucci, M., & Papini, M. (2023). A Terbinafine Sensitive *Trichophyton indotineae* Strain in Italy: The First Clinical Case of tinea corporis and onychomycosis. *JOURNAL OF FUNGI*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/jof9090865>
- Evrard, S., Minon, C., Laarif, M. L., De Backer, B., Paridaens, H., Hayette, M. P., Frère, J., Senterre, J. M., & Minon, J. M. (2024). New Diagnostic Strategy for Onychomycosis: First-Line Utilization of DermaGenius® PCR and Calcofluor Microscopy Combined with Selective Culturing. *JOURNAL OF FUNGI*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/jof10080515>
- Gonzalez, R., Cuevas, B., Cortés, M., & Orduña, M. (2020). *Las tinciones básicas en el Laboratorio de Microbiología: Un enfoque gráfico*. FES Zaragoza. <https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/publicaciones/libros/cbiologicas/libros/Tinciones.pdf>
- Hariu, M., Watanabe, Y., Shimada, D., Imai, H., Takano, K., Kamioka, Y., & Seki, M. (2021). A Household *Microsporum canis* Dermatophytosis Suggested by Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-Of-Flight Mass Spectrometry Analysis. *AMERICAN JOURNAL OF CASE REPORTS*, 22. <https://doi.org/10.12659/AJCR.930713>
- Heckler, I., Sabalza, M., Bojmehrani, A., Venkataraman, I., & Thompson, C. (2023). The need for fast and accurate detection of dermatomycosis. *Medical Mycology*, 61(5). <https://doi.org/10.1093/MMY/MYAD037>
- Jabet, A., Chiarabini, T., Hennequin, C., Bouscarat, F., Valin, N., Cruchet, R., Boo, N., Chanal, J., Schuttler, C., Kirstetter, M., Normand, A. C., Fekkar, A., Pourcher, V., Piarroux, R., & Monsel, G. (2025). Autochthonous transmission of *Trichophyton indotineae* through sexual contact, France, 2024. *EUROSURVEILLANCE*, 30(26). <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2025.30.26.2500416>
- Jácome, G. E. A., Parra-Vera, H. J., Mejía, M. A. S., Andreu, C. M. F., & Zaragozí, M. T. I. (2021). Dermatofitosis en Guayaquil. *Ciencia Ecuador*, 3(1), 7–17. <https://doi.org/10.23936/rce.v3i1.24>
- Kaplan E Kandemir H Karakoyun AS Durdu M Ilkit M., B. O. (2025). *qPCR-Based Molecular Detection of Trichophyton indotineae by Targeting Divergent Sequences*. <https://doi.org/10.1007/s11046-025-00939-5>
- Knoll, M. A., Steixner, S., & Lass-Flörl, C. (2023). How to use direct microscopy for diagnosing fungal infections. *Clinical Microbiology and Infection*, 29(8), 1031–1038. <https://doi.org/10.1016/J.CMI.2023.05.012>
- Lepera, V., Tocci, G., Palladini, G., Arosio, M. E. G., Farina, C., Lo Cascio, G., CoSM, M. M. C., & AMCLI, I. A. C. M. (2025). Epidemiology and Molecular Identification of Dermatophytes: Focus on the Detection of the Emerging Species *Trichophyton indotineae* in Northern Italy. *MICROBIOLOGY RESEARCH*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/microbiolres16070148>

- Makled, A. F., Ghonaim, M. M., Ali, S. A. M., ElHefnawy, S. M., Sabal, M. S., & Elbrolosy, A. M. (2022). Comparison of Fungal Fluorescent Staining and ITS rDNA PCR-based Sequencing with Conventional Methods for Diagnosis of Onychomycosis. *JOURNAL OF PURE AND APPLIED MICROBIOLOGY*, 16(2), 1337–1349. <https://doi.org/10.22207/JPAM.16.2.62>
- Matthapan, L., Leeyaphan, C., Limphoka, P., Lertrujivanit, K., Prasong, W., & Bunyaratavej, S. (2021). Accuracy of interpretation of fungi by direct microscopy using chlorazol black e versus gold standard potassium Hydroxide. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 104(3), 383–387. <https://doi.org/10.35755/jmedassocthai.2021.03.11442>
- Messina, F., Santiso, G., Romero, M., Bonifaz, A., Fernandez, M., & Marin, E. (2023). First case report of tinea corporis caused by *Trichophyton indotineae* in Latin America. *MEDICAL MYCOLOGY CASE REPORTS*, 41, 48–51. <https://doi.org/10.1016/j.mmcr.2023.08.004>
- Moskaluk, A. E., & VandeWoude, S. (2022). Current Topics in Dermatophyte Classification and Clinical Diagnosis. *Pathogens* 2022, Vol. 11, Page 957, 11(9), 957. <https://doi.org/10.3390/PATHOGENS11090957>
- Murray R. (2014). *Microbiología médica* (Septima edicion). ELSEVIER.
- Ndiaye, M., Sacheli, R., Diongue, K., Adjete, C., Darfouf, R., Seck, M. C., Badiane, A. S., Diallo, M. A., Dieng, T., Hayette, M. P., & Ndiaye, D. (2022). Evaluation of the Multiplex Real-Time PCR DermaGenius® Assay for the Detection of Dermatophytes in Hair Samples from Senegal. *JOURNAL OF FUNGI*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/jof8010011>
- Organizacion Mundial de la Salud. (2025, June 15). *Tiña*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ringworm-\(tinea\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ringworm-(tinea))
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/BMJ.N71>
- Pérez, L. A. R., Basantes, B. H. C., Cruz, A. E. R., & Cruz, L. A. R. (2023). Prevalencia de dermatofitosis en Chimborazo, Ecuador, 2022. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 63(1), 144–150. <https://doi.org/10.52808/BMSA.8E7.631.019>
- Ruiz G, & Ruiz A. (2010). *Fundamentos de Interpretación Clínica de los Exámenes de Laboratorio*. Editorial Médica Panamericana.
- Russo, G., Trellu, L. T., Fontao, L., & Ninet, B. (2023). Towards an Early Clinical and Biological Resistance Detection in Dermatophytosis: About 2 Cases of *Trichophyton indotineae*. *JOURNAL OF FUNGI*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/jof9070733>
- Serrano, C., & Gutiérrez, R. (2018). *Manual de microbiología*. Ediciones Universitaria Católica de Chile. <https://research-ebsco-com.uta.lookproxy.com/c/zflu57/ebook-viewer/pdf/lcyzmax4dn>

- Simonsen, J. K., Mose, K. F., Kristensen, L., & Herlin, L. K. (2023). Deep dermatophytosis in an immunocompetent adult with no prior history of skin disease. *MEDICAL MYCOLOGY CASE REPORTS*, 39, 31–33. <https://doi.org/10.1016/j.mmcr.2023.02.001>
- Sun, P. L., Chi, C. C., Shih, I. H., & Fan, Y. C. (2023). Nannizzia polymorpha as Rare Cause of Skin Dermatophytosis. *EMERGING INFECTIOUS DISEASES*, 29(7), 1451–1454. <https://doi.org/10.3201/eid2907.230477>
- Tan, J. W., Yu, Q., Gao, Z. Q., Yang, H., Chen, Q. L., & Yang, L. J. (2022). Case report: Severe deep ulcer on the left abdomen mimicking mycosis fungoides caused by Trichophyton tonsurans in a patient with novel CARD9 mutation. *FRONTIERS IN IMMUNOLOGY*, 13. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1015000>
- Tanabe, H., Abe, N., & Anzawa, K. (2023). A Case of Tinea Corporis Caused by Trichophyton benhamiae var. luteum from a Degu and Evolution of the Pathogen's Taxonomy. *JOURNAL OF FUNGI*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/jof9111122>
- Tirard-Collet P Hérault M Miossec C Lemoine JP Wallon M Dupont D Persat F Menott..., D. F. (2025). *Evaluation of the DendrISKIT(®)DP for the Diagnosis of Superficial Fungal Infections*. <https://doi.org/10.3390/jof11040269>
- Tullio, V., Panzone, M., Cervetti, O., Roana, J., & Mandras, N. (2025). Case Report: From Misdiagnosis to Accurate Identification: Managing a Case Series of Trichophyton rubrum Infections. *MICROORGANISMS*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/microorganisms13040895>, "10.3390/microorganisms13040895"]
- Villanueva da Fonseca LA Wanderlei Silva DM De Albuquerque Maranhão FC., S. A. M. A. (2022). ITS-RFLP optimization for dermatophyte identification from clinical sources in Alagoas (Brazil) versus phenotypic methods. <https://doi.org/10.3855/jidc.17077>
- Watanabe, S., Okubo, A., Miyajima, Y., Satoh, K., & Makimura, K. (2019). Specific detection of Trichophyton rubrum and Trichophyton interdigitale based on loop-mediated isothermal amplification (LAMP) from onychomycosis specimens. *The Journal of Dermatology*, 46(12), 1179–1183. <https://doi.org/10.1111/1346-8138.15092>