

## Evaluación de diferentes métodos de aislamiento de *Malassezia* spp. causante de fungemia: una revisión sistemática

Beatriz Giraldo Ospina<sup>1</sup>  
Juan Camilo Galvis Marín<sup>2</sup>  
Ángela M. Gil Grajales<sup>3</sup>  
Daniela Echeverri Herrera<sup>4</sup>  
Luz A. Montoya Giraldo<sup>5</sup>  
Sandra Catalina Garzón Castaño<sup>6</sup>

### Resumen

**Introducción:** *Malassezia*, un género de levaduras lipofílicas y lipodependientes, puede desencadenar fungemia en pacientes con infecciones sistémicas, especialmente en recién nacidos prematuros en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal (UCIN), sometidos a tratamientos amplios como antibióticos, nutrición parenteral prolongada y catéter venoso central (CVC). **Objetivo:** Realizar una evaluación de la eficiencia de los medios de cultivo fúngicos empleados en el aislamiento de levaduras lipodependientes, pertenecientes al género *Malassezia*, con el fin de garantizar un diagnóstico preciso de las fungemias asociadas a estas especies reportadas en una ventana de medición comprendida entre 2014 y 2023. **Materiales y métodos:** Se efectuó una revisión minuciosa conforme a las directrices de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis), complementada con un análisis metodológico según las directrices STROBE (fortalecimiento de la notificación de estudios observacionales en epidemiología,

por sus siglas en inglés), abarcando un total de 16 estudios epidemiológicos de naturaleza transversal, observacional y descriptiva. Estos estudios se centraron en la detección de la presencia de *Malassezia* spp. en muestras clínicas, detallando los métodos empleados para el aislamiento de cepas de *Malassezia* spp. causante de fungemia. **Resultados:** De un total de 1335 publicaciones, provenientes de cuatro bases de datos, se seleccionaron 16 estudios significativos que abordaron la presencia de *M. furfur*, *M. restricta*, *M. pachydermatis*, *M. globosa* y *M. sympodialis*. Los medios de cultivo destacados fueron Agar Dextrosa Sabouraud, Agar mDixon y Agar FastFung. **Conclusión:** La detección precisa y temprana de *Malassezia* spp., mediante métodos de aislamiento complementados por diagnóstico molecular, no solo es crucial para orientar el tratamiento, sino que también desempeña un papel fundamental en la gestión efectiva de diversas enfermedades dermatológicas asociadas a *Malassezia* spp.

**Palabras clave:** catéter, enriquecido, levadura, lípido, sistémico (DeCS).

<sup>1</sup> Maestría. Institución Universitaria Visión de las Américas, Pereira-Risaralda, Colombia. beatriz.giraldoo@uam.edu.co  ORCID: 0000-0001-8015-3223. [Google Scholar](#)

<sup>2</sup> Maestría. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira-Risaralda, Colombia, jcgavis@utp.edu.co  ORCID: 0000-0002-0086-4306. [Google Scholar](#)

<sup>3</sup> Estudiante interna. Institución Universitaria Visión de las Américas, Pereira-Risaralda, Colombia.  ORCID: 0000-0002-4278-2093. [Google Scholar](#)

<sup>4</sup> Estudiante interna. Institución Universitaria Visión de las Américas, Pereira-Risaralda, Colombia, daniela.echeverrih@uam.edu.co  ORCID: 0000-0002-0519-5818. [Google Scholar](#)

<sup>5</sup> Estudiante interna. Institución Universitaria Visión de las Américas, Pereira-Risaralda, Colombia, luz.montoya@uam.edu.co  ORCID: orcid.org/0000-0001-7653-6272. [Google Scholar](#)

<sup>6</sup> Doctorado. Institución Universitaria Visión de las Américas, Pereira-Risaralda, Colombia. Sandra.garzon@uam.edu.co  ORCID: 0000-0002-9547-967X. [Google Scholar](#)

## Evaluation of different methods for the isolation of *Malassezia* spp. causing fungemia: a systematic review

### Abstract

**Introduction:** *Malassezia*, a genus of lipophilic and lipo-dependent yeasts, can induce fungemia in patients with systemic infections, particularly in preterm infants in the neonatal intensive care unit (NICU) undergoing extensive treatment with antibiotics, prolonged parenteral nutrition and central venous catheters (CVCs). **Objective:** To evaluate the efficiency of fungal culture media used in the isolation of lipodependent yeasts belonging to the genus *Malassezia*, in order to ensure accurate diagnosis of fungal infections associated with these species reported in a measurement window between 2014 and 2023. **Materials and methods:** A thorough review was performed according to the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis) guidelines,

supplemented by a methodological analysis according to the STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology) guidelines, including a total of 16 epidemiological studies of cross-sectional, observational and descriptive nature. These studies focused on the detection of *Malassezia* spp. in clinical samples and described the methods used to isolate strains of *Malassezia* spp. causing fungemia. **Results:** From a total of 1335 publications from four databases, 16 significant studies were selected that addressed the presence of *M. furfur*, *M. restricta*, *M. pachydermatis*, *M. globosa* and *M. sympodialis*. Culture media highlighted included Sabouraud dextrose agar, mDixon agar and FastFung agar. **Conclusion:** Accurate and early detection of *Malassezia* spp. by isolation methods complemented by molecular diagnostics is not only crucial for treatment guidance, but also plays a fundamental role in the effective management of various dermatological diseases associated with *Malassezia* spp.

**Key words:** catheter, enriched, lipid, systemic (MeSH), yeast.

### Introducción

Hasta hace poco tiempo, la taxonomía y nomenclatura de las especies de *Malassezia* han sido motivo de confusión. Sin embargo, se ha determinado que se trata de un hongo dimórfico que presenta fases filamentosas y miceliales (Abdillah et al., 2020).

Se trata de un hongo lipófilo y lipodependiente, similar a una levadura, que forma parte de la microbiota normal de la piel humana, el tracto gastrointestinal, la cavidad oral/sinonasal y el tracto respiratorio inferior. Sin embargo, puede volverse patógeno cuando existen factores predisponentes como cambios en el microambiente cutáneo o alteración de los mecanismos de defensa del hospedero, dando

lugar a infecciones del torrente sanguíneo en pacientes gravemente inmunocomprometidos (Abdillah y Ranque, 2021; Al-Sweih et al., 2014; Arendrup et al., 2014). La epidemiología relacionada con la fungemia sigue siendo en gran parte subestimada, debido a la alta mortalidad asociada (Atsü et al., 2022) posiblemente, a la dificultad en el aislamiento de estas especies de levaduras debido a su dependencia de lípidos (Campigotto et al., 2016).

Una de sus características principales es que su genoma carece de genes codificantes para la enzima ácido graso sintasa, lo que significa que no pueden sintetizar ácidos grasos de novo, por lo que requieren una fuente exógena de lípidos para su desarrollo (Celis et al., 2017; Chen et al., 2017). Entre las especies más comúnmente

aisladas en humanos se encuentran *M. globosa*, *M. restricta*, *M. sympodialis*, *M. pachydermatis* y *M. furfur*, que se asocian con diversas patologías dermatológicas como pitiriasis versicolor, foliculitis, dermatitis seborreica, dermatitis atópica y psoriasis (Chen et al., 2020; Didehdar et al., 2014; Diongue et al., 2018; Eghtedarnejad et al., 2023; Gholami et al., 2020). Recientemente, también se han asociado con enfermedades crónicas como la enfermedad inflamatoria intestinal y trastornos neurológicos como la enfermedad de Alzheimer, además de su patogenicidad relacionada con la formación de biopelículas en catéteres (Haddaway et al., 2022; Hadrich et al., 2023; Hamdino et al., 2022).

La enfermedad invasiva causada por especies principalmente zoofílicas (Harada et al., 2015), como *M. pachydermatis*, está siendo cada vez más reconocida en sujetos con condiciones predisponentes, especialmente inmunocomprometidos, bebés prematuros con bajo peso y comorbilidades propias de la prematuridad, hospitalizados en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal (UCIN), con tratamiento antibiótico de amplio espectro, nutrición parenteral total (NPT) prolongada con suplementación lipídica, catéter venoso central (CVC) e intubación (Hobi et al., 2022), que sirven como puerta de entrada para la colonización y la infección (Prohic et al., 2015; Honnavar et al., 2020).

Se han reportado casos de la especie *M. pachydermatis* en pacientes con perfiles demográficos distintos a los niños mencionados anteriormente. Se documentó el caso de un niño de 8 años con nutrición parenteral lipídica, así como un brote de 15 casos en (UCIN), donde la levadura fue aislada de la piel de un trabajador de la salud. Además, se identificó un caso en un adulto que experimentó dolor abdominal un mes después de someterse a gastrectomía total radical con quimioterapia adyuvante por adenocarcinoma tubular (Honnavar et al., 2018; Iatta et al., 2018). Adicionalmente, se ha aislado

la especie *M. furfur* en pacientes hematológicos adultos, pediátricos (Iatta et al., 2014) y en un adulto con trombo séptico pedunculado que se origina en la vena cava superior y se extiende hacia la aurícula derecha (Iatta et al., 2014). La complejidad radica en la identificación de manifestaciones específicas de fungemia en estos pacientes que presentan enfermedades subyacentes graves (Iatta et al., 2015).

Si bien los avances en el diagnóstico de laboratorio han sido significativos, las enfermedades fúngicas invasivas continúan imponiendo cargas clínicas y económicas considerables en la práctica médica contemporánea (Jagielski et al., 2014). A pesar de los esfuerzos en el desarrollo y aplicación de herramientas moleculares para la detección de estos microorganismos en muestras biológicas, aún persiste una brecha en la detección molecular directa de *Malassezia spp.* desde la sangre. Por ende, el cultivo permanece como la prueba estándar de oro para el aislamiento, identificación, cuantificación, evaluación de la viabilidad y prueba del perfil de susceptibilidad antifúngica de esta levadura (Lee et al., 2019).

Por consiguiente, el objetivo de esta revisión es realizar una evaluación de la eficiencia de los medios de cultivo fúngicos empleados en el aislamiento de levaduras lipodependientes pertenecientes al género *Malassezia*, con el fin de garantizar un diagnóstico preciso de las fungemias asociadas a estas especies reportadas en una ventana de medición comprendida entre 2014 y 2023. El propósito de esta investigación va más allá de la mera documentación de los métodos de aislamiento y moleculares empleados; se pretende discernir y señalar posibles áreas de mejora y desarrollo en el ámbito del diagnóstico micológico, optimizando la detección temprana y precisa de las infecciones causadas por *Malassezia spp.* en el contexto clínico, contribuyendo así al avance continuo de la práctica médica y al bienestar de los pacientes.

## Materiales y métodos

Esta revisión sistemática se realizó siguiendo las estrictas directrices de la declaración PRISMA 2020 y utilizando la plataforma RAYYAN. Estas directrices, reconocidas a nivel internacional por su exhaustividad y rigor metodológico, garantizan la transparencia y calidad en la ejecución de revisiones sistemáticas, permitiendo una evaluación objetiva y completa de la literatura científica disponible. La incorporación de RAYYAN buscó mejorar la precisión y eficiencia en el proceso de revisión sistemática.

### Criterios de elegibilidad

Se incluyeron estudios epidemiológicos transversales, observacionales y descriptivos en idioma inglés, independientemente del tamaño de la muestra, que se centraran en la identificación de *Malassezia* spp. a partir de muestras clínicas. Estos estudios fueron evaluados en cuanto a su calidad metodológica, siguiendo las directrices de la guía STROBE (fortalecimiento de la notificación de estudios observacionales en epidemiología, por sus siglas en inglés), con un énfasis en garantizar la reproducibilidad de la extracción de datos. Se verificó la calidad y eficacia de los métodos de aislamiento y los métodos moleculares utilizados para identificar *Malassezia* spp., causantes de fungemia durante el período de estudio comprendido entre 2014 y 2023. Además, se requería que los estudios seleccionados ofrecieran acceso al texto completo para una revisión más exhaustiva.

### Métodos de búsqueda para la identificación de los estudios

Se utilizaron los siguientes descriptores MeSH, junto con sus términos asociados, como términos de búsqueda: ("Malassezia spp." [MeSH] O "Lipophilic yeasts" O "Fastidious fungal species" O "Cutaneous Malassezia" Y ("Fungemia" [MeSH] O "Skin diseases"

O "Fungal infection" O "Catheter-related infections" O "Skin microbiome" Y ("Isolation methods" O "Skin samples" O "mDixon agar" O "Blood culture" O "Olive oil" O "Clinical samples" Y ("Molecular methods" [MeSH] O "Identification and diagnosis methods" O "DNA-based techniques").

Posteriormente, se elaboró una estrategia de búsqueda con el objetivo de identificar la mayor cantidad posible de estudios relevantes y disponibles. Se combinaron los términos MeSH con los entry terms, y se utilizaron las siguientes bases de datos: *Scopus*, *Science Direct*, *Web of Science* y *PubMed (Medline)*.

### Selección y extracción de datos

Tras completar la búsqueda, los registros se almacenaron en la plataforma *Rayyan-Intelligent Systematic Review*, incribiendo la fecha y hora de la búsqueda, así como los títulos, resúmenes y *trending topics* pertinentes. Utilizando dicho software, se eliminaron los estudios duplicados y se aplicaron los criterios de inclusión. Luego, se generaron los registros correspondientes. Para la selección de estudios se realizó una revisión ciega de los títulos y resúmenes por parte de dos revisores independientes, utilizando el software Rayyan. A partir de las referencias seleccionadas en esta fase inicial, se accedió al texto completo de los artículos en formato PDF y se evaluó su elegibilidad. Finalmente, se identificaron y seleccionaron los 16 estudios pertinentes reportados en el período comprendido entre 2014 y 2023, para llevar a cabo la síntesis correspondiente.

### Síntesis de datos

Luego de la extracción y verificación de la información, se llevó a cabo una síntesis narrativa cualitativa que abarcó variables y datos clave de los 16 estudios incluidos. Esta síntesis comprendió aspectos diversos como las características generales de los estudios, los datos clínicos, la metodología empleada, la



población estudiada, las muestras utilizadas, las características de los participantes, los métodos de aislamiento y los métodos moleculares empleados; así como los principales hallazgos obtenidos. Todos estos aspectos fueron detalladamente examinados y presentados en la Tabla 1, que constituye la matriz de extracción de evidencia.

## Resultados

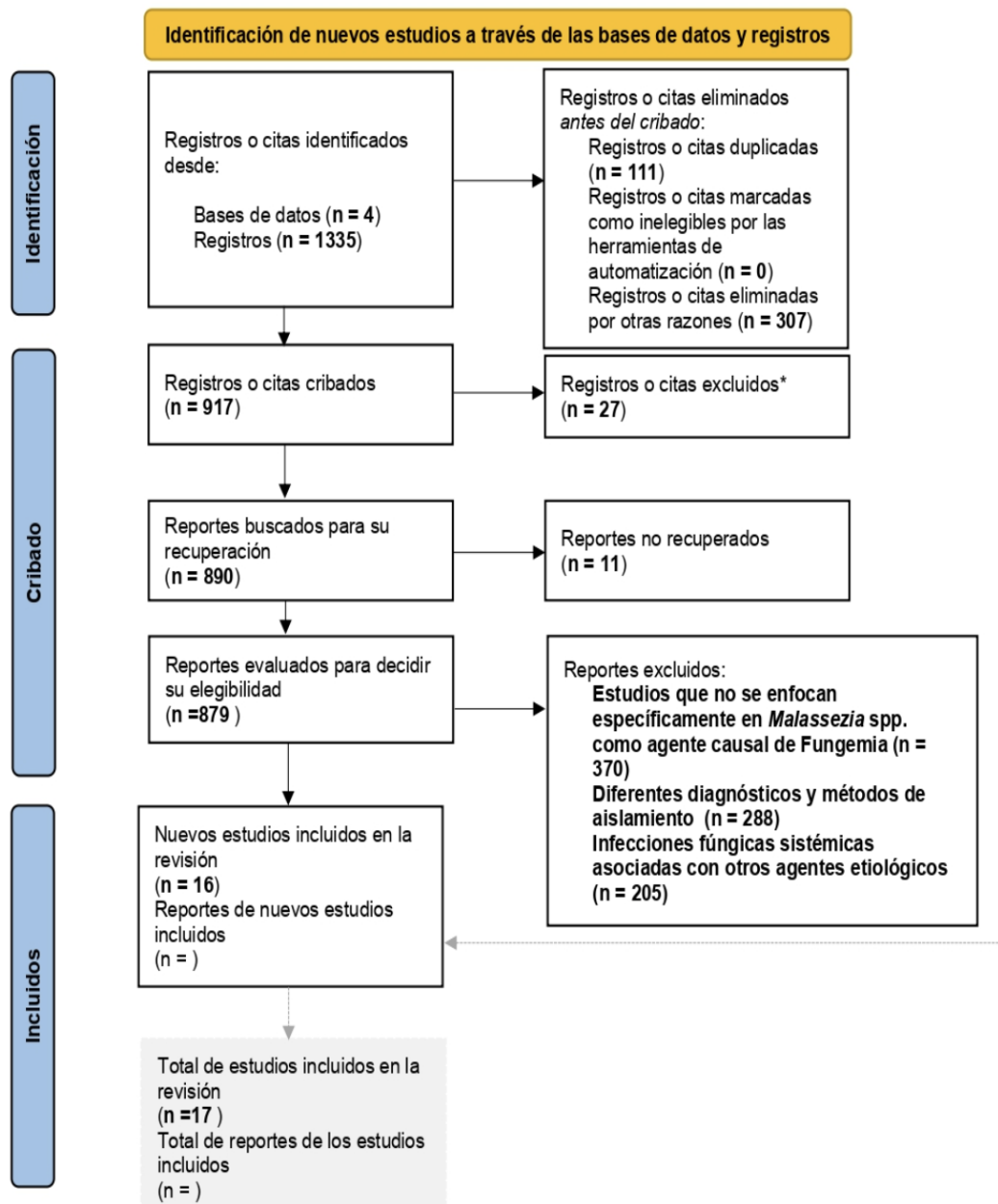
La búsqueda inicial arrojó un amplio conjunto de 1335 artículos relevantes. Tras eliminar registros duplicados y suprimir artículos por otras razones que distaban significativamente del objeto de estudio, se redujo la muestra a 917 artículos para una revisión más detallada basada en título y resumen. De estos, se excluyeron 27 por tipologías de publicación y quedaron 890, de los cuales 11 artículos no se pudieron recuperar por política de acceso abierto que no permitía la recuperación a texto completo; 879 artículos fueron seleccionados para una evaluación exhaustiva en su versión completa. Entre ellos, 370 artículos fueron excluidos debido a diversas razones, que incluyeron discrepancias respecto al objetivo de la presente revisión, estudios que no se centraban específicamente en la identificación de *Malassezia spp.* como agente causal de la fungemia (370), estudios que exhibían diferentes métodos de diagnóstico y aislamiento (288), estudios que hacían relación a infecciones fúngicas sistémicas asociadas con otro agente etiológico (205). Finalmente, después de completar este proceso de tamizaje, un total de 16 artículos cumplieron con todos los criterios de inclusión y exclusión y fueron

incluidos en la revisión para un análisis más detallado. El proceso de selección de literatura se muestra en la Figura 1.

## Características de los estudios

La información recopilada en la Tabla 1 ofrece una visión detallada y reveladora de los estudios examinados en esta revisión. A partir de estos estudios se derivan diversas síntesis cualitativas que destacan aspectos fundamentales en la comprensión de *Malassezia spp.* y su implicación en diversas afecciones dermatológicas.

En primer lugar, se resalta la utilidad del método PCR-RFLP para la identificación precisa de *Malassezia spp.* asociadas con la *Pitiriasis versicolor*, subrayando la importancia epidemiológica de esta caracterización. Este enfoque molecular proporciona una herramienta valiosa para la detección rápida y precisa de especies específicas, resaltando la prevalencia de *M. Furfur*, *M. restricta* y *M. globosa* en pacientes con esta patología. Además, se evidencia el éxito de la aplicación de métodos moleculares para el diagnóstico directo de la *Pitiriasis versicolor* y la identificación de *Malassezia spp.* en muestras clínicas. Esta información subraya la importancia de los métodos de aislamiento y moleculares en la identificación y caracterización de las especies de *Malassezia spp.*, lo que contribuye significativamente a una comprensión más profunda de esta patología cutánea y a su diagnóstico preciso.



**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA y pasos involucrados en la selección de artículos y el refinamiento de las búsquedas

Nota. Construcción propia a partir de Haddaway et al.(2022).

**Tabla 1.** Características de los métodos de aislamiento de *Malassezia* spp. causante de fungemia de los estudios incluidos en la revisión sistemática

| Estudio             | Datos clínicos                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Tamaño de la muestra | Agente etiológico identificado                    | Método de aislamiento                                                                                                   | Método molecular                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zhang et al. (2023) | Edad media de 34 años.<br>- 81 % marineros<br>- Mayor prevalencia clínica en adultos de 31 a 60 años (56 %)<br>- Solo el 2 % tiene un nivel educativo alto<br>- La duración media de PV es de 26,83 meses.<br>- El 20 % presenta lesiones en más de una localización, siendo el tórax el sitio anatómico más afectado. | 100                  | <i>Malassezia furfur</i>                          | Agar Dextrosa de Sabouraud (SDA) y Dextrosa de Sabouraud suplementada con cicloheximida y cloranfenicol, y Agarm Dixon. | Extracción de ADN, secuenciación metagenómica                                                                                                                                                                                                             |
| Wang et al. (2020)  | Pacientes con <i>Pitiriasis versicolor</i> (PV) y voluntarios sanos como grupo de control. La mayoría de los pacientes tenían <i>M. globosa</i> mientras que <i>M. restricta</i> solo se identificó en pacientes con PV.                                                                                               | 142                  | <i>Malassezia globosa</i> y <i>M. restricta</i> . | Agarm Dixon                                                                                                             | Amplificación del dominio D1/D2 del gen 26S rRNA mediante PCR, seguida de digestión del producto de la PCR mediante la enzima de restricción HhaI para la identificación y diferenciación de especies de <i>Malassezia</i> a partir de muestras clínicas. |

|                       |                                                                                                                                                                                                                    |                             |                                                                                        |                                                                                                                                |                                                                                                                                                          |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tetsuka et al. (2022) | Se analizaron 654 muestras de las cuales 96 (14,6 %) resultaron positivas para <i>Malassezia</i> spp. Se evidenciaron diferencias significativas en la tasa de aislamiento de <i>M. furfur</i> entre estos grupos. | 327                         | <i>Malassezia furfur</i> .                                                             | Agar FastFung y Agar-M Dixon.                                                                                                  | Extracción de ADN, secuenciación metagenómica.                                                                                                           |
| Wu et al. (2015)      | Voluntarios sanos de IHU-MI, Marsella (Francia), a quienes se les tomaron muestras utilizando tres métodos de muestreo de piel en cinco partes distintas del cuerpo.                                               | 10 pacientes, 300 cultivos. | <i>Malassezia globosa</i> , <i>M. sympodialis</i> y <i>M. restricta</i> .              | Agar FastFung y Agarm Dixon.                                                                                                   | Extracción de ADN, secuenciación metagenómica.                                                                                                           |
| Zhang et al. (2023)   | Pacientes con sospecha clínica de <i>Pitiriasis versicolor</i> , confirmación de la condición en el 85,2 % de estos pacientes mediante microscopía directa y recolección y cultivo de muestras de piel.            | 70                          | <i>M. globosa</i> , <i>M. furfur</i> , <i>M. sympodialis</i> , y <i>M. restricta</i> . | Caldo dextrosa Sabouraud (SDB), caldo RPMI 1640 y caldo de urea de Christensen (CUB) suplementado con componentes específicos. | Extracción de ADN, amplificación de PCR.                                                                                                                 |
| Rhimi et al. (2020)   | Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal (UCIN=6) Menores de 16 años (2), Catéter Venoso Central (CVC).                                                                                                              | 8                           | <i>M. furfur</i>                                                                       | Agarm Dixon.                                                                                                                   | Extracción de ADN genómico, amplificación por PCR, secuenciación de los productos de la PCR y análisis de secuencias de hongos en bases de datos de ADN. |



Beatriz Giraldo Ospina, Juan Camilo Galvis Marín, Ángela M. Gil Grajales, Daniela Echeverri Herrera, Luz A. Montoya Giraldo, Sandra Catalina Garzón Castaño

|                        |                                                                                                                                         |                              |                                                    |                                 |                                                                                              |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Honnavar et al. (2018) | Neonatos y pediátricos CVC.                                                                                                             | 28                           | <i>M. furfur.</i>                                  | Agarm Dixon.                    | Extracción de ADN genómico, amplificación por PCR, secuenciación de los productos de la PCR. |
| Rathie et al. (2020)   | CVC; Sangre, orina, aspirado gástrico, piel.                                                                                            | 14                           | <i>M. furfur.</i>                                  | Agarm Dixon.                    | Extracción de ADN genómico, amplificación por PCR, secuenciación de los productos de la PCR. |
| Pedrosa et al. (2018)  | Muestras de piel de pacientes con dermatitis atópica y muestras de pacientes control o sanos.                                           | 136 pacientes; 136 cultivos. | <i>Malassezia furfur</i> y <i>M. sympodialis</i> . | Agarm Dixon líquido modificado. | PCR en tiempo real.                                                                          |
| Velegaki et al. (2015) | Raspados de piel y muestras de caspa recolectadas de pacientes sospechosos de <i>Pitiriasis versicolor</i> y dermatitis seborreica.     | 120                          | <i>Malassezia globosa</i> .                        | Agarm Dixon.                    | Extracción de ADN genómico, amplificación por PCR, secuenciación de los productos de la PCR. |
| Sosa et al. (2013)     | Pacientes con altas densidades poblacionales de <i>Malassezia spp.</i> , particularmente con lesiones de <i>Pitiriasis versicolor</i> . | 100                          | <i>M. furfur</i> y <i>M. globosa</i> .             | Agarm Dixon modificado.         | PCR-RFLP y secuenciación de ADN.                                                             |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                              |                                                                                                                                           |                         |                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Saunte et al.<br>(2020)  | Muestras de piel de voluntarios sanos, pacientes con dermatitis atópica (EA, por sus siglas en inglés) y pacientes con psoriasis. Las muestras se recolectaron de varios sitios anatómicos.                                                                                         | 35 cultivos.                                                 | <i>Malassezia sympodialis</i> , <i>M. furfur</i> .                                                                                        | Agarm Dixon modificado. | PCR-RFLP y secuenciación de regiones genéticas específicas.<br>- Métodos dirigidos al ADN como PFGE, análisis RAPD, análisis AFLP, DGGE, MEE, PCR-SSCP, PCR anidada, PCR en tiempo real y secuenciación directa de loci genéticos. |
| Sparber et al.<br>(2020) | 88 cultivos para la preparación de la base de datos y 190 cultivos para la validación de la base de datos, obtenidos de diversas condiciones clínicas y confirmados mediante secuenciación de ADN y PCR-RFLP.                                                                       | 278                                                          | <i>Malassezia arunalokei</i> , <i>M. restricta</i> , <i>M. globosa</i> , <i>M. furfur</i> , <i>M. sympodialis</i> y <i>M. slooffiae</i> . | Agar Leeming y Notman   | PCR-RFLP y secuenciación de regiones genéticas específicas.                                                                                                                                                                        |
| Sparber et al.<br>(2019) | Muestras recolectadas de animales domésticos (cabras, perros, vacas, gatos, conejos y un burro) y humanos (pacientes con <i>Pitiriasis versicolor</i> , criadores que son el grupo control), con el fin de identificar especies de <i>Malassezia</i> utilizando PCR en tiempo real. | 30 muestras de animales domésticos y 70 muestras de humanos. | <i>Malassezia pachydermatis</i> .                                                                                                         | Agarm Dixon.            | PCR en tiempo real.                                                                                                                                                                                                                |

Beatriz Giraldo Ospina, Juan Camilo Galvis Marín, Ángela M. Gil Grajales, Daniela Echeverri Herrera, Luz A. Montoya Giraldo, Sandra Catalina Garzón Castaño

|                         |                                                                                                                                                                                                                                          |          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prohic et al.<br>(2015) | Susceptibilidad de aislados clínicos de <i>M. M. slooffiae</i> , <i>M. sympodialis</i> y <i>M. restricta</i> a diversos agentes antimicrobianos.                                                                                         | 9 cepas. | <i>Malassezia restricta</i> (CBS7877), <i>M. restricta</i> , (KCTC27524, KCTC27527), <i>M. restricta</i> (BTH004), <i>M. slooffiae</i> , (BTH006, BTH007) y <i>M. sympodialis</i> (BTH012, BTH016). | Medios líquidos que contienen componentes específicos como peptona, bilis de buey, glucosa, extracto de levadura, monoestearato de glicerol, cloranfenicol, cicloheximida, glicerol y Tween 60, esterilizados a través de un filtro de 0,045 mm y almacenados a temperatura ambiente o hasta 2 semanas a 4°C. | Secuenciación Sanger de regiones espaciadoras transcritas internas y su respectivo análisis.                                                                                                                       |
| Teoh et al.<br>(2022)   | Pacientes con <i>Pitiriasis versicolor</i> (PV), dermatitis atópica (DA) y dermatitis seborreica así como sujetos sanos que asistieron a la clínica ambulatoria de dermatología del Hospital Universitario Al-Zahraa, El Cairo (Egipto). | 110      | <i>Malassezia furfur</i> y <i>Malassezia sympodialis</i> .                                                                                                                                          | Agarm Dixon, Agar extracto de malta y Agar HiCrome <i>Malassezia</i> .                                                                                                                                                                                                                                        | N/A. Involucró una combinación de microscopía directa, cultivo en medios específicos, subcultivo y pruebas bioquímicas como la asimilación de Tweens para identificar <i>Malassezia spp.</i> en lesiones cutáneas. |

La destacada prevalencia de *M. furfur*, *M. globosa* y *M. restricta*, en estos casos, subraya la relevancia clínica de este enfoque, ofreciendo ventajas como la simultaneidad en la detección e identificación del agente etiológico causal y

una reducción en el tiempo de obtención de resultados.

Otro aspecto significativo es la diversidad de *Malassezia spp.* presentes en la piel, su asociación

con diversas condiciones dermatológicas y la utilidad de técnicas moleculares en su identificación. Este hallazgo subraya la importancia de un enfoque integral en el estudio de *Malassezia* spp. y su implicación en la salud cutánea (Pedrosa et al., 2018; Prohic et al., 2015). La investigación llevada a cabo por Atsü et al. (2022), destaca la eficacia superior del agar FastFung en comparación con el agar mDixon para el aislamiento de *M. furfur* a partir de muestras de piel humana, ofreciendo así un método más efectivo en el cultivo de esta levadura (Pedrosa et al., 2018; Wu et al., 2015).

Por último, se destaca la susceptibilidad antifúngica *in vitro* de aislados de *Malassezia furfur* a partir de infecciones del torrente sanguíneo, junto con la efectividad y ventajas del uso de PCR en tiempo real con sondas específicas para la identificación de *Malassezia* spp. en muestras clínicas. Estos hallazgos resaltan la importancia de la tipificación molecular para una identificación confiable de especies y sugieren posibles diferencias en la susceptibilidad a los medicamentos entre *Malassezia* spp. (Honnaivar et al., 2018; Rathie et al., 2023; Rhimi et al., 2020) (Tabla 1).

## Discusión

Es imperativo reconocer que la aplicación de estos procedimientos conlleva a un impacto sustancial en la toma de decisiones clínicas a lo largo de distintos momentos en el ciclo vital de los pacientes. La detección precisa y temprana de *Malassezia* spp., mediante técnicas tanto de aislamiento convencional como moleculares, no solo puede ser fundamental para guiar el tratamiento, sino que también puede jugar un papel crucial en la gestión de una amplia gama de afecciones cutáneas, incluyendo la *Pitiriasis versicolor* (Wang et al., 2020; Zhang et al., 2023).

Debido a la naturaleza lipodependiente de las levaduras del género *Malassezia*, el uso de medios suplementados con lípidos puede estar justificado en ciertas muestras, especialmente

en caso de cultivos estériles en medios de rutina y si se han observado levaduras en la microscopía. Curiosamente, se ha demostrado que la sangre humana tiene un efecto tóxico sobre el crecimiento de la levadura y que la adición de 3 % de ácido palmítico en la botella de hemocultivo podría ser capaz de superar el efecto inhibitorio de volúmenes de sangre tanto pequeños (0.5 ml) como grandes (3 ml), favoreciendo así el crecimiento de *Malassezia* spp. (Iatta et al., 2015; Lee et al., 2019).

El agar Sabouraud, suplementado con aceite de oliva, se ha utilizado con frecuencia para este propósito, como se observó en varias de las publicaciones incluidas en esta revisión. Sin embargo, debido a que solo *M. furfur* y *M. pachydermatis* crecen fácilmente en este medio, otras especies como *M. sympodialis* pueden pasarse por alto. Además, el tiempo que tarda el cultivo de *Malassezia* spp. -5 días o más, dependiendo de la especie- dificulta el diagnóstico rápido (Honnaivar et al., 2018; Rathie et al., 2023; Rhimi et al., 2020).

En casos sospechosos de infección fúngica en pacientes de alto riesgo, la elección de viales micológicos especializados es fundamental para el posible aislamiento de *Malassezia* spp. Los viales de cultivo BACTEC™ Myco/F Lytic, con caldo infusión cerebro corazón, glicerol 0.10 % p/v y Tween 80 0.0025 % p/v, brindan un mejor soporte de crecimiento para *M. furfur* y *M. sympodialis* (Zhang et al., 2023).

Estas levaduras se han aislado, principalmente, mediante el cultivo directo de sangre o de punta de CVC en medios específicos y usando el sistema Isolator, ya que se ha demostrado que el sistema de hemocultivo automatizado BacT/Alert no es adecuado para detectar fungemia por *M. furfur*, debido probablemente al pequeño tamaño de la población fúngica en sangre -usualmente menos de 102 UFC/ml-, a la dilución de las levaduras en las botellas conteniendo al menos 20 ml de caldo tripticasa de soya como medio de cultivo y,

principalmente, a la ausencia de suplementación lipídica (Abdillah et al., 2021; Campigotto et al., 2016). Esto está confirmado por el hecho que *M. pachydermatis* es la única especie del género que no es estrictamente lipodependiente, crece en las botellas de sistemas automatizados, como se reportó en una de las publicaciones revisadas (Sparber et al., 2019).

Por lo tanto, la diferenciación de las células de *Malassezia spp.* se facilita en los frotis teñidos con Gram que se preparan directamente de los viales. Como consecuencia, esto guía al laboratorio para incluir agar mDixon modificado en subcultivos posteriores para promover el crecimiento de *Malassezia spp.*, lo cual concuerda con lo reportado en estudios incluidos en esta revisión (Pedrosa et al., 2018; Prohic et al., 2015); Saunte et al., 2020).

La aplicación de estos métodos no solo representa un avance en la metodología diagnóstica, sino que también tiene el potencial de transformar el abordaje clínico de las infecciones cutáneas causadas por *Malassezia spp.* Su incorporación sistemática en la práctica clínica diaria puede contribuir significativamente a una atención médica más precisa, efectiva y centrada en el paciente.

## Conclusiones

La minuciosa consideración de la lipodependencia de *Malassezia spp.* en el proceso de cultivo y diagnóstico, no es simplemente una sugerencia, sino una imperativa necesidad. La incorporación estratégica de medios enriquecidos con lípidos y la selección

meticulosa de viales especializados son los cimientos inquebrantables sobre los cuales se construye el éxito en el aislamiento efectivo y la identificación precisa de *Malassezia spp.* en muestras clínicas. La sinergia entre métodos de cultivo enriquecidos con ácidos grasos y la diferenciación celular a través de frotis teñidos con Gram constituye un enfoque insuperable en la detección de estas levaduras, destacando su particular relevancia en patologías como la *Pitiriasis versicolor* y otras condiciones dermatológicas.

La firme implementación de estas estrategias no solo amplifica la eficacia de los procedimientos diagnósticos, sino que también garantiza una respuesta clínica más exacta y oportuna frente a las infecciones causadas por *Malassezia spp.*, marcando así un avance significativo en la práctica médica contemporánea. Los estudios evaluados en este análisis sugieren una ruta prometedora hacia la optimización y validación de métodos moleculares como PCR-RFLP para la identificación rápida y precisa de *Malassezia spp.* directamente a partir de muestras clínicas. La investigación futura debe enfocarse en evaluar el rendimiento del agar FastFung y agar mDixon en el cultivo de cepas de *Malassezia spp.* en aislamiento de cultivo primario humano, además de emprender estudios comparativos de técnicas de muestreo de piel y *Malassezia spp.* con medios de aislamiento, con el objetivo de estandarizar un procedimiento de aislamiento simple y efectivo. Estos esfuerzos son cruciales para fortalecer nuestra capacidad de diagnóstico y tratamiento frente a las complejas infecciones cutáneas causadas por *Malassezia spp.*



## Referencias

1. Abdilllah, A., Khelaifia, S., Raoult, D., Bittar, F. and Ranque, S. (2020). Comparison of three skin sampling methods and two media for culturing *Malassezia* yeast. *Journal of Fungi*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/jof6040350>
2. Abdilllah, A. and Ranque, S. (2021). Chronic diseases associated with *Malassezia* yeast. *Journal of Fungi*, 7(10), 855. <https://doi.org/10.3390/jof7100855>
3. Al-Sweih, N., Ahmad, S., Joseph, L., Khan, S. and Khan, Z. (2014). *Malassezia pachydermatis* fungemia in a preterm neonate resistant to fluconazole and flucytosine. *Medical Mycology Case Reports*, 5, 9-11. <https://doi.org/10.1016/j.mmcr.2014.04.004>
4. Arendrup, M. C., Boekhout, T., Akova, M., Meis, J. F., Cornely, O. A. and Lortholary, O. (2014). ESCMID and ECMM joint clinical guidelines for the diagnosis and management of rare invasive yeast infections. *Clinical Microbiology and Infection*, 20(Spl 3), 76-98. <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12360>
5. Atsü, N., Ergin, Ç., Caf, N., Türkoğlu, Z., Döğen, A. and İlkit, M. (2022). Effectiveness of FastFung agar in the isolation of *Malassezia furfur* from skin samples. *Mycoses*, 65(7), 704-708. <https://doi.org/10.1111/myc.13450>
6. Campigotto, A., Richardson, S. E., Sebert, M., McElvania TeKippe, E., Chakravarty, A. and Doern, C. D. (2016). Low utility of paediatric isolator blood culture system for detection of fungemia in children: a 10-year review. *Journal of Clinical Microbiology*, 54(9). <https://doi.org/10.1128/JCM.00578-16>
7. Celis, A. M., Vos, A. M., Triana, S., Medina, C. A., Escobar, N., Restrepo, S., Wösten, H. A. B. and De Cock, H. (2017). Highly efficient transformation system for *Malassezia furfur* and *Malassezia pachydermatis* using *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation. *Journal of Microbiological Methods*, 134, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2017.01.001>
8. Chen, I. L., Chiu, N. C., Chi, H., Hsu, C. H., Chang, J. H., Huang, D. and Huang, F. Y. (2017). Changing of bloodstream infections in a medical center neonatal intensive care unit. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 50(4), 514-520. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2015.08.023>
9. Chen, I. T., Chen, C. C., Huang, H. C., Kuo and K. C. (2020). *Malassezia furfur* emergence and candidemia trends in a neonatal intensive care unit during 10 years. *Advances in Neonatal Care*, 20(1), E3-E8. <https://doi.org/10.1097/ANC.0000000000000640>
10. Didehdar, M., Sayed, A., Mehbod, A., Eslamirad, Z., Mosayebi, M., Hajihosseini, R., Ghorbanzade, B. and Khazaei, M. (2014). Identification of *Malassezia* species isolated from patients with pityriasis versicolor using PCR-RFLP method in Markazi province, Central Iran. *Iranian Journal of Public Health*, 43(5), 682-686.
11. Diongue, K., Kébé, O., Faye, M. D., Samb, D., Diallo, M. A., Ndiaye, M., Seck, M. C., Badiane, A. S., Ranque, S. y Ndiaye, D. (2018). MALDI-TOF MS identification of *Malassezia* species isolated from patients with pityriasis versicolor at the seafarers' medical service in Dakar, Senegal. *Journal the Mycologie Médicale*, 28(4), 590-593. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2018.09.007>
12. Eghtedarnejad, E., Khajeh, S., Zomorodian, K., Ghasemi, Z., Yazdanpanah, S. and Motamedi, M. (2023). Direct molecular analysis of *Malassezia* species from the clinical samples of patients with pityriasis versicolor. *Current Medical Mycology*, 9(1), 28-31. <https://doi.org/10.18502/CMM.2023.345029.1398>
13. Gholami, M., Mokhtari, F. and Mohammadi, R. (2020). Identification of *Malassezia* species using direct PCR-sequencing on clinical samples from patients with pityriasis versicolor and seborrheic dermatitis. *Current Medical Mycology*. <https://doi.org/10.18502/CMM.6.3.3984>
14. Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C. and McGuinness, L. A. (2022). PRISMA 2020: An R package and shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and open synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, 18(2), e1230. <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>

Beatriz Giraldo Ospina, Juan Camilo Galvis Marín, Ángela M. Gil Grajales, Daniela Echeverri Herrera, Luz A. Montoya Giraldo, Sandra Catalina Garzón Castaño

15. Hadrich, I., Khemakhem, N., Ilahi, A., Trabelsi, H., Sellami, H., Makni, F., Neji, S. and Ayadi, A. (2023). Genotypic Analysis of the population structure in *Malassezia globosa* and *Malassezia restricta*. *Journal of Fungi*, 9(2), 263. <https://doi.org/10.3390/jof9020263>
16. Hamdino, M., Saady, A. A., El-Shahed, L. H. and Taha, M. (2022). Identification of *Malassezia* species isolated from some *Malassezia* associated skin diseases. *Journal of Medical Mycology*, 32(4), 101301. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2022.101301>
17. Harada, K., Saito, M., Sugita, T. and Tsuboi, R. (2015). *Malassezia* species and their associated skin diseases. *The Journal of Dermatology*, 42(3), 250-257. <https://doi.org/10.1111/1346-8138.12700>
18. Hobi, S., Cafarchia, C., Romano, V. and Barrs, V. R. (2022). *Malassezia*: zoonotic implications, parallels and differences in colonization and disease in humans and animals. *Journal of Fungi*, 8(7), 708. <https://doi.org/10.3390/jof8070708>
- Prohic, A., Kuskunovic-Vlahovljak, S., Sadikovic, T. and Cavaljuga, S. (2015). The prevalence and species composition of *Malassezia* yeasts in patients with clinically suspected onychomycosis. *Medical Archives*, 69(2), 81-84. <https://doi.org/10.5455/medarh.2015.69.81-84>
19. Honnavar P., Dogra, S., Handa, S., Chakrabarti, A. and Rudramurthy, S. M. (2020). Molecular identification and quantification of *Malassezia* species isolated from Pityriasis Versicolor. *Indian Dermatology Online Journal*, 11(2), 167-170. [https://doi.org/10.4103/idoj.IDOJ\\_142\\_19](https://doi.org/10.4103/idoj.IDOJ_142_19)
20. Honnavar, P., Ghosh, A. K., Paul, S., Shankarnarayan, S. A., Singh, P., Dogra, S., Chakrabarti, A. and Rudramurth, S. M. (2018). Identification of *Malassezia* species by MALDI-TOF MS after expansion of database. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 92(2), 118-123. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2018.05.015>
21. Iatta, R., Battista, M., Miragliotta, G., Boekhout, T., Otranto, D. and Cafarchia, C. (2018). Blood culture procedures and diagnosis of *Malassezia furfur* bloodstream infections: strength and weakness. *Medical Mycology*, 56(7), 828-833. <https://doi.org/10.1093/mmy/myx122>
22. Iatta, R., Cafarchia, C., Cuna, T., Montagna, O., Laforgia, N., Gentile, O., Rizzo, A., Boekhout, T., Otranto, D. and Montagna, M. T. (2014). Bloodstream infections by *Malassezia* and *Candida* species in critical care patients. *Medical Mycology*, 52(3), 264-269. <https://doi.org/10.1093/mmy/myt004>
23. Iatta, R., Figueredo, L. A., Montagna, M. T., Otranto, D. and Cafarchia, C. (2014). In vitro antifungal susceptibility of *Malassezia furfur* from bloodstream infections. *Journal of Medical Microbiology*, 63(11), 1467-1473. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.078709-0>
24. Iatta, R., Immediato, D., Montagna, M. T., Otranto, D. and Cafarchia, C. (2015). In vitro activity of two amphotericin B formulations against *Malassezia furfur* strains recovered from patients with bloodstream infections. *Medical Mycology*, 53(3), 1-6. <https://doi.org/10.1093/mmy/myu089>
25. Ilahi, A., Hadrich, I., Neji, S., Trabelsi, H., Makni, F. and Ayadi, A. (2017). Real-time PCR identification of six *Malassezia* species. *Current Microbiology*, 74, 671-677. <https://doi.org/10.1007/s00284-017-1237-7>
26. Jagielski, T., Rup, E., Ziółkowska, A., Roeske, K., Macura, A. B. and Bielecki, J. (2014). Distribution of *Malassezia* species on the skin of patients with atopic dermatitis, psoriasis, and healthy volunteers assessed by conventional and molecular identification methods. *BMC Dermatology*, 14(3). <https://doi.org/10.1186/1471-5945-14-3>
27. Lee, J., Cho, Y. G., Kim, D. S., Choi, S. I. and Lee, H. S. (2019). First case of catheter-related *Malassezia pachydermatis* fungemia in an adult. *Annals of Laboratory Medicine*, 39(1), 99-101. <https://doi.org/10.3343/alm.2019.39.1.99>
28. Pedrosa, A. F., Lisboa, C. and Gonçalves Rodrigues A. (2018). *Malassezia* infections with systemic involvement: figures and facts. *The Journal of Dermatology*, 45(11), 1278-1282. <https://doi.org/10.1111/1346-8138.14653>
29. Prohic, A., Jovovic Sadikovic, T., Krupalija Fazlic, M. and Kuskunovic Vlahovljak S. (2015). *Malassezia* species in healthy skin and in dermatological conditions. *International Journal of Dermatology*, 55(5), 494-504. <https://doi.org/10.1111/ijd.13116>

30. Rathie, B., Theelen, B., Laurence, M. and Shapiro, R. S. (2023). Antimicrobial susceptibility testing for three *Malassezia* species. *Microbiology Spectrum*, 11. <https://doi.org/10.1128/spectrum.05076-22>
31. Rhimi, W., Theelen, B., Boekhout, T., Otranto, D. and Cafarchia, C. (2020). *Malassezia* spp. Yeasts of emerging concern in fungemia. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00370>
32. Saunte, D. M., Gaitanis, G. and Hay, R. J. (2020). *Malassezia*-associated skin diseases, the use of diagnostics and treatment. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00112>
33. Sosa, M. A., Rojas, F., Mangiaterra, M. and Giusiano, G. (2013). Prevalencia de especies de *Malassezia* asociadas a lesiones de *Dermatitis seborreica* en pacientes de Argentina. *Revista Iberoamericana de Micología*, 30(4), 239-242. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2013.02.002>
34. Sparber, F., De Gregorio, C., Steckholzer, S., Ferreira, F. M., Dolowschiak, T., Ruchti, F., Kirchner, F. R., Mertens, S., Prinz, I., Joller, N., Buch, T., Glatz, M., Sallusto, F. and LeibundGut-Landmann, S. (2019). The skin commensal yeast *Malassezia* triggers a type 17 response that coordinates anti-fungal immunity and exacerbates skin inflammation. *Cell Host and Microbe*, 25(3), P389-403.E6. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2019.02.002>
35. Sparber, F., Ruchti, F. and LeibundGut-Landmann, S. (2020). Host immunity to *Malassezia* in health and disease. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00198>
36. Teoh, Z., Mortensen, J. and Schaffzin, J. K. (2022). Invasive *Malassezia pachydermatis* infection in an 8-year-old child on lipid parenteral nutrition. *Case Reports in Infectious Diseases*, 1-4. <https://doi.org/10.1155/2022/8636582>
37. Tetsuka, N., Muramatsu, H., Iguchi, M., Oka, K., Morioka, H., Takahashi, Y. and Yagi, T. (2022). Difficulties in diagnosing *Malassezia furfur* bloodstream infection and possibility of spontaneous resolution in a patient undergoing chemotherapy for neuroblastoma: a case report. *Journal of Infection and Chemotherapy*, 28(7), 987-990. <https://doi.org/10.1016/j.jiac.2022.02.026>
38. Velegraki, A., Cafarchia, C., Gaitanis, G., Iatta, R. and Boekhout, T. (2015). *Malassezia* infections in humans and animals: pathophysiology, detection, and treatment. *PLoS Pathogens*, 11(1), e1004523. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1004523>
39. Wang, K., Cheng, L., Li, W., Jiang, H., Zhang, X., Liu, S., Huang, Y., Quiang, M., Dong, T., Li, Y., Wang, J., Feng, S. and Li, H. (2020). Susceptibilities of *Malassezia* strains from *Pityriasis versicolor*, *Malassezia folliculitis* and seborrheic dermatitis to antifungal drugs. *Heliyon*, 6(6), e04203. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04203>
40. Wu, G., Zhao, H., Li, C., Rajapakse, M. P., Wong, W. C., Xu, J., Saunders, C. W., Reeder, N. L., Reilman, R. A., Scheynius, A., Sun, S., Billmyre, B. R., Li, W., Averette, A. F., Mieczkowski, P., Heitman, J., Theelen, B., Schröder, M. S., Florez De Sessions, P., Dawson, T. L. (2015). Genus-wide comparative genomics of *Malassezia* delineates its phylogeny, physiology, and niche adaptation on human skin. *PLoS Genetics*, 11(11), e1005614. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1005614>
41. Zhang, X., Jin, F., Ni, F., Xu, Y., Lu, Y. y Xia, W. (2023). Clinical data analysis of 86 patients with invasive infections caused by *Malassezia furfur* from a tertiary medical center and 37 studies. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1079535>