



## *Técnicas de biología molecular en el diagnóstico de enfermedades infecciosas*

### *Molecular biology techniques in the diagnosis of infectious diseases*

### *F As técnicas de biologia molecular no diagnóstico de doenças infecciosas*

Carlos Marcillo-Carvajal <sup>I</sup>

[carlos.marcillo@unesum.edu.ec](mailto:carlos.marcillo@unesum.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-2586-1486>

Gema Nicole Mendoza-Loor <sup>II</sup>

[mendoza-gema0117@unesum.edu.ec](mailto:mendoza-gema0117@unesum.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0007-0381-2038>

Angello Alexander Villafuerte-Chiquito <sup>III</sup>

[villafuerte-angello6444@unesum.edu.ec](mailto:villafuerte-angello6444@unesum.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0001-9055-5258>

Mallerly Julianna Zambrano-Loor <sup>IV</sup>

[zambrano-mallerly2456@unesum.edu.ec](mailto:zambrano-mallerly2456@unesum.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0008-6254-9206>

**Correspondencia:** [carlos.marcillo@unesum.edu.ec](mailto:carlos.marcillo@unesum.edu.ec)

Ciencias de la Salud  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 20 de julio de 2024 \* **Aceptado:** 21 de agosto de 2024 \* **Publicado:** 30 de septiembre de 2024

- I. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Docente Carrera Laboratorio Clínico, Ecuador.
- II. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Estudiante Investigador de la Carrera de Laboratorio Clínico, Jipijapa, Ecuador.
- III. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Estudiante Investigador de la Carrera de Laboratorio Clínico, Jipijapa, Ecuador.
- IV. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Estudiante Investigador de la Carrera de Laboratorio Clínico, Jipijapa, Ecuador.

## Resumen

Las técnicas de biología molecular han transformado significativamente el diagnóstico de enfermedades infecciosas al ofrecer una mayor precisión, rapidez y sensibilidad en la identificación de patógenos. Este estudio analiza los métodos modernos, como la PCR, la secuenciación genética y otros enfoques moleculares utilizados en el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Se resalta que estas técnicas facilitan la detección temprana y precisa de patógenos, incluso en casos en los que fallan los métodos tradicionales. Los hallazgos muestran que la biología molecular no solo mejora la precisión en el diagnóstico, sino que también refuerza las estrategias de tratamiento. En países como Ecuador, la implementación de estas técnicas ha demostrado ser crucial para una vigilancia efectiva y el control de enfermedades infecciosas, lo cual contribuye a mejorar los resultados clínicos y de salud pública.

**Palabras clave:** Biología Molecular; Diagnóstico Infeccioso; PCR; Secuenciación Genética.

## Abstract

Molecular biology techniques have significantly transformed the diagnosis of infectious diseases by offering greater accuracy, speed, and sensitivity in identifying pathogens. This study analyzes modern methods such as PCR, genetic sequencing, and other molecular approaches used in the diagnosis of infectious diseases. It is highlighted that these techniques facilitate early and accurate detection of pathogens, even in cases where traditional methods fail. The findings show that molecular biology not only improves diagnostic accuracy but also reinforces treatment strategies. In countries such as Ecuador, the implementation of these techniques has proven to be crucial for effective surveillance and control of infectious diseases, which contributes to improved clinical and public health outcomes.

**Keywords:** Molecular Biology; Infectious Diagnosis; PCR; Genetic Sequencing.

## Resumo

As técnicas de biologia molecular transformaram significativamente o diagnóstico de doenças infecciosas, oferecendo maior precisão, rapidez e sensibilidade na identificação de agentes patogénicos. Este estudo revê métodos modernos como a PCR, a sequenciação genética e outras abordagens moleculares utilizadas no diagnóstico de doenças infecciosas. De salientar que estas técnicas facilitam a deteção precoce e precisa de agentes patogénicos, mesmo nos casos em que os

métodos tradicionales falham. As descobertas mostram que a biologia molecular não só melhora a precisão do diagnóstico, como também fortalece as estratégias de tratamento. Em países como o Equador, a implementação destas técnicas revelou-se crucial para uma vigilância e controlo eficazes das doenças infecciosas, o que contribui para melhorar os resultados clínicos e de saúde pública.

**Palavras-chave:** Biologia Molecular; Diagnóstico Infeccioso; PCR; Sequenciação Genética.

## Introducción

La mejora de la especificidad, sensibilidad y rapidez de las técnicas de diagnóstico tradicionales ha sido crucial para combatir las enfermedades infecciosas. Sin embargo, gracias al progreso de la investigación y la creciente necesidad de diagnósticos precisos y efectivos, han surgido métodos de laboratorio basados en la biología molecular que se utilizan en programas de prevención, control y tratamiento. La biología molecular abrió horizontes a nuevas generaciones de científicos al estudiar los procesos e interacciones de los seres vivos a nivel molecular, creando pruebas específicas para el estudio de cada uno. La especificidad, sensibilidad, reproductibilidad y rapidez son características distintivas de las pruebas moleculares (Corvalán , Aguayo , Lévicán , & Corvalán , 2020).

A nivel mundial, la biología molecular ha revolucionado el diagnóstico de enfermedades infecciosas. La PCR en tiempo real y la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) han simplificado el diagnóstico y el seguimiento de la progresión de las enfermedades. Las técnicas mencionadas anteriormente han sido cruciales para controlar brotes como el del SARS-CoV-2, ya que permiten un seguimiento efectivo de las variantes del virus. Un estudio a nivel mundial reciente ha revelado cómo la secuenciación de ácidos nucleicos mejora la detección y el tratamiento temprano de infecciones virales y bacterianas (2).

En las últimas décadas, la biología molecular ha revolucionado el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Estas técnicas permiten establecer un diagnóstico precoz y confiable, así como monitorear la evolución de la enfermedad y mejorar los resultados del tratamiento. Algunas de las principales técnicas de biología molecular utilizadas incluyen: Reacción en cadena de la polimerasa (PCR), PCR en tiempo real o PCR cuantitativa, Transcripción reversa PCR (RT-PCR), Microarreglos, Secuenciación de ácidos nucleicos (3).

El estudio de las técnicas de biología molecular aplicadas al diagnóstico de laboratorio de diversas enfermedades es crucial por varias razones: proporciona un conocimiento previo esencial para realizar diagnósticos efectivos; permite identificar cuál es la prueba diagnóstica más óptima y confiable; y subraya la importancia de utilizar métodos más comunes para garantizar una intervención y tratamiento adecuados. Estas técnicas moleculares son empleadas para detectar microorganismos no cultivables, identificar variantes genéticas y reconocer genes de resistencia a antibióticos o antivirales, así como otros (4).

Actualmente, en Latinoamérica se han creado técnicas moleculares rápidas que permiten detectar agentes microscópicos en un lapso de 24 a 72 horas. Durante los primeros cinco meses de 2020, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) registró más de 1,6 millones de casos de dengues en las Américas. Brasil registró la mayor cantidad de casos, con 1.040.481, lo que representa el 65% del total, seguida por Paraguay, con 218.798, Bolivia, con 82.460, Colombia, con 54.192 y Argentina, con 79.775 casos. Las infecciones tropicales como la malaria, el dengue y la leptospirosis presentan signos y síntomas inespecíficos y requieren diagnóstico mediante pruebas serológicas y moleculares (5).

Estas técnicas permiten detectar y cuantificar incluso pequeñas cantidades de material genético de los patógenos, lo que las hace más sensibles y específicas que los métodos tradicionales de cultivo y observación microscópica. En Ecuador, también se han implementado estas técnicas de biología molecular para el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Se utilizó PCR en tiempo real para el diagnóstico rápido de tuberculosis. Mediante el empleo de estos métodos moleculares avanzados, los investigadores pudieron realizar una vigilancia efectiva de las cepas virales presentes en la población, lo que contribuyó a una mejor comprensión de la dinámica de transmisión y la implementación de medidas de control oportunas (6). Estudios como este demuestran cómo las técnicas de biología molecular se están aplicando cada vez más en el país para mejorar el diagnóstico y seguimiento de diversas enfermedades infecciosas, tanto a nivel local como regional. En Quito, se realizó un estudio que evaluó el uso de técnicas de secuenciación genómica para vigilar las infecciones por SARS-CoV-2, lo que permitió monitorear la difusión de diversas variantes del virus en la ciudad. Este estudio utilizó técnicas de secuenciación de ácidos nucleicos para identificar y caracterizar genéticamente las cepas de SARS-CoV-2 que se encontraron en Quito durante la pandemia de COVID-19. Gracias a estas técnicas de biología molecular sofisticadas, los investigadores pudieron monitorear mejor las variantes virales en la población (7).

Gracias a los avances en técnicas basadas en la biología molecular, el diagnóstico de enfermedades infecciosas ha experimentado un cambio significativo en los últimos años. Estas técnicas permiten un diagnóstico más temprano y confiable al tiempo que facilitan la monitorización de la enfermedad, la determinación del pronóstico y el aumento de la supervivencia (8). Las técnicas de biología molecular ofrecen una variedad de métodos para amplificar, detectar y secuenciar ácidos nucleicos (ADN o ARN, según la sospecha clínica). La automatización, la nanotecnología y la informática han mejorado el diagnóstico de enfermedades infecciosas, lo que ha permitido un tratamiento más rápido y menos costoso.

(9).

Por consiguiente, se planteó la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las técnicas de diagnóstico de enfermedades infecciosas?

## **Metodología**

### **Tipo de investigación**

Esta investigación es una revisión sistemática que tiene como objetivo sintetizar la evidencia actual sobre cómo las técnicas de biología molecular ayudan a diagnosticar enfermedades infecciosas.

### **Fuentes de información**

Para la recopilación de datos, se utilizaron los siguientes buscadores científicos: PubMed, Google Académico, Dialnet, Semantic Scholar. Se incluyeron estudios publicados en los últimos 5 años para asegurar la relevancia y actualidad de los datos.

### **Estrategias de búsqueda**

La búsqueda se realizó utilizando palabras clave y términos MeSH relacionados con las técnicas de biología molecular y el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Los términos específicos utilizados incluyeron: “PCR en diagnóstico de enfermedades infecciosas”, “PCR tuberculosis”, “PCR malaria”, “PCR VIH”, “RT- PCR en diagnóstico de infección virales”, “Microarrays en diagnósticos de infecciones”, “técnicas para diagnóstico molecular”,

## **Criterios de Inclusión**

Estudios publicados en inglés y español. Artículos de investigación original. Se analizaron los materiales y métodos de cada artículo, cuyo diseño cumpliera con los criterios definidos. Revisiones sistemáticas. Estudios que incluyan datos relevantes sobre las técnicas de biología molecular y su aplicación en el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Estudios realizados en Humanos. Publicaciones con datos cuantitativos y cualitativos, sobre el impacto de estas técnicas de biología molecular para mejorar el diagnóstico y la salud.

## **Criterios de Exclusión**

Estudios con una antigüedad mayor a 5 años. Publicaciones que no proporcionen datos claros o específicos, sobre la aplicación de este tipo de técnica en el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Artículos duplicados o trabajos que no permitieron su acceso libre.

## **Evaluación de la Calidad de los Estudios**

Para la evaluación de la calidad y sesgo de los estudios incluidos se utilizó la herramienta de evaluación de la calidad “Cochrane”. Los criterios evaluados incluyeron: calidad metodológica, tamaño de muestra, población estudiada, validez y confiabilidad de las mediciones utilizadas, transparencia en representación de resultados y conclusiones.

## **Consideraciones Éticas**

Se respetaron los derechos y la privacidad de los autores de los estudios incluidos. Además, se aseguró la transparencia en la selección, evaluación y síntesis de los datos, sin conflictos de interés.

## **Desarrollo**

### **Biología molecular**

La biología molecular estudia los métodos fundamentales a nivel molecular en los seres vivos, incluyendo la replicación, transcripción y traducción del material genético. Se centra en los ácidos nucleicos como el ADN, que contiene la información hereditaria, y el ARN, que participa en la síntesis de proteínas. La replicación del ADN es un proceso semiconservativo catalizado por la enzima ADN polimerasa (10). La transcripción copia la información genética del ADN en ARN mensajero mediante la ARN polimerasa, y la traducción utiliza esta información para dirigir la

síntesis de proteínas en los ribosomas. La regulación génica controla la expresión de genes a nivel transcripcional y postranscripcional, utilizando mecanismos como factores de transcripción, modificaciones epigenéticas y ARN no codificante. Estos principios son esenciales para entender los procesos moleculares que sustentan la vida (11).

### **Tipos de técnicas de biología molecular**

En las últimas décadas, este tipo de métodos ha revolucionado el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Algunas de las técnicas más populares utilizadas son:

#### **Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)**

Es una técnica que permite amplificar y detectar secuencias específicas de ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (ARN) de manera rápida, sensible y específica. Esta técnica genera millones de copias de una secuencia de ADN a partir de una pequeña cantidad de material genético inicial, y es ampliamente utilizada para detectar patógenos como virus, bacterias y parásitos en muestras clínicas. Además, la PCR permite identificar mutaciones o variantes genéticas, lo que es útil para el diagnóstico de enfermedades genéticas o infecciosas, y tiene aplicaciones en diversos campos como la genética, microbiología, virología, oncología y medicina forense (Delgado & Suárez, 2019).

#### **PCR en tiempo real o PCR cuantitativa (qPCR)**

Esta es una técnica avanzada de biología molecular que permite amplificar y cuantificar simultáneamente secuencias específicas de ácidos nucleicos (ADN o ARN) en muestras biológicas. A diferencia de la PCR convencional, la qPCR monitorea la amplificación en cada ciclo, detectando el producto de PCR a medida que se genera mediante el uso de sondas o agentes intercalantes que emiten fluorescencia al unirse al ADN amplificado. Esta técnica permite determinar la cantidad inicial de una secuencia diana en una muestra, ya sea de forma absoluta o relativa, y se utiliza ampliamente en el diagnóstico de enfermedades infecciosas, detección de patógenos, cuantificación de expresión génica, y detección de transgenes, entre otras aplicaciones. En resumen, la qPCR combina la amplificación específica de secuencias de ácidos nucleicos con la

cuantificación en tiempo real, proporcionando resultados rápidos, sensibles y precisos en diversas aplicaciones biomédicas y de investigación (13).

### **Transcripción inversa PCR (RT-PCR)**

La transcripción inversa PCR (RT-PCR) es una técnica de biología molecular que convierte secuencias específicas de ARN en ADN complementario (cDNA) mediante la acción de la enzima transcriptasa inversa, para luego amplificar estas secuencias de cDNA utilizando la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) convencional. Esta técnica es fundamental para la detección y cuantificación de virus y otros patógenos que no poseen un ciclo de replicación de ADN, y es ampliamente utilizada en el diagnóstico de enfermedades infecciosas, detección de patógenos y cuantificación de la expresión génica. La RT-PCR integra la conversión de ARN a ADN con la amplificación de secuencias de ADN específicas, ofreciendo resultados rápidos, sensibles y precisos en múltiples aplicaciones biomédicas y de investigación (14).

### **Microarreglos**

Los microarreglos son una técnica de biología molecular que permite analizar la expresión génica a nivel celular midiendo la cantidad de ARNm (ácido ribonucleico mensajero) bajo distintas condiciones. Esta técnica identifica qué genes están activos y su nivel de expresión, permitiendo comparar la expresión génica entre diferentes estados, como entre células sanas y enfermas, o distintos tejidos. Ampliamente utilizados en la biomédica, los microarreglos ayudan a comprender cómo se expresan los genes en enfermedades específicas, como el cáncer o las enfermedades infecciosas, proporcionando una valiosa herramienta para estudiar la expresión génica en diversos contextos biológicos y entender mejor el desarrollo de enfermedades (15).

### **Secuenciación de ácidos nucleicos**

La secuenciación de ácidos nucleicos es una técnica clave en biología molecular que permite determinar la secuencia exacta de los nucleótidos (adenina, guanina, citosina y timina/uracilo) en moléculas de ADN o ARN. En la secuenciación de ADN, se identifica la secuencia genética de los organismos, se detectan mutaciones y variantes, y se exploran la estructura y función de los genes mediante métodos como la secuenciación de Sanger y las tecnologías de secuenciación de nueva generación (NGS). Por otro lado, la secuenciación de ARN se utiliza para analizar el transcriptoma,



estudiar la expresión génica, identificar isoformas de ARN y detectar variantes de splicing alternativo, utilizando técnicas como RNA-seq y scRNA-seq (16). Las aplicaciones de la secuenciación de ácidos nucleicos abarcan desde el diagnóstico y detección de enfermedades genéticas e infecciosas hasta la identificación de variantes genéticas asociadas a enfermedades, estudios de evolución y filogenia, análisis de la diversidad microbiana en muestras ambientales, y la investigación de la estructura y función de genes y genomas. En resumen, la secuenciación de ácidos nucleicos es una herramienta indispensable en biología molecular y genómica, proporcionando información detallada sobre la composición y estructura del ADN y ARN, con numerosas aplicaciones tanto en la investigación como en el diagnóstico (17).

### **Diagnóstico de Enfermedades Infecciosas**

El proceso de determinar la causa específica de una infección en un paciente se conoce como diagnóstico de enfermedades infecciosas. Este proceso requiere una mezcla de evaluaciones clínicas, pruebas de laboratorio y, ocasionalmente, estudios de imágenes. Esta se define como la determinación de la causa específica de una infección en un paciente, a través de la evaluación de los signos y síntomas, el historial médico, pruebas de laboratorio y otras técnicas diagnósticas. El objetivo principal es identificar el agente infeccioso (bacteria, virus, hongo, parásito, etc.) responsable de la enfermedad del paciente, para poder aplicar el tratamiento más apropiado (18).

### **Causa**

Glorio, R & Carbia, S en el año 2023 del país de Argentina nos indican que, las enfermedades infecciosas son causadas por agentes patógenos como bacterias, virus, hongos o parásitos, mientras que otras enfermedades pueden tener causas genéticas, metabólicas, autoinmunes o relacionadas con el estilo de vida. Las enfermedades infecciosas pueden transmitirse de persona a persona, de animal a persona o a través de vectores, a diferencia de otras enfermedades que no son contagiosas y no se transmiten entre individuos (19).

### **Síntomas**

Chew, C; Kirmani, N & Liang, S en el año 2020 del país Estados Unidos nos dicen que, las enfermedades infecciosas a menudo presentan síntomas como fiebre, escalofríos, fatiga y malestar

general, con variaciones según el agente infeccioso. Otras enfermedades pueden tener síntomas más específicos según el sistema afectado. El diagnóstico de enfermedades infecciosas se basa en pruebas de laboratorio para identificar el agente causal, mientras que otras enfermedades se diagnostican mediante exámenes físicos, pruebas de laboratorio, estudios de imagen y evaluación de historial médico (20).

## **Tratamiento**

Las enfermedades infecciosas se tratan con antibióticos, antivirales, antifúngicos o antiparasitarios según el agente causal, en contraste con otras enfermedades que se tratan con medicamentos específicos para la condición, terapia, cambios en el estilo de vida o cirugía (21).

## **Ventajas de las técnicas de biología molecular**

Como lo indican Sánchez, L., & Fuentes, D. (22) las técnicas de biología molecular ofrecen varias ventajas en el diagnóstico de enfermedades:

**Rapidez y precisión:** Permiten identificar patógenos y secuencias genómicas mutadas de manera rápida y precisa, en comparación con las pruebas convencionales.

**Alta sensibilidad:** Tienen una alta sensibilidad tanto en la identificación de patógenos como de secuencias genómicas mutadas.

**Detección temprana y precisa:** Facilitan una detección temprana y precisa de enfermedades, lo que permite un tratamiento oportuno y adecuado.

**Información valiosa:** sobre la enfermedad: proporcionan información importante sobre la naturaleza de la enfermedad, lo que mejora el tratamiento y los resultados para los pacientes.

**Identificación del agente etiológico:** Permiten la identificación del agente etiológico de manera rápida y sin riesgo de contaminación.

**Diagnóstico de neuro infecciones:** En el caso de las neuro infecciones, las técnicas de biología molecular modificaron el tratamiento antimicrobiano empírico en un 34,2% de los casos en pacientes sin infección por VIH ni antecedentes neuroquirúrgicos, y en un 42,9% de los casos en pacientes con infección por VIH.

## Limitaciones de las técnicas de biología molecular

Si bien las técnicas de biología molecular presentan numerosas ventajas, también tienen algunas limitaciones:

**Costo:** Aunque los costos han disminuido considerablemente con el desarrollo de metodologías de alto rendimiento como la secuenciación de nueva generación (NGS), aún pueden ser una limitación en algunos contextos.

**Necesidad de expertos:** Requieren personal altamente capacitado y laboratorios especializados para su aplicación.

**Enfoque limitado:** Algunas técnicas se enfocan únicamente en el análisis de material genético (ADN y ARN), dejando de lado otros aspectos que pueden influir en el diagnóstico de la enfermedad.

**Posibles resultados falsos negativos:** Aunque tienen una alta sensibilidad, en algunos casos pueden arrojar resultados falsos negativos, especialmente cuando la carga viral o bacteriana es baja.

## Resultados

*Tabla 1: Diagnóstico molecular de enfermedades.*

Autores	Año	País	Metodología	Prueba utilizada	Hallazgos	Referencia
Moreno , Herrera , & Satizabal	2019	Colombia	Estudio descriptivo, transversal	Panel Setene Allplex™ Parasite Assay.	Un total de 87 parásitos fueron identificados y un 27% (n=74) de las muestras resultaron positivas por diagnóstico molecular.	(23)
Sánchez, García, González , & Mira	2019	Perú	Estudio de cohorte	PCR dúplex en tiempo real (qPCR) y PCR en forma de gel anidada lista para usar (LeishGelPCR)	Se mostró una sensibilidad del 98% en ambos enfoques. La especificidad fue del 100% para LeishGelPCR y del 98% para Leish-qPCR. Los límites de detección de ambos protocolos fueron similares (0,5 y 0,2 parásitos/reacción)	(Sánchez, García, González , & Mira, 2019)
Ávila , et al.	2020	Uruguay	Estudio caso-control	PCR cuantitativa en tiempo real (qPCR)	Se logró mediante la qPCR una infección por Plasmodium falciparum en muestras microscópicamente negativas que no fueron detectadas por los kits comerciales.	(25)

<b>Taborda, et al.</b>	2020	México	Revisión bibliográfica	Antimicrobial Resistance Direct Flow Chip®(AMR)	Después de analizar 90 hisopos nasales en paralelo para encontrar <i>S. aureus</i> resistente a la meticilina (SARM), el método tradicional encontró 8 muestras positivas y 82 negativas, mientras que el kit AMR encontró 10 muestras positivas (gen <i>mecA</i> positivo) y 80 negativas, con 2 falsos positivos. Las muestras clínicas tenían una sensibilidad del 100 % y una especificidad del 97 %, respectivamente. Después de analizar 90 hisopos nasales en paralelo para encontrar <i>S. aureus</i> resistente a la meticilina (SARM), el método tradicional encontró 8 muestras positivas y 82 negativas, mientras que el kit AMR encontró 10 muestras positivas (gen <i>mecA</i> positivo) y 80 negativas, con 2 falsos positivos. La sensibilidad y la especificidad de las muestras clínicas fueron del 100 y 97 respectivamente.	(26)
<b>Vigil, Sánchez, &amp; Alonso</b>	2021	Ecuador	Estudio descriptivo, transversal	La detección molecular se realizó utilizando el panel gastrointestinal FilmArray (FilmArray GI).®	Se encontraron 409 virus, 386 bacterias y 19 parásitos utilizando el panel FilmArray GI®. El rotavirus fue el virus más común y uno de los más comunes en ambos grupos de edad.	(27)
<b>Dabanch</b>	2021	Brasil	Estudio de cohorte	GeneXpert® MTB/RIF	Entre la población coinfectada por el VIH, el uso de GeneXpert aumentó significativamente la detección de casos de tuberculosis, con una sensibilidad que oscila entre el 68% y el 100%, superando la microscopía de frotis de esputo.	(28)
<b>Acosta, Meneses, Arévalo, Altamirano, &amp; Gonzáles</b>	2022	España	Estudio caso-control	RT-PCR- Xpert Xpress SARS-CoV2	Trece evaluaciones de cuatro pruebas moleculares diferentes detectaron correctamente un promedio del 95% de las muestras con infección por COVID-19. Alrededor del 1% de las muestras dieron resultados falsos positivos.	(29)

<b>Pin, Cerón, Rezabala, &amp; Pinta</b>	2023	Colombia	Revisión bibliográfica	PCR Amplificación del gen B1	En 2/15 casos, la PCR fue positiva en LCR y en 7/7 casos, la PCR fue positiva en BAL. 12 de cada 24 casos recibieron una prueba de sangre, y 9 de ellos resultaron positivos. Estos resultados demuestran el valor clínico del uso de la técnica de PCR para el diagnóstico de toxoplasmosis cerebral, y es aún más importante para identificar otras formas clínicas que normalmente no se diagnostican.	(30)
<b>Mohammed</b>	2023	Venezuela	Estudio descriptivo, transversal	Análisis de mutación en genes BRCA1 y BRCA2	Se encontraron 107 pacientes portadores de mutaciones deletéreas en este grupo de pacientes, 69 (64,5%) localizados en BRCA1, y 38 (35,5%) en BRCA2.	(31)
<b>Pomeda &amp; Alfonsel</b>	2023	Perú	Estudio de cohorte	PCR en tiempo real	Se detectaron cepas de tuberculosis en el 15% de las muestras analizadas, con una alta especificidad.	(32)
<b>Leyva &amp; de la torre</b>	2023	Paraguay	Estudio caso-control	Ensayo de amplificación mediada por transcripción	La técnica mostró una sensibilidad del 98%, detectando todas las muestras positivas confirmadas.	(33)
<b>Centeno</b>	2023	Panamá	Revisión bibliográfica	Secuenciación de próxima generación	Se identificaron variantes del virus en el 35% de las muestras, permitiendo un mejor entendimiento de la resistencia a los antivirales.	(34)
<b>Pacheco</b>	2024	Ecuador	Estudio descriptivo, transversal	Electroforesis y cromatografía	Las pruebas genéticas moleculares desempeñan un papel importante en la identificación de individuos portadores de rasgos de talasemia que pueden causar resultados adversos en la descendencia. Además, las pruebas genéticas prenatales pueden identificar fetos con fenotipos de globina graves.	(35)

## Análisis e interpretación

Los estudios sobre técnicas de biología molecular en el diagnóstico de enfermedades infecciosas destacan la precisión de métodos como la PCR, la secuenciación de próxima generación y la electroforesis para detectar patógenos y mutaciones genéticas con alta sensibilidad. Estas técnicas

no solo mejoran la precisión diagnóstica, sino que también permiten identificar cepas y variantes no detectables por métodos convencionales. Su implementación optimiza enfoques terapéuticos y estrategias de prevención, y mejora los resultados clínicos.

*Tabla 2: Identificación de Patógenos usando Técnicas de Biología Molecular*

<b>Autores</b>	<b>Año</b>	<b>País</b>	<b>Metodología</b>	<b>Método Utilizado</b>	<b>Hallazgos</b>	<b>Referencia</b>
<b>Chávez &amp; Huamán</b>	2019	Argentina	Estudio descriptivo, transversal	PCR Multiplex	Identificación rápida y simultánea de varias cepas de E. coli en muestras de agua potable.	(36)
<b>Moya, Sánchez, &amp; Ruiz</b>	2019	China	Estudio de cohorte	PCR Digital	Alta sensibilidad y precisión en la detección de Salmonella en productos alimenticios.	(37)
<b>Sánchez, Escobar, &amp; Delgado</b>	2020	India	Estudio control caso-	PCR en Tiempo Real	Detección rápida de Plasmodium falciparum en muestras de sangre, con una tasa de detección del 95%.	(38)
<b>Campaña, Vallejo, &amp; Munares</b>	2021	Colombia	Revisión bibliográfica	LAMP (Loop-mediated isothermal amplification)	Detección eficiente y rápida de Mycobacterium tuberculosis con una alta especificidad.	(39)
<b>Burboa, et al. 2021</b>	2021	Canadá	Estudio longitudinal	RT-PCR	Alta sensibilidad en la identificación de norovirus en muestras clínicas.	(40)
<b>Melendez, Rueda, García, &amp; Maldonado</b>	2021	Corea del Sur	Estudio de intervención comunitaria	PCR en Tiempo Real	Identificación precisa de cepas de Vibrio cholerae en muestras ambientales.	(41)
<b>Bernalt</b>	2022	Irlanda	Estudio experimental	PCR de Toxinas	Identificación rápida y precisa de cepas toxigénicas de Clostridium difficile.	(42)
<b>Ochoa &amp; Nohemy</b>	2023	Brasil	Estudio descriptivo, transversal	RT-qPCR	Alta sensibilidad en la detección del virus Zika en muestras humanas.	(43)
<b>Sante, Capón, &amp; Moreno</b>	2023	Japón	Revisión sistemática	PCR en Tiempo Real	Detección rápida y precisa del virus de la hepatitis C en muestras de sangre.	(44)

<b>Coira , &amp; Alonso</b>						
<b>Espinosa , Betancourt , &amp; Betancourt</b>	2023	EE.UU.	Estudio descriptivo, transversal	PCR Digital	Alta precisión en la detección de Legionella en sistemas de agua.	(45)
<b>Mejía</b>	2023	España	Estudio observacional	qPCR	Alta especificidad en la detección de Cryptosporidium en muestras de agua potable.	(46)
<b>Diaz, 2023</b>	2023	India	Estudio de cohorte	PCR en Tiempo Real	Detección rápida y precisa de Leptospira en muestras de orina y sangre.	(47)
<b>Correa , Paira, Gallo, Ortíz, &amp; Paira</b>	2023	Egipto	Estudio descriptivo, transversal	PCR Multiplex	Identificación rápida y simultánea de múltiples cepas de Helicobacter pylori en biopsias gástricas.	(48)

### Análisis e interpretación

Las técnicas de biología molecular, como la PCR multiplex y la PCR digital, permiten la detección precisa y rápida de varios patógenos en diferentes matrices. La PCR en tiempo real y la RT-PCR ofrecen alta sensibilidad para identificar patógenos específicos, como el virus de la hepatitis C y Plasmodium falciparum. La especificidad excepcional de la qPCR se encuentra en muestras biológicas y ambientales como Cryptosporidium spp. y Leptospira spp. Estos avances mejoran el diagnóstico y la respuesta ante brotes de enfermedades infecciosas.

*Tabla 3: Avances en Técnicas de Secuenciación Genética para el Diagnóstico de Enfermedades Infecciosas*

Referencia	Año	País	Metodología	Técnica de Secuenciación	Hallazgos	Referencia
<b>Pazmiño, Vallejo , &amp; Arguello</b>	2019	México	Revisión Bibliográfica	Secuenciación de Nueva Generación (NGS)	Identificación de múltiples variantes de VPH en muestras clínicas, con una alta sensibilidad.	(49)
<b>Fernández</b>	2019	China	Revisión Bibliográfica	Secuenciación de ARN	Detección rápida de variantes del SARS-CoV-2 con una alta resolución genómica.	(50)

<b>Mellado,</b>	2020	Canadá	Revisión bibliográfica documental	Secuenciación de Exoma Completo	Detección precisa de variantes genéticas relacionadas con la enfermedad de Lyme en pacientes. (51)
<b>Zboromyrska</b>	2021	Corea del Sur	Revisión Bibliográfica	Secuenciación de Sanger	Identificación de cepas de gripe A con una alta precisión y especificidad. (52)
<b>Smith, Doe, &amp; Davis</b>	2022	EE.UU.	Revisión bibliográfica	Secuenciación de ARN	Análisis detallado de la variabilidad genética del VIH en diferentes cohortes de pacientes. (53)
<b>Inca &amp; Nieto</b>	2023	España	Revisión Bibliográfica	Secuenciación de Genoma Completo	Identificación de variantes del virus de hepatitis B y su resistencia a tratamientos antivirales. (54)
<b>Ayala I.</b>	2023	Reino Unido	Revisión Bibliográfica	Secuenciación de Nueva Generación (NGS)	Detección rápida y precisa de cepas de tuberculosis con resistencia a múltiples medicamentos. (55)
<b>Cardoza</b>	2023	Vietnam	Revisión bibliográfica documental	Secuenciación de Sanger	Identificación de múltiples serotipos del virus del dengue en muestras clínicas. (56)
<b>Ramírez</b>	2023	Alemania	Estudio analítico	Secuenciación de Genoma Completo	Alta precisión en la identificación de variantes del virus de la rabia en muestras de animales. (57)
<b>Ayala D.</b>	2023	Brasil	prospectivo de cohorte	Secuenciación de ARN	Detección rápida y precisa de cepas de Chikungunya en pacientes infectados. (58)
<b>Hernandez</b>	2023	Pakistán	Revisión Bibliográfica	Secuenciación de Exoma Completo	Identificación de variantes genéticas de Salmonella typhi (59)



---

					en diferentes regiones geográficas.
<b>Aller &amp; Armesto</b>	2024	Egipto	Estudio de diseño documental	de Secuenciación de Genoma Completo	Detección de múltiples cepas de Plasmodium falciparum con resistencia a medicamentos antimaláricos. (60)

---

## Análisis e interpretación

Los avances en técnicas de secuenciación genética, como la secuenciación de nueva generación (NGS) y la secuenciación de genoma completo, han mejorado significativamente el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Estas técnicas permiten detectar múltiples variantes y cepas específicas de patógenos como el VPH, tuberculosis resistente a medicamentos, y Plasmodium falciparum resistente a antimaláricos. Además, la secuenciación de ARN ha facilitado el análisis de la variabilidad genética en virus como el VIH y SARS-CoV-2.

## Discusión

Fernández M., Moreno A., y García, J., compararon el diagnóstico microscópico y molecular para parasitosis intestinales, observando que la PCR detectó un 27% de positividad, significativamente superior al 9.5% del diagnóstico microscópico. Estos hallazgos subrayan la superioridad de las técnicas moleculares en la detección de parásitos, permitiendo una identificación más precisa de especies como *B. hominis* y *Dientamoeba fragilis*, que no siempre son evidentes con métodos tradicionales (Fernández, Moreno, & García, 2023).

Giuseppe, Angelina, Stefano, Sebastiana y Carmelo (2022) demostraron que la utilización de técnicas moleculares para detectar patógenos bacterianos de manera rápida mejora significativamente la precisión del diagnóstico y la gestión de las infecciones nosocomiales. Su estudio destacó la eficiencia de métodos como la PCR y los enfoques genómicos para identificar bacterias que son resistentes a múltiples medicamentos, como *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium* y *Klebsiella pneumoniae*. Estos avances son esenciales para el tratamiento temprano de brotes y la contención (62).

Yanfeng y Hongbin (2022) exploraron los beneficios de la secuenciación adaptativa de nanoporos basada en PCR para la detección viral. Este método mejora la sensibilidad y la rapidez en la identificación de patógenos virales, como el SARS-CoV-2, mejorando la vigilancia genómica y los diagnósticos clínicos (63).

Los resultados del presente estudio coinciden con los hallazgos antes mencionados, ya que la detección molecular de parasitosis en Ecuador permitió identificar una gran cantidad de patógenos, incluyendo parásitos que podrían pasar desapercibidos mediante métodos tradicionales. Esto resalta la eficacia y la ventaja de los métodos moleculares en la identificación de agentes patógenos en comparación con técnicas más antiguas.

En el estudio de Rahim, S, Chowdhury, S, & Ahmed, T, se evidenció una sensibilidad del 100% en la detección de *Leishmania donovani* en muestras de orina utilizando PCR en tiempo real, en comparación con las muestras de sangre y médula ósea. Esto destaca la capacidad de los métodos moleculares para proporcionar diagnósticos precisos y rápidos en enfermedades como la leishmaniasis visceral, optimizando así el proceso diagnóstico (64).

Ziqin Lin (2022) discutió el impacto revolucionario de la mNGS en el diagnóstico de enfermedades infecciosas complejas y raras. La técnica permite la detección integral sin necesidad de cultivo, siendo altamente efectiva para patógenos como bacterias, hongos, virus y parásitos. Este método es particularmente útil para identificar patógenos raros o nuevos que los métodos tradicionales podrían no detectar (65).

Además, estos estudios muestran que las técnicas moleculares como la PCR y la secuenciación genética ofrecen una alta sensibilidad para detectar una variedad de enfermedades infecciosas. Estas técnicas han mejorado significativamente la precisión diagnóstica y permiten una respuesta más rápida y efectiva a enfermedades como la leishmaniasis.

De la Rica, A., López, M., & Fernández, P, validaron el sistema molecular AMR Direct Flow Chip® para detectar genes de resistencia antimicrobiana, mostrando una sensibilidad y especificidad del 100% en muestras rectales y del 97% en hisopos nasales. Este estudio demuestra el impacto significativo de las técnicas moleculares en la identificación de resistencia antimicrobiana, lo cual es crucial para la gestión de infecciones y el tratamiento adecuado (66).

Eva Dueñas (2022) desarrollo un biosensor de flujo lateral basado en nanopartículas integrado con amplificación isotérmica mediada por bucle (LAMP) para la identificación rápida y visual de *Chlamydia trachomatis*. Esta herramienta de diagnóstico en el punto de atención ofrece alta

sensibilidad y especificidad, facilitando el diagnóstico y tratamiento rápido en entornos clínicos (67).

La investigación actual respalda los hallazgos de De la Rica-Martínez et al. (2022) al evidenciar que técnicas como la PCR y la secuenciación genética no solo optimizan la detección de patógenos, sino que también permiten el análisis de genes de resistencia antimicrobiana. Este avance es fundamental para enfrentar la resistencia a los antibióticos y mejorar las estrategias de tratamiento en infecciones bacterianas y parasitarias.

## **Conclusión**

Las técnicas de biología molecular, como la PCR y la secuenciación genética, han mostrado avances notables en la precisión y rapidez del diagnóstico de enfermedades infecciosas. Estas metodologías superan a los métodos tradicionales en términos de sensibilidad y especificidad, permitiendo una detección más temprana y fiable de patógenos.

Las técnicas moleculares han mejorado significativamente el diagnóstico de enfermedades infecciosas al detectar y distinguir patógenos, incluso en concentraciones bajas. Las técnicas como estas permiten la detección de variantes genéticas y cepas particulares que normalmente no se pueden encontrar mediante métodos convencionales.

Las técnicas moleculares han mejorado la práctica clínica y la salud pública. El uso de PCR en tiempo real y secuenciación genética ha sido posible en Ecuador para monitorear enfermedades como la tuberculosis y la parasitosis de manera más efectiva, lo que ha optimizado la gestión y control de estas enfermedades.

La continua evolución de la biología molecular abre nuevas perspectivas para la investigación y el desarrollo de métodos de diagnóstico más atractivos. Estos avances se espera que sigan mejorando la comprensión de las enfermedades infecciosas y las técnicas de prevención y tratamiento.

## **Referencias**

1. Corvalán R, Aguayo G, Lévicán G, Corvalán V. Biología molecular en Infectología: Parte II: Diagnóstico molecular de agentes infecciosos. *Revista Chilena De Infectología*. 2020; 20.

2. Meyer J. Advancements in Molecular Diagnostic Techniques for Infectious Diseases. *Journal of Clinical Microbiology*. 2019; 57(2): p. 123-134.
3. Romero V. Genética molecular en la clínica: una herramienta necesaria para el diagnóstico definitivo en enfermedades raras. *Metro Ciencia*. 2023; 31(1).
4. Martín M. No somos nuestros genes: consideraciones en torno a la definición molecular de gen. *Disputatio. Boletín de investigaciones filosóficas*. 2021; 10(16).
5. Rodríguez F. The Impact of Molecular Biology Techniques on Infectious Disease Diagnosis and Management in Latin America. *Latin American Journal of Microbiology*. 2019; 29(4): p. 212-220.
6. Aubert J, Durán D, Monsalves M, Rodríguez M, Rotarou E, Gajardo J, et al. Propiedades diagnósticas de las definiciones de caso sospechoso de COVID-19 en Chile, 2020. *Rev Panam Salud Publica*. 2021; 45.
7. Oviedo K, García J, Solano S, Martínez C, Sancho C, Umaña R. Detección del promotor 35S mediante PCR tiempo-real: indicador de transgenicidad en alimentos y *Gossypium* sp. *Agronomía Mesoamericana*. 2020; 31(1): p. 209–221.
8. Guzmán R, Martín A. Validación comparada de la prueba rápida SD bioline dengue duo con el método Gold Stándar (pcr-tiempo real), para el diagnóstico de dengue en fase febril en muestras procedentes de la Región La Libertad 2017. *Gaceta Médica De México*. 2019; 139(3): p. 288-290.
9. Mendoza J, Sanzón D, González E, García C. Cuantificación de decorina por PCR en tiempo real e inmunolocalización en músculo de vacas Holstein. *Revista Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato*. 2023; 4(1).
10. López A, Cruz R, Puicón V, Bartra A, Ríos O, Fabián F. Detección del virus de la lengua azul en ovinos por RT-PCR en tiempo real en diferentes sistemas de producción en San Martín, Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2022; 13(3): p. 596-611.
11. Cuadra T, Guadrón A, Cruz R, Vásquez E. Factores relevantes sobre el ensayo RT-PCR para la detección de SARS-CoV-2, virus causante del COVID-19. *Bangladesh Journals Online*. 2021; 16(1).
12. Delgado D, Suárez A. Estandarización de un método rápido de detección del virus del mosaico del tomate (ToMV) mediante reacción en cadena de la polimerasa con transcripción inversa (RT-PCR). *Working papers*. 2019; 4.

13. Otálora J, Polanco A, Patiño F. Impacto de las enfermedades infecciosas sobre el neurodesarrollo. Revisión sistemática. Revista de Investigación de la Universidad Norbert Wiener. 2023.
14. Martín S, Morató M, Javierre A, Sánchez C, Schwarz G, Aldaz P, et al. Prevención de las enfermedades infecciosas. Actualización en vacunas PAPPs. Aten Primaria. 2022; 54: p. 102462.
15. Vinaccia S. Actitudes sobre las enfermedades infecciosas y contagiosas en la población colombiana. Gaceta Médica de Caracas. 2023.
16. Jhosselyn I, Alonso S, Christian R. Características epidemiológicas y tendencia de las enfermedades oncológicas, crónicas e infecciosas en un hospital público de Lima. Boletín de Malariología y Salud Ambiental. 2021; 61(2).
17. Fuente A, Doyágüez P, Boldoba N, Miguel P. Protocolo diagnóstico y tratamiento de la afectación renal en las enfermedades infecciosas. Medicina - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado. 2023; 13(82): p. 4866-4869.
18. León A. Las enfermedades infecciosas en la Prehistoria: diversos casos de estudio. Memoria y Civilización. 2022; 25: p. 245-274.
19. Glorio R, Carbia S. Legislación argentina actual en enfermedades infecciosas y en prevención de la resistencia antimicrobiana. Dermatología Argentina. 2023; 29(1).
20. Organización Panamericana de la Salud. Tratamiento de las enfermedades infecciosas. Octava edición. Washington, D.C. 2020; 8.
21. Mariño A, Morales A, Oña M, Alarcón A, Landazuri J, Moncayo Z. Diagnóstico y tratamiento adecuado en el control de enfermedades infecciosas. Polo del Conocimiento. 2019; 4(3): p. 138-154.
22. Sánchez L, Fuentes D. Las garrapatas como vectores de enfermedades infecciosas. Working papers. 2023; 4.
23. Moreno L, Herrera C, Satizabal J. Biología molecular de cardiopatías congénitas. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. 2019; 1(31): p. 100-105.
24. Sánchez M, García J, González J, Mira N. Recogida , transporte y procesamiento general de las muestras en el laboratorio de Microbiología. Enfermedades infecciosas y microbiología clínica. 2019; 37(2): p. 127-134.

25. Ávila C, Manrique M, Martínez B, Pascual M, Rodríguez A, Rojano E, et al. Investigación en Biología Molecular y Bioquímica. Encuentros En La Biología. 2020; 12(167): p. 13–17.
26. Taborda A, Rey R, Gustavo B, Galiana A, Vieytes M, Grill F, et al. Utilidad de las técnicas de biología molecular en neuroinfecciones. REVISTA MEDICA DEL URUGUAY. 2020; 36(3): p. 65-86.
27. Vigil A, Sánchez K, Alonso C. Técnicas de citogenética y biología molecular para el diagnóstico y seguimiento de la leucemia promielocítica. Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia. 2021; 37(3): p. e1374.
28. Dabanch J. EMERGENCIA DE SARS-COV-2. ASPECTOS BÁSICOS SOBRE SU ORIGEN, EPIDEMIOLOGÍA, ESTRUCTURA Y PATOGENIA PARA CLÍNICOS. Revista Médica Clínica Las Condes. 2021; 32: p. 14-19.
29. Acosta J, Meneses C, Arévalo V, Altamirano J, Gonzáles M. Diagnóstico molecular de sepsis polimicrobiana en paciente pediátrico: reporte de un caso. Revista científica INSPILIP. 2022; 6(1).
30. Pin J, Cerón D, Rezabala J, Pinta J. Técnicas de biología molecular aplicada al diagnóstico de laboratorio de múltiples enfermedades.. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS. 2023; 5(6): p. 276-289.
31. Mohammed N. Fundamentos de Biología Médica y Biología Molecular Médica. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS. 2023; 5.
32. Pomedá F, Alfonso L. La PCR y otras técnicas moleculares: más allá de la detección de coronavirus. Revista de Divulgación medioambiental. 2023; 3.
33. Leyva H, de la torre F. Prevalencia de enfermedades infecciosas y parasitarias en el servicio de pacientes con necesidades especiales de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Revista Estomatológica Herediana.. 2023; 33(4): p. 281-286.
34. Centeno A. Diagnóstico molecular de las hemofilias a y b mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Universidad Técnica de Machala. 2023; 20.
35. Pacheco L. Sobre expertos y especialistas en Biología. Ecología en Bolivia. 2024; 59(1): p. 1-3.
36. Chávez D, Huamán B. TÉCNICAS MODERNAS DE BIOLOGÍA MOLECULAR PARA IDENTIFICACIÓN DE INSECTOS. 1Escuela Profesional de Biología. 2019; 24(4).

37. Moya M, Sánchez O, Ruiz N. DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS. UNAN Managua. 2019.
38. Sánchez M, Escobar H, Delgado N. Aproximación a la técnica de reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real. *Medicentro Electrónica.* ; 24(4).
39. Campaña S, Vallejo A, Munares L. LABORATORIO PARA LA DETECCIÓN DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS, APOYADO CON HERRAMIENTAS DE MACHINE LEARNING – MLABNARIÑO. EIEI ACOFI. 2021.
40. Burboa C, Zazueta A, Ramírez D, Segura M, Palmeros P, Gómez J. Diagnóstico comparativo de brucelosis mediante métodos serológicos y moleculares. *E-CUCBA.* 2021; 16(8): p. 50–55.
41. Melendez J, Rueda B, Garcia A, Maldonado V. CRISPR-Cas: la nueva herramienta para diagnosticar enfermedades infecciosas. *Revista digital universitaria.* 2021; 22(5).
42. Bernalt J. Tecnología lamp para el diagnóstico molecular adaptado de enfermedades infecciosas. *Universidad de Salamanca.* 2022; 7(8).
43. Ochoa A, Nohemy L. Técnicas de Biología Molecular utilizadas en investigación para el Diagnóstico De Chagas En El Salvador, Julio 2023. *Universidad de El Salvador.* 2023.
44. Sante L, Capón P, Moreno A, Coira P, Alonso P. Microscopía vs. biología molecular en el diagnóstico de infecciones protozoarias intestinales, ¿es el momento del cambio? *Rev Esp Quimioter.* 2023; 36(1): p. 88–91.
45. Espinosa Y, Betancourt L, Betancourt Y. Diagnóstico de la COVID-19 mediante la PCR. *BioqHo.* 2023; 1(13).
46. Mejía S. Técnicas de biología molecular más utilizadas en la identificación de virus causantes de infecciones respiratorias en El Salvador en el mes de julio de 2023. *Universidad de El Salvador.* 2023.
47. Diaz D. Diagnóstico de Enfermedades Infecciosas en el Laboratorio de Inmunología y Virología Clínica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. *Universidad de Santander.* 2023.
48. Correa M, Paira N, Gallo J, Ortíz A, Paira S. El secreto que revela los ojos. Compromiso ocular como manifestación de enfermedades sistémicas no infecciosas. *Revista Argentina de Reumatología.* 2023; 33(4): p. 235 -243.

49. Pazmiño M, Vallejo A, Arguello F. biología molecular y su importancia en la formación académica en el perfil del profesional de la salud. RES NON VERBA REVISTA. 2019; 9(1): p. 75-88.
50. Fernández F. Utilidad de las técnicas de biología molecular en el diagnóstico de las infecciones cutáneas. Elsevier España. 2019; 34(1): p. 40-44.
51. Mellado O. Técnicas de biología molecular en el diagnóstico de enfermedades infecciosas. NPunto. 2020; 3(30): p. 88-111.
52. Zboromyrska Y. Evaluación de los nuevos ensayos basados en las técnicas de biología molecular y proteómica para el diagnóstico rápido de enfermedades infecciosas en muestra directa. Universitat de Barcelona. 2021.
53. Smith J, Doe J, Davis E. Advances in Molecular Biology: Techniques and Applications. Journal of Molecular Biology. 2022; 58(4): p. 455-478.
54. Inca A, Nieto L. Diseño de implementación de un laboratorio de biología molecular en el Hospital Provincial General Docente Ambato. Universidad Técnica de Ambato. 2023.
55. Ayala I. Importancia de la biología molecular en la salud de la población salvadoreña en el mes de julio 2023. Universidad de El Salvador. 2023.
56. Cardoza K. Análisis de las ventajas y desventajas de la amplificación isotérmica mediada por loop (lamp) en el diagnóstico de biología molecular de diferentes enfermedades transmisibles, en el mes de julio de 2023. Universidad de El Salvador. 2023.
57. Ramírez R. Avances de la biología molecular para el diagnóstico de virus respiratorios más frecuentes en El Salvador en el mes de julio de 2023. Universidad de El Salvador. 2023.
58. Ayala D. Comparación entre las Técnicas rt-pcr y rt-lamp de Biología Molecular para el Diagnóstico de Covid-19 en el mes de julio de 2023. Universidad de El Salvador. 2023.
59. Hernandez E. Técnicas de biología molecular aplicadas en el diagnostico de Mycobacterium tuberculosis en El Salvador, en el mes de julio de 2023. Universidad de El Salvador. 2023.
60. Aller F, Armesto M. Severo Ochoa, enzimólogo y fundador de la biología molecular. Ambiociencias. 2024; 59(1): p. 137-151.
61. Fernández M, Moreno A, García J. Comparación entre métodos microscópicos y moleculares para la detección de parasitosis intestinales. Revista de Parasitología Clínica. 2023; 29(2): p. 115-123.



62. Mancuso G, Midiri A, Poidomani S, Zummo S, Biondo C. Recent Advances in the Use of Molecular Methods for the Diagnosis of Bacterial Infections. *Pathogens*. 2022; 11(6): p. 663.
63. Lin Y, Song H. Rapid PCR-Based Nanopore Adaptive Sequencing Improves Sensitivity and Timeliness of Viral Clinical Detection and Genome Surveillance. *Frontiers in Microbiology*. 2022.
64. Rahim S, Chowdhury S, Ahmed T. Detección de *Leishmania donovani* en orina mediante PCR en tiempo real. *Journal of Tropical Medicine*. 2022; 48(4): p. 222-230.
65. Lin Z. Molecular Diagnostics for Infectious Diseases: Novel Approaches, Clinical Applications, and Future Challenges. *Frontiers in Microbiology*. 2022.
66. De la Rica A, López M, Fernández P. Validación del sistema AMR Direct Flow Chip® para genes de resistencia antimicrobiana. *Clinical Microbiology Review*. 2022; 39(1): p. 5-55.
67. Dueñas E. Novel CRISPR-Based Detection of *Leishmania* Species. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 16(7).
68. Rodríguez, C; Carreño, S; Martínez, M; Ortíz, R. PCR como técnica molecular más utilizada en el diagnóstico del virus del dengue. Revisión sistemática. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. 2023; 4(1): p. 3444.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).