

## Utilidad de GeneXpert MTB/RIF en el diagnóstico de tuberculosis frente a la baciloscopia

**Chanataxi-Lugmania**

**Jessica**

<https://orcid.org/0009-0002-9195-9673>  
Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Médicas, Carrera de Laboratorio Clínico, Quito, Ecuador

**Asimbaya-Alvarado Danny**

<https://orcid.org/0000-0001-5936-9273>  
Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Médicas, Carrera de Laboratorio Clínico, Quito, Ecuador

**Correspondencia:**

Danny Asimbaya  
dxasimbaya@uce.edu.ec

Recibido: 18 de marzo 2024

Aceptado: 28 de marzo 2024

**Resumen:**

**Introducción:** La implementación de un método diagnóstico adecuado y eficiente es crucial para la detección temprana de la tuberculosis. Esto no solo permite un control efectivo de la enfermedad para evitar su transmisión y progresión hacia estadios más graves, además previene el desarrollo de resistencia a los fármacos en los pacientes.

**Objetivo:** Evaluar la utilidad de la prueba molecular GeneXpert MTB/RIF en el diagnóstico de Mycobacterium tuberculosis complex, en comparación con la baciloscopia, utilizando el cultivo como referencia.

**Material y Métodos:** Se realizó un estudio descriptivo, observacional y no experimental de corte transversal, se incluyeron 253 muestras de pacientes de ambos sexos y de variados rangos de edad, que fueron evaluadas mediante baciloscopia, GeneXpert MTB/RIF y cultivo. El estudio se centró en muestras procesadas en un Hospital público de la ciudad de Quito durante el período de enero de 2021 a mayo de 2022.

**Resultados:** La prueba molecular GeneXpert MTB/RIF mostró una sensibilidad del 94,7% y una especificidad del 93,9% para el diagnóstico de Mycobacterium tuberculosis complex. Además, se identificó un caso de resistencia a la rifampicina.

**Conclusión:** Este estudio confirma la eficacia de la prueba molecular GeneXpert MTB/RIF sobre la baciloscopia para el diagnóstico oportuno de Mycobacterium tuberculosis complex. Sin embargo, es esencial considerar las diversas condiciones de las muestras y pacientes para optimizar la precisión diagnóstica.

**Palabras clave:** tuberculosis; mycobacterium tuberculosis; tuberculosis resistente a múltiples medicamentos; biología molecular; técnicas de diagnóstico molecular.

## Utility of GeneXpert MTB/RIF in the Diagnosis of Tuberculosis Compared to Sputum Smear Microscopy

**Abstract**

**Introduction:** Implementing an appropriate and efficient diagnostic method is crucial for the early detection of tuberculosis. This not only allows for effective control of the disease to prevent its transmission and progression to more severe stages but also prevents the development of drug resistance in patients.

**Objective:** To evaluate the utility of the GeneXpert MTB/RIF molecular test in diagnosing Mycobacterium tuberculosis complex, compared to sputum smear microscopy, using culture as the reference.

**Material and Methods:** A descriptive, observational, and non-experimental cross-sectional study was conducted, including 253 samples from patients of both sexes and various age ranges, which were assessed using sputum smear microscopy, GeneXpert MTB/RIF, and culture. The study focused on samples processed at a Quito's Public Hospital during the period from January 2021 to May 2022.

**Results:** The GeneXpert MTB/RIF molecular test showed a sensitivity of 94.7% and a specificity of 93.9% for the diagnosis of Mycobacterium tuberculosis complex. Additionally, a case of resistance to rifampicin was identified.

**Conclusion:** This study confirms the effectiveness of the GeneXpert MTB/RIF molecular test over sputum smear microscopy for the timely diagnosis of tuberculosis. However, it is essential to consider the diverse conditions of the samples and patients to optimize diagnostic accuracy.

**Keywords:** tuberculosis; mycobacterium tuberculosis; multidrug-resistant tuberculosis; molecular biology; molecular diagnostic techniques.

**Cómo citar este artículo:** Chanataxi-Lugmania J, Asimbaya-Alvarado D. Utilidad de GeneXpert MTB/RIF en el diagnóstico de tuberculosis frente a la baciloscopia. Rev Fac Cien Med [Internet]. 2024 [citado]; 49(2):19-26. Disponible en: DOI: 10.29166/rfcmq.v49i2.6638



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons de tipo Reconocimiento - No Comercial - Sin obras derivadas 4.0 International License

## Introducción

La tuberculosis (TB), una enfermedad infecciosa, reconocida por su capacidad de ser prevenida y tratada, perdura aún como un reto significativo de salud pública a nivel mundial. Esta situación es corroborada por el informe más reciente de la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>1</sup>, que resalta la persistencia de la enfermedad como una grave amenaza sanitaria. A pesar de intensos esfuerzos desplegados durante los últimos años, agravados por los impactos negativos de la pandemia de la COVID-19 en las estrategias de diagnóstico, el año 2022 marcó un punto de inflexión con el diagnóstico de aproximadamente 10,6 millones de individuos con TB y 1,3 millones de muertes atribuibles a esta causa. Estas alarmantes cifras reafirman la posición de la TB como la segunda causa de muerte por agentes infecciosos a escala global, únicamente superada por la COVID-19. En el contexto de América Latina, la lucha contra la TB aún enfrenta obstáculos significativos, con reportes que indican 239987 casos y cerca de 35000 muertes en 2022<sup>1,2</sup>. De manera particular, Ecuador reveló un incremento en la tasa de incidencia de casos de TB por cada 100000 habitantes, de 33.6 en 2021 a 38.2 en 2022<sup>3</sup>.

La elección de una metodología diagnóstica óptima es fundamental para garantizar la identificación temprana de la enfermedad, establecer un régimen de tratamiento efectivo y mitigar su transmisión. Históricamente, la baciloscopia se ha destacado como el método convencional predominante, valorado por su simplicidad, rapidez y coste económico. Sin embargo, esta técnica demanda una considerable habilidad microscópica y, en comparación con el cultivo bacteriano -considerado el estándar de oro, muestra una sensibilidad reducida. El tiempo de obtención de resultados de cultivo, que puede extenderse de 30 y 60 días, ha incentivado el desarrollo y adopción de técnicas moleculares avanzadas para el diagnóstico de TB. Entre estas, el ensayo GeneXpert MTB/RIF emerge como una solución innovadora, permitiendo la detección eficaz de *Mycobacterium tuberculosis complex* y la identificación de la resistencia a la Rifampicina en un lapso aproximado de dos horas. No obstante, la evaluación de su rendimiento operativo, en términos de sensibilidad y especificidad, es esencial para validar su eficacia diagnóstica, tal como lo demuestran

investigaciones precedentes que reportan una sensibilidad y especificidad destacadas<sup>4,5</sup>.

Es importante destacar que la baciloscopia requiere la presencia de al menos 5000 a 10000 bacilos por mililitro de esputo para un resultado positivo fiable, lo que puede limitar su utilidad en casos de baja carga bacteriana. Por otro lado, el cultivo puede identificar la enfermedad con tan solo 10 a 100 bacilos por mililitro de muestra, ofreciendo una mayor sensibilidad, pero con el inconveniente de un tiempo de respuesta más largo, que puede variar de 2 a 6 semanas<sup>6</sup>.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la utilidad de la prueba molecular GeneXpert MTB/RIF en el diagnóstico de *Mycobacterium tuberculosis complex*, en comparación con la baciloscopia, utilizando el cultivo como referencia.

## Material y Métodos

Esta investigación fue de diseño descriptivo, observacional y de corte transversal, sin intervención experimental. La investigación abarcó la totalidad de los resultados obtenidos de muestras pulmonares y extrapulmonares que habían sido evaluadas mediante las pruebas de baciloscopia, GeneXpert MTB/RIF y cultivo. Dado este enfoque, no se calculó un tamaño de muestra específico, ya que se incluyeron todas las muestras que cumplían con los criterios de inclusión establecidos. En total, se analizaron 253 registros, correspondientes a pacientes de ambos géneros, distribuidos en un 72,7% de hombres (n=184) y un 27,3% de mujeres (n=69), cubriendo diversos rangos de edad y sometidos a las tres pruebas diagnósticas mencionadas.

Las variables de estudio incluyeron el tipo de muestra, características macroscópicas, resultados de las pruebas de baciloscopia, cultivo y GeneXpert MTB/RIF, así como la presencia de resistencia a los medicamentos en las muestras analizadas. Para el manejo y análisis de los datos, se utilizó una matriz estadística elaborada en Microsoft Office Excel con información anonimizada de los pacientes, la cual posteriormente se transfirió a IBM SPSS Statistics versión 25 para el análisis estadístico. Las variables cuantitativas se presentaron mediante promedios y desviaciones

estándar, mientras que las cualitativas se expresaron en frecuencias y porcentajes.

Para evaluar la relación entre dos variables, en este caso, la efectividad del ensayo GeneXpert MTB/RIF con el cultivo como referencia, se emplearon tablas de contingencia 2x2. Esto permitió determinar la validez del test GeneXpert MTB/RIF y su comparación con la baciloscoopia, a través de la sensibilidad y especificidad, términos que indican la probabilidad de obtener un resultado acertado (positivo o negativo) en función de la verdadera condición de salud del paciente respecto a la enfermedad. Adicionalmente, se calcularon los valores predictivos para complementar la evaluación clínica de las pruebas diagnósticas.

Cabe destacar que este estudio se ejecutó tras recibir la aprobación del Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos, lo cual permitió

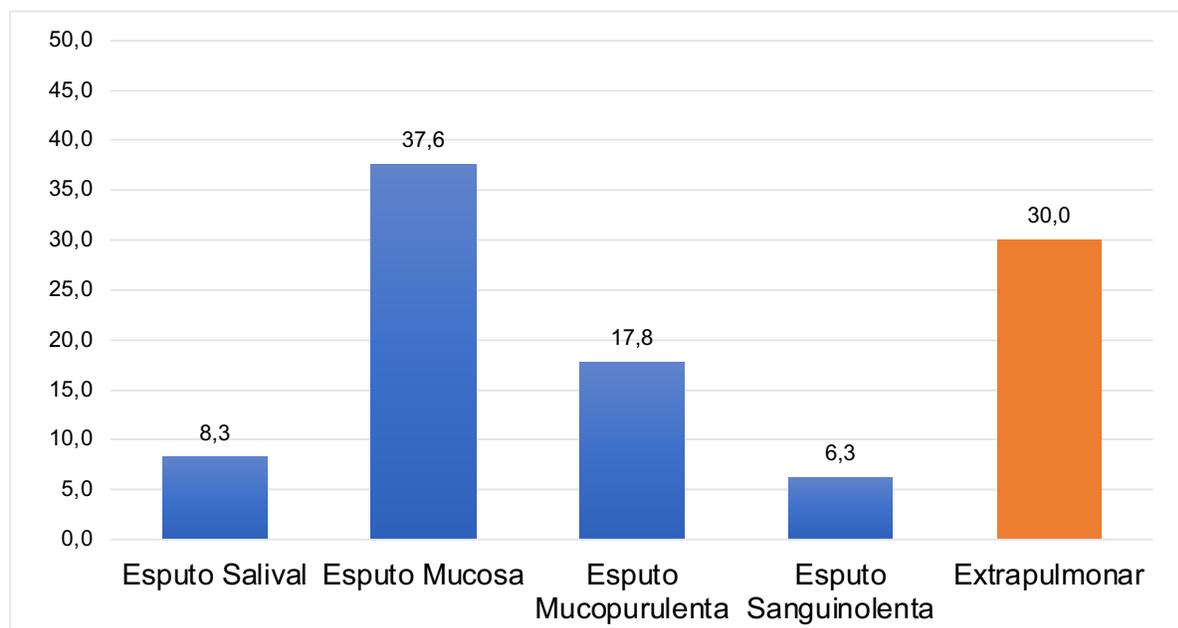
al Hospital otorgar el acceso a los resultados de las pruebas realizadas entre enero de 2021 y mayo de 2022.

## Resultados

En el presente estudio se analizaron un total de 253 muestras, de las cuales el 72,7% (n=184) correspondieron a hombres y el 27,3% (n=69) a mujeres, distribuidas a lo largo de diversos rangos etarios, desde los 10 hasta más de 65 años. Sin embargo, el grupo etario con mayor representación fue el de adultos de 20 a 64 años, que igualmente comprendió el 72,7% (n=184) del total de las muestras analizadas.. Estos resultados subrayan una mayor incidencia de la tuberculosis en el grupo de adultos, lo cual coincide con patrones observados en estudios previos que sugieren una mayor vulnerabilidad o exposición de estos grupos demográficos a factores de riesgo asociados a la enfermedad. Se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1.** Edad de la población en estudio

Variable		Frecuencia	Porcentaje
Adolescentes	10-19 años	8	3,2
Adultos	20-64 años	184	72,7
Adultos mayores	>65 años	61	24,1
Total		253	100,0



**Figura 1:** Distribución de la apariencia macroscópica de las muestras pulmonares

Con respecto al tipo de muestra analizada en este estudio, se encontró que un 30,0% (n=76) correspondió a muestras extrapulmonares, incluyendo líquidos corporales, biopsias, abscesos y ganglios linfáticos. Por otro lado, un 70% (n=177) de las muestras fueron de origen pulmonar, tales como aspirados, lavados bronco-alveolares y esputos, reflejando una predominancia de las muestras pulmonares en el estudio, lo cual es congruente con la naturaleza primariamente pulmonar de la tuberculosis.

Dentro del análisis de la apariencia macroscópica de las muestras pulmonares, las muestras con apariencia mucosa representaron el mayor porcentaje, constituyendo el 37,6% (n=95) del total, como se observa en la figura 1.

Este resultado es significativo, ya que la caracterización de las muestras por su apariencia macroscópica puede ofrecer indicios preliminares sobre la naturaleza de la infección y potencialmente orientar las decisiones diagnósticas y terapéuticas. La distribución de los tipos de muestras y sus características macroscópicas subrayan la diversidad de manifestaciones clínicas de la tuberculosis, así como la importancia de utilizar un enfoque integral en el diagnóstico de esta enfermedad, que incluya tanto muestras pulmonares como extrapulmonares. Este enfoque permite no solo confirmar casos de tuberculosis pulmonar, sino también identificar formas extrapulmonares de la enfermedad, que pueden requerir estrate-

gias diagnósticas y de tratamiento diferenciadas.

Las características macroscópicas de las muestras analizadas son cruciales para anticipar los resultados de las diversas pruebas, especialmente en el caso de GeneXpert MTB/RIF. Este ensayo, que se enfoca en el análisis del material genético de *Mycobacterium tuberculosis*, puede verse afectado en su sensibilidad y especificidad por la presencia de sangre y otros factores en la muestra. Esto subraya la importancia de una evaluación detallada de las muestras antes de proceder con el análisis molecular.

Los resultados obtenidos de las pruebas de baciloscopia, GeneXpert MTB/RIF y cultivo, se detalla la cantidad de resultados positivos y negativos identificados por cada método como se detalla en la tabla 2.

Esta distribución de resultados proporciona una base sólida para evaluar la eficacia de GeneXpert MTB/RIF en comparación con la baciloscopia y el cultivo. Específicamente, la comparación del GeneXpert MTB/RIF con el cultivo, este último considerado como el estándar de oro, permite evaluar de manera precisa el desempeño de la prueba molecular.

El análisis de la sensibilidad, especificidad y los valores predictivos del GeneXpert MTB/RIF, utilizando las fórmulas adecuadas, los resultados son presentados en la tabla 3.

**Tabla 2.** Resultados de las pruebas en estudio

Prueba	Positivo	Negativo	Total
Baciloscopia	33	220	253
GeneXpert MTB/RIF	49	204	253
<i>Cultivo</i>	38	215	253

**Tabla 3.** Resultado de GeneXpert MTB/RIF en comparación con el cultivo

	Cultivo Positivo	Cultivo Negativo	Total
GeneXpert MTB/ RIF Positivo	36 (VP)	13 (FP)	49
GeneXpert Negativo	2 (FN)	202 (VN)	204
<i>Total</i>	38	215	253

Se lograron obtener altos niveles de especificidad (93,5%) y sensibilidad (94,7%), así como un valor predictivo positivo de 73,4% y un valor predictivo negativo de 99,0%. Estos indicadores de desempeño destacan la utilidad del GeneXpert MTB/RIF como una herramienta diagnóstica eficaz para la detección de *Mycobacterium tuberculosis complex*, proporcionando evidencia sólida de su capacidad para identificar de manera confiable tanto casos positivos como negativos, y subrayando su valor en el diagnóstico rápido y preciso de la enfermedad.

En relación a los indicadores de desempeño de la baciloscopia comparada con el cultivo, que sirve como referencia estándar en el diagnóstico de la tuberculosis. Los resultados demostraron una sensibilidad del 84,2% y una especificidad del 99,5% para la baciloscopia, con valores predictivos positivo y negativo de 96,9% y 97,7%, respectivamente. (Tabla 4)

Estos hallazgos son esenciales para validar la baciloscopia como una herramienta diagnóstica eficiente y para comprender su relación y comparabilidad con los resultados obtenidos a través del ensayo molecular GeneXpert MTB/RIF.

El hallazgo de un caso de resistencia a la rifampicina, que representó el 0,3% (n=1) del total de muestras analizadas, destaca la importancia crítica de la detección de resistencias a los medicamentos. La identificación temprana de cepas resistentes es fundamental para el manejo adecuado del paciente afectado y para prevenir la transmisión de cepas resistentes dentro de la comunidad. Este hallazgo subraya la utilidad de GeneXpert MTB/RIF no solo en el diagnóstico de *Mycobacterium tuberculosis complex* sino también en la identificación de resistencia a la rifampicina, lo que contribuye significativamente a las estrategias de control y vigilancia de la enfermedad.

Estos resultados evidencian el papel crucial de las pruebas diagnósticas convencionales y moleculares en la detección eficaz de la tuberculosis, así como en la identificación de resistencia a los tratamientos. La complementariedad entre la baciloscopia y el ensayo GeneXpert MTB/RIF enriquece las herramientas disponibles para los profesionales de la salud, permitiendo una aproximación diagnóstica más completa y efectiva en la lucha contra la tuberculosis.

**Tabla 4.** Relación del resultado de la baciloscopia en comparación con el cultivo.

	Cultivo Positivo	Cultivo Negativo	Total
Baciloscopia Positiva	32	1	33
Baciloscopia Negativa	6	214	220
Total	38	215	253

## Discusión

El presente estudio subraya la relevancia del ensayo GeneXpert MTB/RIF como herramienta diagnóstica en la detección de *Mycobacterium tuberculosis complex*, evidenciando una sensibilidad del 94,7%. Este resultado se alinea estrechamente con investigaciones previas, tales como la realizada por Lacayo et al., que reportó una sensibilidad del 98% en un análisis de 320 pacientes, utilizando muestras obtenidas mediante fibrobroncoscopia de origen pulmonar<sup>7</sup>. De manera similar, el estudio de Ortiz et al. con 1592 muestras, reveló una sensibilidad del 99,8% en comparación con la baciloscopia<sup>8</sup>, y Amaya et al. reportaron una sensibilidad del 80% en un estudio de 1.670 muestras<sup>9</sup>. Estas

variaciones pueden atribuirse a las diferencias en la composición demográfica de las poblaciones estudiadas, los tipos de muestras analizadas y la presencia de síntomas entre los participantes.

En cuanto a la especificidad, el valor obtenido en este estudio fue del 93%, lo que indica una buena capacidad del ensayo GeneXpert MTB/RIF para identificar a los pacientes sin la enfermedad. Comparativamente, Lacayo et al. reportaron una especificidad del 96%, mientras que Ortiz et al. mencionaron una especificidad del 93,2%<sup>7,8</sup>. Por otro lado, Amaya et al. obtuvieron una especificidad del 99,5%, sugiriendo que factores como la condición clínica de la población, el tipo de muestra y el grupo etario pueden influir en estos resultados.

El hallazgo de un caso de resistencia a la rifampicina (0,3%) en esta investigación subraya la importancia de la detección temprana de cepas resistentes para evitar la transmisión y mejorar el manejo clínico de la tuberculosis resistente a fármacos<sup>10,11,12</sup>. Este aspecto es crucial dado que la OMS reportó que, en 2022, 410000 individuos fueron diagnosticados con tuberculosis multirresistente o resistente a la rifampicina (TB-MDR/RR), y solo un porcentaje limitado tuvo acceso a tratamiento adecuado<sup>1</sup>.

Comparando con otras investigaciones, como la realizada por Peña et al. en Chile, que detectó cerca del 2% de casos de tuberculosis con resistencia a la rifampicina en 2018 a partir de muestras de esputo, y el estudio de Zifodya et al., que encontró una prevalencia de resistencia del 10% en una muestra de 1.000 casos, también utilizando esputo, se resalta la efectividad del GeneXpert MTB/RIF en la identificación de resistencia a la rifampicina<sup>13,14</sup>.

Estos resultados enfatizan la necesidad de continuar con la investigación y evaluación del desempeño diagnóstico de GeneXpert MTB/RIF, así como de las nuevas versiones que se introducen en el mercado<sup>15,16,17</sup>. Es vital considerar las variables demográficas, clínicas y microbiológicas específicas de poblaciones como la ecuatoriana para optimizar el uso de herramientas diagnósticas en la lucha contra la tuberculosis, facilitando así una detección más precisa y un manejo adecuado de esta enfermedad a nivel global<sup>18,19,20</sup>.

## Conclusión

Este estudio ha demostrado la notable eficacia de la prueba molecular GeneXpert MTB/RIF para el diagnóstico del *Mycobacterium tuberculosis* complex, comparándola con la tradicional baciloscopia. Destaca principalmente por su alta sensibilidad, la cual garantiza una detección efectiva de los pacientes realmente afectados por la enfermedad, minimizando así la incidencia de resultados falsos negativos. Igualmente, la especificidad de esta prueba juega un papel crucial al asegurar la identificación precisa de los individuos no afectados por la tuberculosis, reduciendo la probabilidad de falsos positivos. La importancia de estos indicadores radica en su capacidad para proporcionar diagnósticos precisos, evitando tra-

tamientos innecesarios, pruebas adicionales, los efectos adversos asociados a los medicamentos, y el progreso de la enfermedad a etapas más graves o incluso mortales.

Además, la capacidad de GeneXpert MTB/RIF para identificar la resistencia a la rifampicina es fundamental dentro del contexto de la lucha contra la tuberculosis. Esta ventaja ofrece la posibilidad de detectar cepas resistentes a la rifampicina de forma temprana, permitiendo la administración de tratamientos adecuados y oportunos que evitan la propagación de cepas de *Mycobacterium tuberculosis* multirresistentes.

El uso de técnicas moleculares, como se evidencia en este estudio, es de inmensa utilidad en el ámbito de la salud pública. Por lo tanto, los hallazgos de esta investigación abren la puerta a futuros estudios enfocados en evaluar la validez y eficacia de estas herramientas diagnósticas, que están en constante evolución con el lanzamiento de nuevas versiones. Se alienta a que dichas investigaciones consideren la variedad de condiciones presentes tanto en los tipos de muestras como en las poblaciones de pacientes, para así obtener resultados aún más precisos y específicos, fortaleciendo el arsenal disponible en la detección y manejo de la tuberculosis. Además, es crucial investigar el impacto económico de implementar el GeneXpert MTB/RIF en sistemas de salud con recursos limitados. Un análisis detallado de los costos frente a los beneficios, en términos de reducción en la transmisión de la enfermedad y mejora de los resultados del tratamiento, podría ofrecer una base sólida para su implementación más generalizada.

## Aprobación y consentimiento informado

Este estudio se ejecutó tras recibir la aprobación del Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos, con el registro CEISH-HGSF-2023-02, lo cual permitió el acceso a los resultados de las pruebas realizadas entre enero de 2021 y mayo de 2022 y cumplir con todos los aspectos metodológicos, bioéticos y jurídicos.

## Contribución de autoría

Recopilación de datos: Jessica Carolina Chanataxi Lugmania Metodología redacción revisión y

edición validación, diseño del manuscrito: Jessica Carolina Chanataxi Lugmania, Danny Xavier Asimbaya Alvarado

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Facultad de Ciencias Médicas y al Hospital General Enrique Garcés por su invaluable apoyo y por facilitar la realización de esta investigación.

## Conflicto de interés

Los autores declaramos no tener ningún conflicto de interés relacionado con el presente estudio.

## Financiamiento

Este estudio fue financiado íntegramente por los autores.

## Referencias

1. World Health Organization. Global tuberculosis report 2023. Geneva: World Health Organization [Internet]. 2023 [Cited Mar 1, 2024]. Available from: <https://iris.who.int/>.
2. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Tuberculosis [Internet]. 2023 [Cited Mar 1, 2024]. Available from: <https://www.paho.org/es/temas/tuberculosis>.
3. Ministerio de Salud Pública. Indicadores priorizados de la Estrategia Fin de la TB [Internet]. 2023 [Cited Mar 1, 2024]. Available from: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/Reporte-de-TB-2019-2022-vd-signed-signed-signed-signed-signed.pdf>.
4. Farga V, Peña C, Arias F, Herrera T. Nuevos métodos para el diagnóstico de la tuberculosis. Rev Chil Enferm Respir [Internet]. 2016 [Cited Mar 1, 2024];32(4):255–6. Available from: <https://www.scielo.cl/pdf/rcher/v32n4/art07.pdf>
5. Vizcaíno-Salazar GJ. Importance of calculation of sensitivity, specificity, and other statistical parameters in the use of clinical and laboratory diagnostic tests [Internet]. 2017 [Cited 2023 Nov 29];23(3):365–8. Available from: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/05/883697/importancia-calculo-sensibilidad-y-especificidad.pdf>.
6. Oras-Conhu H. Manual para el diagnóstico bacteriológico de la tuberculosis. Parte Manual de actualización de la baciloscopía Lima [Internet]. 2018 [Cited Mar 1, 2024]. Available from: <https://www.paho.org/es/documentos/manual-para-diagnostico-bacteriologico-tuberculosis-parte-1-manual-actualizacion>
7. Lacayo AC, Rodríguez G, Olivia Aguilar Z, Cornejo CV, María I, Rodríguez. Validez diagnóstica del GeneXpert para Mycobacterium tuberculosis y prueba de resistencia a rifampicina. Alerta [Internet]. 2021 [Cited Oct 1, 2023];4(3):176–9. Available from: DOI: 10.5377/alerta.v4i3.8829.
8. Ortiz J, Sotomayor F, Ramirez R. Validation and implementation of GeneXpert MTB/RIF for diagnosis of Tuberculosis in Ecuador. Lancet [Internet]. 2019 [Cited Oct 1, 2023];47:29–37. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/3730/373061540006/html/#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20los%20resultados,GeneXpert%20considerados%20falsos%20negativos%20resultaron>
9. Amaya G, Contrera M, Arrieta F, Montano A, Pírez C, Amaya G, et al. Rendimiento del GeneXpert en el diagnóstico de tuberculosis pulmonar y extrapulmonar en la edad pediátrica. Arch Pediatr Urug [Internet]. 2020 [Cited Mar 1, 2023];91:12–23. Available from: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-12492020000800012&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12492020000800012&lng=es&nrm=iso&tlng=es).
10. Opota O, Mazza-Stalder J, Greub G, Jaton K. The rapid molecular test Xpert MTB/RIF ultra: towards improved tuberculosis diagnosis and rifampicin resistance detection. Clin Microbiol Infect [Internet]. 2019 [Cited May 7, 2024]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2019.03.021>
11. Sharma R, Garasiya K, Meena R. Detection of pulmonary and extra-pulmonary tuberculosis from clinical samples with rifampicin (RIF) resistance by Gene-Xpert MTB/RIF assay at a tertiary care teaching hospital, Udaipur, Rajasthan. Indian J Appl Res [Internet]. 2022 [Cited May 7, 2024]. Available from: <https://doi.org/10.36106/ijar/8503959>.
12. Zhurilo A, Barbova A, Cherednik YA, Trofimova PS, Mironchenko SV, Pavlova OV, Chernov AV, Sládková L. Comparison of GeneXpert MTB/RIF and genotype systems with MTBDRplus strips for detection of mutations that are associated with M. tuberculosis resistance to rifampicin in tuberculosis.

- Ukrainian Pulmonology Journal [Internet]. 2022 [Cited May 7, 2024]. Available from: <https://doi.org/10.31215/2306-4927-2022-30-4-34-41>
13. Peña MC, Escobar SN. Tuberculosis con resistencia a rifampicina en Chile. *Revista Chi Enfer Resp* [Internet]. 2021 [Cited Oct 16, 2023];37(1):74–81. Available from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071773482021000100074&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071773482021000100074&lng=es&nrm=iso&tlng=es).
  14. Zifodya JS, Kreniske JS, Schiller I, Kohli M, Dendukuri N, Schumacher SG, et al. Xpert Ultra versus Xpert MTB/RIF for pulmonary tuberculosis and rifampicin resistance in adults with presumptive pulmonary tuberculosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [Internet]. 2021 [Cited Oct 16, 2023];2021(2). Available from: [https://www.cochrane.org/es/CD009593/INFECTN\\_xpert-ultra-en-comparacion-con-xpert-mtbrif-para-el-diagnostico-de-la-tuberculosis-pulmonar-y-la](https://www.cochrane.org/es/CD009593/INFECTN_xpert-ultra-en-comparacion-con-xpert-mtbrif-para-el-diagnostico-de-la-tuberculosis-pulmonar-y-la).
  15. Xie C, Hu X, Liu Y, Shu C. Performance Comparison of GeneXpert MTB/RIF, Gene Chip Technology, and Modified Roche Culture Method in Detecting Mycobacterium tuberculosis and Drug Susceptibility in Sputum. *Contrast Media Mol Imaging*[Internet]. 2022 [Cited May 7, 2024]. Available from: <https://doi.org/10.1155/2022/2995464>
  16. Mechali Y, Benaissa E, El Mrimar N, Benlahlou Y, Bssaibis F, Zegmout A, Chadli M, Malik Y, Touil N, Abid A, Maleb A, Elouennass M. Evaluation of GeneXpert MTB/RIF system performances in the diagnosis of extrapulmonary tuberculosis. *BMC Infect Dis* [Internet]. 2019 [Cited May 7, 2024]. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4687-7>.
  17. Pandey S, Congdon J, McInnes B, Pop A, Coulter C. Evaluation of the GeneXpert MTB/RIF assay on extrapulmonary and respiratory samples other than sputum: a low burden country experience. *Pathology*[Internet]. 2017 [Cited May 7, 2024];49(1):70–74. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pathol.2016.10.004>
  18. Rojas C, Polanco EC, Vivar MC, Aguayo W, Molina G, Gutierrez BM, Cobo MM. Abdominal tuberculosis in Ecuador, a problem that is still not solved. *J Clin Tuberc Other Mycobacterial Dis* [Internet]. 2020 [Cited May 7, 2024];20. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jctube.2020.100172>
  19. Giacomazzi C, Cespedes-Alvarado CG, Losada-Cabruja EA, McDermott J, Rojas-Andrade CA, Varnier O. Rapid diagnosis of tuberculosis and multidrug resistance with the microscopic observation drug susceptibility assay in Ecuador. *Int J Tuberc Lung Dis*[Internet]. 2010 [Cited May 7, 2024];14(6):786–8. Available from: PMID: 20487621.
  20. Morey LG, Mejía PM, Granda JC, Muñoz K, Fernández J, García E, Andrade D, Licon C, Berná L. A precision overview of genomic resistance screening in Ecuadorian isolates of Mycobacterium tuberculosis using web-based bioinformatics tools. *PLoS ONE* [Internet]. 2023 [Cited May 7, 2024];18. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294670>.