

Eficacia de la selección del donador en un banco de sangre

Effectiveness of donor selection
in a blood bank

María Fernanda Mendoza-Rangel^{1a}, Esmeralda Campos-Aguirre^{1b}, Gamaliel Benítez-Arvizu^{1c}

Resumen

La seguridad transfusional en México depende de 2 pilares esenciales: de la adecuada selección clínica de donantes y de la aplicación eficaz de las pruebas de tamizaje establecidas en la norma vigente. Entre estas pruebas se incluye la detección obligatoria del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), virus de la hepatitis B (VHB), virus de la hepatitis C (VHC), además de los agentes *Trypanosoma cruzi* y *Treponema pallidum*, todos considerados patógenos de alta relevancia por su potencial de transmisión sanguínea y su impacto clínico. Cada año, miles de personas en el país adquieren infecciones por VHC, VHB o VIH, y una proporción significativa desarrolla complicaciones crónicas que pueden resultar en la muerte. Si se considera que la regulación vigente no ha sido actualizada desde 2012 y que la propuesta de revisión 2024 aún no ha sido aprobada, resulta de importancia conocer qué virus podrían estar presentes en donadores aparentemente sanos a pesar de las pruebas de tamizaje ya realizadas en ellos. En este contexto, en el presente artículo de opinión se hace un análisis de la eficacia de las estrategias de selección del donador y del tamizaje mediante los hallazgos de un estudio colaborativo internacional que analizó *pools* de muestras a través de secuenciación masiva. De manera alentadora, no se detectaron trazas de VIH, VHB ni VHC, lo que puede manifestar un panorama favorable para la seguridad transfusional y respalda la efectividad de los procedimientos implementados en el Banco de Sangre del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Abstract

Transfusion safety in Mexico depends on 2 essential pillars: The proper clinical selection of donors and the effective application of screening tests established in current regulations. Among these tests, it is included mandatory detection of human immunodeficiency virus (HIV), hepatitis B virus (HBV), hepatitis C virus (HCV), as well as *Trypanosoma cruzi* and *Treponema pallidum*, all considered highly relevant pathogens due to their potential for bloodborne transmission and their clinical impact. Each year, thousands of people in the country acquire HCV, HBV, or HIV infections, and a significant proportion develop chronic complications that can lead to death. Given that current regulations have not been updated since 2012 and the proposed 2024 revision has not yet been approved, it is crucial to know which viruses might be present in apparently healthy donors despite the screening tests already performed on them. In this context, in this opinion article the effectiveness of donor selection and screening strategies was analyzed using the findings of an international collaborative study that analyzed pooled samples through massive parallel sequencing. Encouragingly, no traces of HIV, HBV, or HCV were detected, which suggests a favorable outlook for transfusion safety and supports the effectiveness of the procedures implemented at the National Medical Center's Blood Bank.

¹Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Banco de Sangre. Ciudad de México, México

ORCID: 0009-0005-1616-4215^a, 0000-0002-9013-4701^b, 0000-0001-6065-7176^a

Palabras clave

Patógenos Transmitidos por la Sangre
Bancos de Sangre
Exámenes Obligatorios
Transfusión Sanguínea

Keywords

Blood-Borne Pathogens
Blood Banks
Mandatory Testing
Blood Transfusion

Fecha de recibido: 28/11/2025

Fecha de aceptado: 03/03/2026

Comunicación con:

Gamaliel Benítez Arvizu

 gamardoc@yahoo.com.mx

 55 5627 6900, extensión 21736

Cómo citar este artículo: Mendoza-Rangel MF, Campos-Aguirre E, Benítez-Arvizu G. Eficacia de la selección del donador en un banco de sangre. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2026;64(5):e7035. doi: 10.5281/zenodo.21462833

Introducción

La seguridad transfusional depende en gran medida de la capacidad de los médicos para seleccionar candidatos que sean aptos para la donación y de la eficacia de las pruebas de tamizaje aplicadas a los productos sanguíneos. En México, este proceso está regulado por la Guía Nacional de Criterios para la Selección de Donantes de Sangre y sus Componentes Sanguíneos para el Uso Terapéutico y la NOM-253-SSA1-2012, que exige la detección obligatoria del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), virus de la hepatitis B y C (VHB y VHC), *Treponema pallidum* y *Trypanosoma cruzi*,^{1,2} sin embargo, esta cobertura es limitada, pues se ha documentado la transmisión por vía transfusional de otros virus como dengue, Zika, virus del Nilo Occidental y hepatitis E, los cuales no se incluyen dentro de la normativa nacional vigente y pueden introducirse a través de los materiales utilizados o del sustrato celular de origen humano.

En cuanto a la presencia en la población del VHC, VHB y VIH, cada año miles de personas en México adquieren estas infecciones y miles de muertes ocurren a causa de ellas y sus complicaciones.³

Los bancos de sangre tienen una gran responsabilidad al recibir una gran cantidad de candidatos y donadores aparentemente sanos para que el uso de sus hemocomponentes sea lo más inocuo posible.

Si se considera que la normativa mexicana vigente en materia de bancos de sangre (NOM-253-SSA1-2012) no ha sido actualizada desde su publicación, y que, aunque existe un proyecto de revisión para la versión 2024, hasta este momento (noviembre de 2025) aún no ha sido oficialmente aprobado, es necesario conocer los virus que pueden estar presentes en los donadores del país. Es el propósito de este artículo de opinión identificar si las acciones efectuadas hasta el día de hoy en el Banco de Sangre del Centro Médico Nacional Siglo XXI (selección del donador y pruebas de tamizaje) han sido eficaces en la identificación de estos virus para disminuir el riesgo de transfusión, por lo cual se hablará sobre los hallazgos encontrados al realizar un estudio de colaboración internacional en el cual se estudiaron por secuenciación masiva los *pools* de muestras de donadores en la búsqueda de estos virus (VIH, VHB y VHC).

Desarrollo

Selección del donador

En México, la selección de donador es realizada por un médico en consultorio, quien se encarga de aplicar un

cuestionario para la búsqueda intencionada de factores de riesgo para la transmisión de patógenos por transfusión. Tanto la NOM-253-SSA1-2012 como las guías de selección de donador marcan los criterios que deben ser considerados para catalogar a un donador como apto o no apto para la donación de sangre. Los criterios de selección de donador parten de estudios epidemiológicos que nos muestran cómo se comporta la población con respecto a la transmisión de enfermedades y ponen especial atención en aquellas que son transmisibles por vía sanguínea. La forma de elegir las pruebas que serán necesarias para el tamizaje requiere de un análisis que incluya, además, estudios de costo-efectividad.⁴

Un aspecto importante es la difusión del estilo de vida recomendado para que una persona pueda realizar la donación sanguínea; hoy en día, la orientación sexual y los temas de discriminación han tenido un choque en el aspecto de donación sanguínea; sin embargo, como se hace referencia en algunos artículos, la orientación sexual en sí no es una causa de rechazo, sino más bien los factores de riesgo.⁵

Esta es parte de la tarea del médico evaluador, ya que su trabajo no solo se centra en encontrar estos factores de riesgo, sino también en la capacidad de explicarles a los donantes lo que implica dicha actividad riesgosa y en orientar en cuanto a la manera de solventarla si en un futuro desean ser donantes sanguíneos.

Pruebas de tamizaje

En la medicina transfusional, una de las cosas más importantes es la seguridad sanguínea. En las últimas décadas se han desarrollado pruebas altamente sensibles para detectar VIH, VHB y VHC en donaciones de sangre.

Hay 2 enfoques que se complementan simultáneamente: los ensayos serológicos y las pruebas de amplificación de ácidos nucleicos (NAT) para detectar directamente el material genético viral. Esta combinación ha hecho que el riesgo residual de transmisión de estas infecciones se haya reducido a niveles históricamente bajos.^{6,7}

Los ensayos serológicos siguen siendo la primera línea de detección en bancos de sangre. Estos detectan marcadores virales (como anticuerpos generados contra estos virus, o bien antígenos) en la sangre del donante. Estas tecnologías han evolucionado desde los ELISA tradicionales de microplaca por inmunoabsorción ligados a enzimas, hasta sistemas automatizados más actuales y con mayor sensibilidad (cercana al 100% en infecciones establecidas), como CLIA, un ensayo por quimioluminiscencia y ECLIA que es un ensayo electroquimioluminiscente.⁸

En cuanto a la especificidad, estas pruebas actuales minimizan reacciones falsamente reactivas, aunque a pesar de ello, estas pueden ocurrir, por ejemplo, en una reactividad cruzada inespecífica; por esta razón, toda donación reactiva en tamiz serológico debe someterse a pruebas confirmatorias más específicas antes de hacer alguna notificación al donante o descartar la unidad. Por el contrario, la principal limitación de estas pruebas es la ventana inmunológica, es decir, necesitan que el donante ya haya desarrollado anticuerpo o tener antígenos detectables al momento de hacer la prueba, lo que deja un periodo inicial postinfección en el que la prueba podría resultar negativa pese a haber una infección activa.

Por otro lado, las NAT buscan la presencia del material genético viral (ARN del VIH y VHC, y ADN del VHB) en la sangre del donante mediante técnicas moleculares como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) o la amplificación mediada por transcripción (TMA). Estas técnicas se implementaron en los bancos de sangre desde finales de la década de 1990 como un tamiz adicional serológico⁹ y detectan directamente el genoma viral, con lo cual hacen posible identificar infecciones incluso a días de que el sistema inmune del donante genere anticuerpos detectables.

En países que aplican estrategias combinadas de donantes voluntarios de bajo riesgo, interrogatorio exhaustivo, serologías de última generación y NAT, las probabilidades de transmisión viral por transfusión son mínimas y llegan hasta 1 en millones de unidades; en contraste, si solo se aplican ensayos serológicos, el riesgo residual aumenta ligeramente. Un estudio en México reportó que añadir NAT permitió identificar 7 donantes dentro de un aproximado de 80,000 donaciones en periodo de ventana (1 de VIH, 4 de VHC y 2 de VHB), es decir, que habían pasado ya desapercibidos por la serología.¹⁰

Cumplir únicamente con lo requerido por la NOM-253-2012 en cuanto a las pruebas de tamizaje se refiere, dejaría escapar esas infecciones agudas; en cambio, con NAT la sangre desechada a tiempo evita posibles contagios. Según estimaciones basadas en incidencia de infecciones en donantes, el riesgo residual en bancos de sangre mexicanos (que cabe mencionar que la mayoría no usan NAT) podría ser de 1 en 70,000 para VIH y 1 en 6000 para VHB,⁸ cifras más elevadas que en países con tamiz molecular universal.

Cabe destacar que, a pesar de las mejores pruebas, el riesgo nunca llega a ser 0 absoluto y siempre hay un margen teórico de ventana no detectable;¹¹ por ello, los organismos internacionales enfatizan la importancia de la seguridad transfusional adicional, como la selección cuidadosa de donantes bajos en riesgos o sin factores de riesgo sospechados, o la inactivación de patógenos en compo-

nentes sanguíneos.¹⁰ La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que la suma de estas estrategias ha hecho de la transfusión un procedimiento más seguro con > 99.9% de las unidades libres de VIH, VHB o VHC en entornos con recursos adecuados.¹² No obstante, a nivel nacional no se exige realizar NAT a todas las unidades,¹⁰ el cumplimiento de la NOM-253 conlleva únicamente las pruebas serológicas convencionales. Organismos como el Centro Nacional de la Transfusión Sanguínea (CNTS) y COFEPRIS han emitido guías y recomendaciones que alientan a migrar hacia un “tamiz molecular” complementario, pero enfrentan limitaciones de presupuesto y capacidad en muchos estados.

Pruebas suplementarias

La implementación de pruebas moleculares como parte del tamizaje en donadores de sangre permite reducir los periodos ventana y lleva a 2.7 días en el caso de VHB, 2.1 días para VIH y 2.4 días para VHC, y depende del tipo de plataforma utilizada.¹³ Si bien el costo de las pruebas moleculares es mayor que el de las pruebas serológicas, la reducción del riesgo de transmisión por transfusión de un virus que puede tener consecuencias fatales hace que dicho costo sea reconsiderado. En países desarrollados, el empleo de pruebas moleculares para la búsqueda de virus en bancos de sangre es utilizado de manera rutinaria; estos cuentan con laboratorios de referencia para disminuir los costos de dichas pruebas y aun con el empleo de estas, su sistema de vigilancia SHOT 2024 (*Serious Hazards of Transfusion*) reportó que durante el 2024 tuvieron que investigar 18 casos sospechosos de incidentes por sospecha de transmisión de virus, de los cuales 1 fue determinado como posible, ya que las pruebas moleculares no fueron concluyentes.¹⁴

El uso de pruebas moleculares está instalado en los bancos de sangre de otros países desde 1997,¹⁵ mientras que en el nuestro se sigue viendo como una prueba suplementaria. La ventaja que ofrece la búsqueda de virus con métodos como el de amplificación de ácidos nucleicos es la capacidad de la identificación temprana de virus, lo cual reduce en primera instancia los periodos ventana.

En países como el nuestro son pocos los bancos de sangre que cuentan con estudios de amplificación de ácidos nucleicos, por lo cual existen pocos, pero muy significativos artículos que muestran la importancia de contar con este tipo de pruebas. En el reporte de un caso publicado en el 2024, en el que se detectó un paciente con NAT reactivo para VHB y serología negativa (y cuya evolución posterior a unos meses los llevó a pensar primero en un posible caso de detección en periodo ventana y finalmente en una probable resolución clínica)¹⁶ hacen hincapié en que contar con

pruebas moleculares adicionales a las serológicas permite la detección oportuna de infecciones y así se evita el uso de estos hemocomponentes. También debemos considerar que cuando un donador que se creía sano resulta reactivo a alguna infección tiene 2 implicaciones: la primera relacionada con el impacto que recibe el donante y la segunda en relación con la decisión de retirar a esta persona como donante, por lo cual, ante los posibles casos de falsa reactividad (si bien es mínima), es variable dependiendo del tipo de genotipo que busca dicha prueba y también dependiendo de la capacidad de detectar mutaciones del mismo. Por ello, se ha recomendado que la implementación de pruebas de biología molecular en los bancos de sangre se acompañe de la aplicación del algoritmo de decisión para poder reincorporar al donante en caso de falsa reactividad.¹⁷

Virus de la hepatitis C

A nivel nacional, al igual que en la mayoría de los países, la prevalencia de donantes positivos para VHC se ha reducido a menos de 0.1% gracias a la implementación obligatoria tanto de pruebas de tamizaje, como de pruebas confirmatorias y suplementarias.¹⁸ En un estudio realizado por colaboración, en el cual se emplearon métodos de secuenciación masiva, no se detectó la presencia de este virus. Cabe destacar que los métodos de secuenciación masiva son capaces de detectar desde una copia del virus, lo cual nos ayuda, en el caso de donadores de sangre, a poder disminuir aún más el riesgo de transmisión por transfusión. Esto refleja cómo la medicina transfusional ha logrado eliminar prácticamente la transmisión de VHC, que antes era una de las principales causas de hepatitis postransfusional. No obstante, es importante mencionar el dato de que en 2021 había un aproximado de 130 a 150 millones de personas a nivel global infectadas por este virus, con una prevalencia global de 2.2% y que fue la causa del 27% de los casos de cirrosis y carcinoma hepatocelular primario en el mundo.¹⁹

Sin embargo, también es bueno destacar que el programa nacional de eliminación de hepatitis C, implementado en México desde 2020 y enfocado en la detección y tratamiento en la población general,²⁰ complementa la seguridad transfusional al reducir la carga de infección en la comunidad. Con los actuales ensayos combinados (serología y NAT), el riesgo residual de transmisión por transfusión se estima en menos de 1 por cada millón de unidades, lo que reafirma la importancia de mantener el tamizaje universal y de vincular a los donantes positivos con programas de atención curativa.²⁰

Virus de la hepatitis B

Así como en muchos países, la prevalencia de donantes positivos para el VHB (igual que como se dijo para el VHC) se ha reducido a niveles mínimos cercanos al 0.1%. En el estudio mencionado no se detectó tampoco la presencia del VHB, lo que demuestra relevancia, dado que las técnicas que se emplearon en él tienen una capacidad de detección extremadamente sensible.²¹ Su resultado negativo sugiere con bastante peso que la sangre de estos donadores analizados estuvo libre de infección activa, lo cual fortalece la confianza en los actuales esquemas de tamizaje utilizados en el Banco de Sangre del Centro Médico Nacional.

Es importante saber que, aunque el riesgo residual estimado de transmisión del VHB por transfusión es bajo, es ligeramente superior al de otros virus debido a la posibilidad de infecciones ocultas; por ejemplo, otro estudio realizado en el Banco de Sangre de nuestro estudio documentó que el VHB continúa siendo el virus detectable con mayor frecuencia en donantes aparentemente sanos, con una tasa aproximada de 1.23 por cada 100,000 donaciones en comparación con 0.35 para VIH y 0.18 para VHC.²²

Cabe mencionar que la Ciudad de México ha sido una de las entidades con mayor número de casos notificados de hepatitis B y que esta patología puede derivar en cirrosis hepática o carcinoma hepatocelular, que son complicaciones que forman parte de un grupo de patologías hepáticas que en conjunto causaron más de 40,000 muertes en el país el año pasado.^{3,23} A nivel global, según datos de la OMS, las hepatitis virales fueron responsables de 1.3 millones de muertes en 2022, y de estas, el 83% fueron atribuibles específicamente a la hepatitis B,²⁴ por lo que debe seguir manteniéndose considerada de importancia en la evaluación de seguridad transfusional.

Frente a esta realidad, el hecho de que no se encontraran trazas del VHB en los donadores se convierte en una muestra de que se está cumpliendo con los estándares de calidad adecuados en la selección de donantes y en la aplicación de pruebas diagnósticas; no obstante, las cifras mencionadas de incidencia y mortalidad deben recordarnos que la infección por hepatitis B persiste en la comunidad, por lo que es necesario mantener el tamizaje universal y las acciones de educación, vacunación y vigilancia para garantizar que la sangre disponible para transfusiones se mantenga libre de este virus.

Virus de la inmunodeficiencia humana

De manera similar a los otros virus transmisibles por transfusión, la prevalencia de donantes con resultado posi-

tivo a VIH en México también se ha mantenido baja (aproximadamente 0.1%) por estas pruebas implementadas en los bancos de sangre del país.^{10,25}

En el estudio colaborativo no se detectaron tampoco trazas del VIH, lo que confirma la eficacia del tamizaje actual para prevenir la transmisión transfusional de este virus. Este logro adquiere relevancia cuando se recuerda que en décadas pasadas el VIH representaba una de las principales amenazas asociadas a la transfusión sanguínea; sin embargo, debido a las mejoras en los protocolos de selección de donantes y las herramientas diagnósticas, esta vía de transmisión ha sido prácticamente eliminada.

En países con programas transfusionales avanzados, el riesgo residual de transmisión de este virus por esta vía se estima actualmente en menos de 1 por cada 1-5 millones de unidades transfundidas.⁷ En México, el uso combinado de serología y pruebas NAT ha elevado la seguridad transfusional frente al VIH, incluso se han reportado tasas extremadamente bajas de infección en fase de ventana (0.35 por cada 100,000 donaciones, cifra documentada por este Banco de Sangre,²² que es uno de alta especialidad en el país). Aun así, resulta importante mantener y reforzar el tamizaje universal, ya que persiste un riesgo pequeño, pero para nada despreciable, asociado a las etapas muy tempranas de la infección antes de que el virus sea detectable mediante métodos convencionales.

Actualmente se ha alertado que de enero a septiembre del 2025, se superó el total de casos detectados en 2024 de VIH, como se muestra en el **cuadro I**, lo que apunta a un repunte de esta epidemia y es la Ciudad de México uno de los estados con mayor número de diagnósticos recientes,^{3,26} lo cual indica la necesidad de fortalecer las estrategias locales de prevención, detección y vinculación a tratamiento, ya que así no solo beneficia la salud individual,

sino que también reduce la carga viral en la comunidad y, por consiguiente, el riesgo de transmisión por transfusión o por otras vías,²⁷ lo que hace más fuerte la seguridad transfusional.

Conclusiones

Los hallazgos de ausencia de trazas de VHC, VHB y VIH mediante secuenciación masiva en donaciones del Banco de Sangre son alentadores, dado que indican que las medidas empleadas actualmente funcionan y que el personal está realizando una adecuada selección de los candidatos a donar al identificar factores de riesgo que podrían llevar a la infección por estos virus. La nula detección de estos virus en la sangre donada reafirma la eficacia de las políticas de tamizaje universal, entre las que se incluyen pruebas serológicas de alta sensibilidad, NAT y el cumplimiento de estándares de calidad en medicina transfusional. Si bien persisten retos como la necesidad de seguir disminuyendo el riesgo residual del VHB y de atender el incremento de incidencia de VIH que se ha observado en la población general en años recientes, la protección del suministro sanguíneo en el Banco de Sangre del Centro Médico Nacional Siglo XXI puede verse como un avance sanitario. A pesar de ello, es importante no bajar la guardia y mantener el tamizaje exhaustivo del 100% de las unidades donadas para infecciones transmisibles conforme a las recomendaciones nacionales e internacionales o incluso ampliarlo con nuevas tecnologías cuando sea posible para así garantizar que la calidad de los hemocomponentes siga siendo confiable.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno relacionado con este artículo.

Cuadro I Resultados del estudio colaborativo internacional realizado en 2024

	Virus de la hepatitis C	Virus de la hepatitis B	Virus de la inmunodeficiencia humana (VIH)
	%		
Prevalencia mundial de personas infectadas por el virus*	0.0006 ²⁴	0.003 ²⁴	0.51 ²⁸
Porcentaje de virus encontrados en los donadores efectivos del banco de sangre del CMN Siglo XXI	0	0	0

*Datos del año 2024, según la Organización Mundial de la Salud

Referencias

1. Centro Nacional de la Transfusión Sanguínea. Guía Nacional de Criterios para la Selección de Donantes de Sangre y sus
2. Componentes Sanguíneos para el Uso Terapéutico. México: CNTS; 2024.
3. Norma Oficial Mexicana NOM-253-SSA1-2012, Para la disposición de sangre humana y sus componentes con fines

- terapéuticos. México: Diario Oficial de la Federación; 26 de octubre de 2012.
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estadísticas de Defunciones Registradas (EDR). México: INEGI; 2025.
 4. Das K, Raturi M, Agrawal N, et al. Indian blood donor selection guidelines: Review in the context of the ongoing COVID-19 pandemic. *Transfus Clin Biol.* 2021;28(2):213-6.
 5. Simbrón-Juárez F, Cruz-Cruz AO, Galván-Bobadilla AI, et al. Donantes de sangre, factores de riesgo y orientación sexual. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2022;60(3):345-9.
 6. American Red Cross. Infectious Disease, HLA and ABO Donor Qualification Testing. Infectious Disease Testing. 2019.
 7. Notari E, Haynes J, Nelson D, et al. Prevalence, Incidence and Residual Risk of VIH, HBV, and HCV in the US Blood Supply 2015 to 2021, on Behalf of the US TTIMS Program. Presentation at 33rd Regional ISBT Congress; 2023 Jun 20. ISBT; 2023. Disponible en: <https://www.isbtweb.org/resource/prevalence-incidence-and-residual-risk-of-hiv-hbv-and-hcv-in-the-us-blood-supply-2015to2021.html>
 8. Sosa Jurado F, Palencia Lara R, Xicoténcatl Grijalva C, et al. Detección de VIH, VHC y VHB en sangre donada mediante ID-NAT y el riesgo residual de transmisión iatrogénica en un banco de sangre de un hospital de tercer nivel en Puebla, México. *Viruses.* 2023;15(6).
 9. Health Care Providers. Clinical Testing Guidance for HIV. CDC; February 10 2025.
 10. Guerrero-García JJ, Zúñiga-Magaña AG, Barrera-De León JC, et al. Retrospective Study of the Seroprevalence of HIV, HCV, and HBV in Blood Donors at a Blood Bank of Western Mexico. *Pathogens.* 2021;10(878).
 11. Lelie N. Residual risk of transfusion-transmitted hepatitis B infection by NAT-screened blood components. *Transfusion (Paris).* 2021;61(11):3190-201.
 12. World Health Organization. Blood safety and availability. Geneva: WHO; May 30 2025.
 13. Venkatakrishna S. Factors in enhancing blood safety by nucleic acid technology testing for human immunodeficiency virus, hepatitis C virus and hepatitis B virus. *Asian J Transfus Sci.* 2014;8(1).
 14. Narayan S, Baker P, Bentley A. Annual SHOT Report 2024. Manchester: Serious Hazards of Transfusion (SHOT) Steering Group; 2025. doi: 10.57911/gwcz-4q04
 15. Rekha H, Neelam M. Nucleic acid testing-benefits and constraints. *Asian J Transfus Sci.* 2014;8(1):2-3.
 16. Calderón-Carmona P, Benítez-Arvizu G, Galván-Bobadilla A. Donador con infección del VHB detectado por NAT en probable resolución clínica. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2024;62 Supl 1:e5640. doi: 10.5281/zenodo.10790554
 17. Rongsong D, Wenbo G, Zhongping L, et al. Comprehensive evaluation of NAT+/HBsAg– blood donors: confirmation strategies, serial testing outcomes, and S gene mutations associated with occult HBV infection. *BMC Infect Dis.* 2025;25:1349.
 18. Bhuyan G, Zaman AU, Sultana R. Frequency of Hepatitis B, C and HIV Infections among Transfusion-Dependent Beta Thalassemia Patients in Dhaka. *Infects Dis Rep.* 2021;13(1):89-95.
 19. Pérez Hernández JL, Murcia Sandoval MV, Bonilla Ramos A, et al. Seroprevalencia del virus de la hepatitis C en donantes del Banco de Sangre del Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”. Una evaluación de cuatro años. *Ann Hepatol.* 2021;24(1).
 20. Santos-López G, Panduro A, Sosa-Jurado F, et al. Advances in the Elimination of Viral Hepatitis in Mexico: A Local Perspective on the Global Initiative. *Pathogens.* 2024;13(10). doi: 10.3390/pathogens13100859
 21. Kapoor V, Briebe T, Ranjan A, et al. Validation of the Vir-CapSeq-VERT system for differential diagnosis, detection, and surveillance of viral infections. *J Clin Microbiol.* 2023;62.
 22. Rodríguez-Rivera J, Benítez-Arvizu G, Campos-Aguirre E. Prevalencia de periodo de ventana detectado por NAT en donadores de sangre. *Revista Mexicana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio.* 2025;89. Disponible en: https://www.fempac.org.mx/documentos/vol72_3_mt16.pdf
 23. Roche. Enfermedades infecciosas: el impacto de la hepatitis y el riesgo de su evolución a cáncer de hígado. Ciudad de México: Roche; 25 de julio de 2023. Disponible en: <https://www.roche.com.mx/sala-de-prensa/2024/enfermedades-infecciosas-el-impacto-de-la-hepatitis-y-el-riesgo-de-su-evolucion-a-cancer-de-higado>
 24. World Health Organization. Global Hepatitis Report 2024: Action for Access in Low- and Middle-Income Countries. Geneva: WHO; 2024.
 25. Mejía-Aguirre B, Luna-Vargas AK, Benítez-Arvizu G. Seroprevalencia de agentes infecciosos en donadores de sangre y sus componentes. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2025;63(2):e6588. doi: 10.5281/zenodo.14616969
 26. Cristancho JT. México enfrenta un repunte histórico de VIH: más de 12 mil casos en nueve meses encienden las alarmas sanitarias. *Consultor Salud.* 15 de septiembre de 2025. Disponible en: <https://consultorsalud.com.mx/vih-mexico-repunte-historico-2025-salud/>
 27. Mejía-Domínguez AM, Soster-Contreras MA, Campos-Morales N, et al. Prevalence of HIV, Syphilis, and Hepatitis B and C Among Blood Donors in a Tertiary Care Hospital in Mexico. *Venereology.* 2024;3:172-182.
 28. World Health Organization. HIV data and statistics. Geneva; WHO; 2025. Disponible en: <https://www.who.int/teams/global-hiv-hepatitis-and-stis-programmes/hiv/strategic-information/hiv-data-and-statistics>