

Artículo original | Inmunohematología

# Distribución antigénica y fenotípica del sistema Kidd en donantes costarricenses: comparación con datos históricos e internacionales

Juan Manuel Zamora Zamora<sup>1</sup>**AFILIACIONES:** <sup>1</sup>Banco de Sangre, Laboratorio clínico, Hospital Nacional de Niños,

**RESUMEN.** El sistema Kidd (ISBT 009) presenta variabilidad étnica con implicaciones para la seguridad transfusional. Se determinó la distribución alélica y fenotípica del sistema Kidd en donantes costarricenses y se comparó con datos históricos e internacionales. Se analizó 300 muestras mediante tipificación serológica con antisueros monoclonales. Se calculó las frecuencias antigénicas y fenotípicas, se evaluó el equilibrio de Hardy–Weinberg y se aplicó chi cuadrado ( $\chi^2$ ) para comparaciones ( $p < 0.05$ ). El fenotipo más frecuente fue Jk(a+b+)(47,18 %), seguido de Jk(a+b–) (27,57 %) y Jk(a–b+) (25,25 %). La población se encontró en equilibrio de Hardy–Weinberg y no hubo diferencias significativas respecto al estudio nacional de 1997. Se observaron diferencias con India ( $p = 0.0031$ ), caucásicos (valor  $p = 0.0088$ ) y África ( $p < 0.001$ ). La estabilidad genética del locus SLC14A1 y la variabilidad interpoblacional respaldan la tipificación extendida y la creación de inventarios de donantes fenotipados para reducir el riesgo de aloimmunización.

**PALABRAS CLAVE.** Grupo Sanguíneo Kidd, Antígenos eritrocitarios, frecuencia de fenotipos, equilibrio de Hardy–Weinberg, mestizaje

**ABSTRACT.** The Kidd blood group system (ISBT 009) exhibits ethnic variability with implications for transfusion safety. Allelic and phenotypic distribution of the Kidd system was determined in Costa Rican blood donors and compared with historical and international data. A total of 300 samples were analyzed using serological typing with monoclonal antisera. Antigen and phenotype frequencies were calculated, Hardy Weinberg equilibrium was assessed, and chi-square ( $\chi^2$ ) tests were applied for comparisons ( $p < 0.05$ ). The most frequent phenotype was Jk(a+b+) (47.18%), followed by Jk(a+b–) (27.57%) and Jk(a–b+) (25.25%). The population was found to be in Hardy–Weinberg equilibrium, with no significant differences compared to the national study from 1997. Significant differences were observed when compared to populations from India ( $p = 0.0031$ ), Caucasians ( $p = 0.0088$ ), and Africa ( $p < 0.001$ ). The genetic stability of the SLC14A1 locus and interpopulation variability support extended typing and the development of phenotyped donor inventories to reduce the risk of alloimmunization.

**KEYWORDS.** Kidd blood group system, erythrocyte antigens, phenotype frequency, Hardy–Weinberg equilibrium, admixture.

**Dirección para correspondencia,**  
dirigida a:

Juan Manuel Zamora Zamora  
jmzamorz@ccss.sa.cr

**Recibido:** 23 de setiembre del 2025

**Aceptado:** 7 de enero del 2026

**Publicado:** 15 de enero del 2026

**INTRODUCCIÓN.** El sistema de antígenos Kidd (ISBT 009) está constituido por glicoproteínas transmembrana que actúan como transportadores de urea en eritrocitos y células renales. Estas proteínas son codificadas por el gen SLC14A1, localizado en el cromosoma 18q12.3. (Maheshwari et al., 2025).

Los principales antígenos del sistema Kidd son Jka (JK1) y Jkb (JK2) corresponden a productos de alelos que difieren por un polimorfismo de un solo nucleótido (SNP). Esta variación génica provoca la sustitución del residuo ácido aspártico (Asp280) por asparagina (Asn280) en el cuarto bucle extracelular de la proteína transportadora de urea, modificando así la expresión antigénica en la membrana eritrocitaria (Maheshwari et al., 2025). La combinación de estos antígenos origina tres fenotipos predominantes: Jk(a+b-), Jk(a-b+) y Jk(a+b+), mientras que el fenotipo nulo Jk(a-b-) es infrecuente y clínicamente relevante por su asociación con reacciones hemolíticas transfusionales (Manrai et al., 2021).

Los anticuerpos anti-Jka y anti-Jkb son una causa frecuente de reacciones hemolíticas transfusionales tardías debido a su naturaleza transitoria y baja detectabilidad (Halawani et al., 2022). Estos anticuerpos pueden deteriorarse rápidamente tanto in vivo como in vitro, lo que reduce su concentración sérica y dificulta su identificación mediante pruebas serológicas rutinarias. Su capacidad para activar el complemento y provocar hemólisis, junto con su comportamiento variable frente a células homocigotas y heterocigotas, exige una gestión transfusional cuidadosa y el uso de unidades de sangre negativas para los antígenos correspondientes (Gueuning et al., 2024).

La distribución de los fenotipos del sistema Kidd varía significativamente entre grupos étnicos. En poblaciones caucásicas, las frecuencias aproximadas son Jk(a+b-) 26 %, Jk(a+b+) 50 % y Jk(a-b+) 24 %. En población africana, predomina el fenotipo Jk(a+b-) con 52 %, seguido de Jk(a+b+) 40 % y Jk(a-b+) 8 %. En poblaciones asiáticas, las frecuencias son 23 %, 50 % y 27 %, respectivamente (Aldowish et al., 2025). El fenotipo nulo Jk(a-b-) es extremadamente raro, aunque se observa con mayor frecuencia en individuos de origen polinesio y finlandés (Allhoff et al., 2021). Estas diferencias tienen implicaciones clínicas relevantes para la compatibilidad transfusional y la prevención de reacciones hemolíticas

En Costa Rica, los estudios sobre la frecuencia antigénica y fenotípica de los principales sistemas sanguíneos son escasos. En el caso del sistema Kidd, únicamente se ha documentado un estudio previo realizado por Morales y Marín (1997), quienes analizaron la distribución fenotípica y antigénica en una muestra de 872 individuos.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la distribución antigénica y fenotípica del sistema Kidd en una muestra de 300 donantes de sangre y compararla con las frecuencias reportadas para la población costarricense en 1997. Además, se efectuó una comparación con las frecuencias descritas en cuatro poblaciones internacionales.

**MATERIALES Y MÉTODOS:** Se incluyeron 300 muestras de sangre correspondientes a la totalidad de los donantes aceptados en el Banco de Sangre durante los meses de agosto y septiembre de 2024. La recolección de las muestras se efectuó mediante venopunción, utilizando tubos al vacío conteniendo ácido etilendiaminotetraacético tripotásico ( $K_3$  EDTA) como anticoagulante.

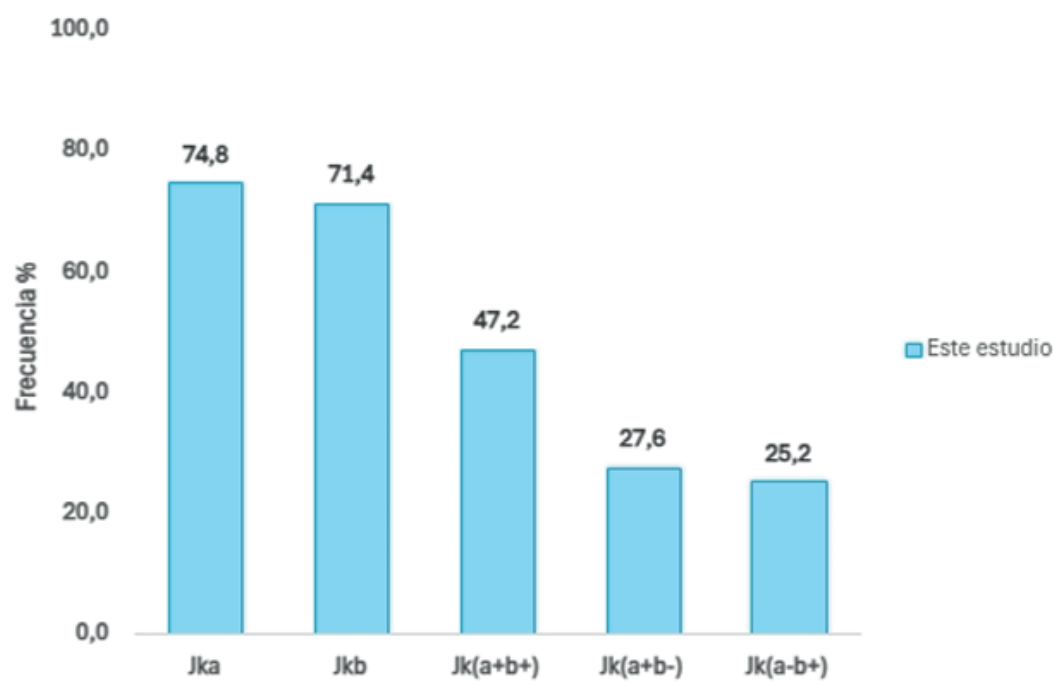
La tipificación de antígenos eritrocitarios se realizó mediante la metodología en columna de gel, empleando cassettes del ORTHO BioVue® System (Ortho Clinical Diagnostics, Raritan, NJ, EE. UU.). Se determinaron el grupo Rh (D, CcEe) y el antígeno Kell de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

La determinación del fenotipo Kidd se efectuó con antisueros monoclonales GammaClone® (Immucor, Norcross, GA, EE. UU.), siguiendo el procedimiento descrito en el inserto comercial. La fase de antiglobulina indirecta se ejecutó en empleando cassettes del ORTHO BioVue® System.

Los datos obtenidos fueron registrados en una base de datos electrónica y analizados estadísticamente mediante el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.).

Para la comparación de las frecuencias fenotípicas observadas con las reportadas por Morales y Marín (1997) y con cuatro poblaciones de referencia internacionales, se empleó la prueba de chi cuadrado ( $\chi^2$ ), considerando un nivel de significancia de  $p \leq 0.05$  y un intervalo de confianza del 95 %.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN:** Se analizó 300 muestras de sangre provenientes de donantes aceptados en el Banco de Sangre durante los meses de septiembre y octubre de 2024. Se determinó la frecuencia de antígenos de los antígenos Jka y Jkb, así como la frecuencia de fenotipos de los principales fenotipos: Jk(a+b-), Jk(a-b+) y Jk(a+b+). Las frecuencias porcentuales se observan en la figura 1.



**Figura 1.** Frecuencia Antigénica y fenotípica del sistema Kidd en 300 donantes de Sangre aceptados en el Banco de Sangre del HNN ,2024.

La tabla 1 presenta la distribución de frecuencias fenotípicas observadas para el sistema de grupos sanguíneos Kidd (Jk) en la población de donantes, comparadas con las frecuencias esperadas bajo el supuesto de equilibrio Hardy-Weinberg.

**Tabla 1 :**Aplicación de la Prueba de Chi-Cuadrado en la Evaluación del Equilibrio Hardy-Weinberg del Sistema Kidd en donantes de sangre.

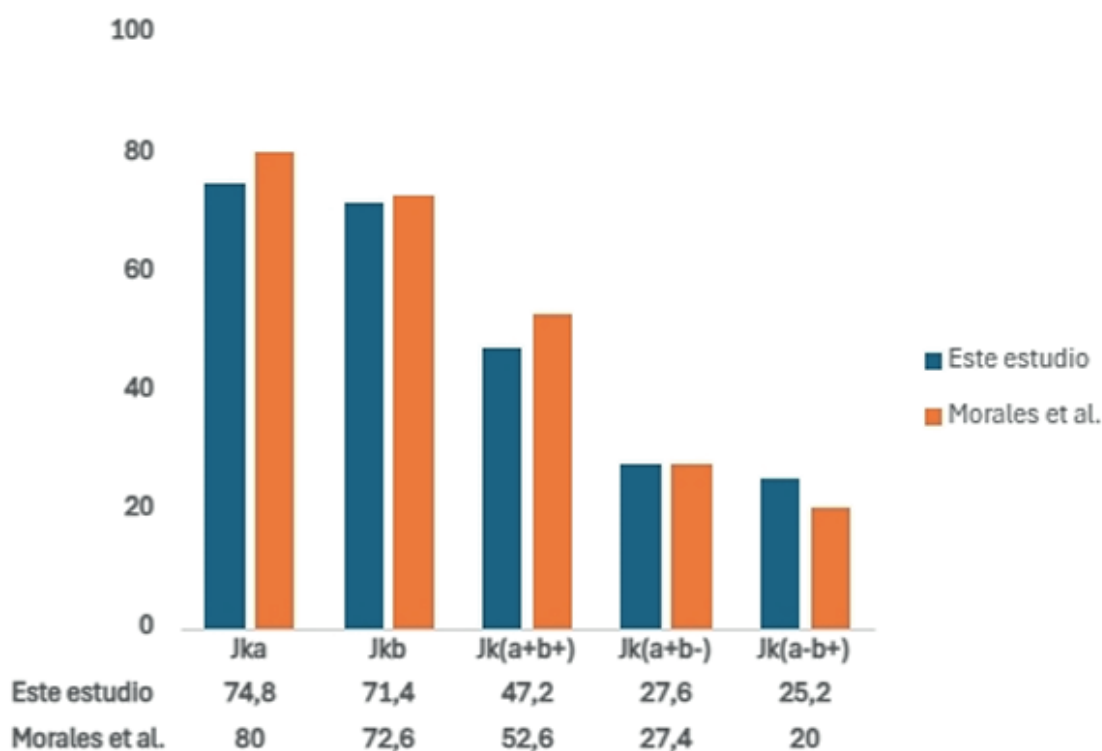
Fenotipo	Frecuencia Observada	Frecuencia Esperada (H-W)
Jk(a+b+)	0.4720	0.4997
Jk(a+b-)	0.2760	0.2621
Jk(a-b+)	0.2520	0.2381
Chi-cuadrado	0.3755	P= 0.8288

El análisis de equilibrio de Hardy-Weinberg mostró que la población estudiada no presenta desviaciones significativas respecto al equilibrio esperado ( $\chi^2 = 0.3755$ ;  $p = 0.8288$ ).

Los datos obtenidos en este estudio muestran que el fenotipo heterocigoto Jk(a+b+) es el más frecuente en la población analizada (47,18 %), seguido por Jk(a+b-) (27,57 %) y Jk(a-b+) (25,25 %).

Esta distribución indica una representación relativamente equilibrada de los antígenos Jka y Jkb, lo que sugiere un alto grado de diversidad genética e historial de mezcla étnica en esta población. Este hallazgo es congruente con las estimaciones de mestizaje en Costa Rica, caucásico ( $61,04\% \pm 5,31$ ), seguido por el aporte amerindio ( $29,91\% \pm 4,56$ ) y de genes africanos ( $9,05\% \pm 2,84$ ) (Morera y Barrantes, 1995).

Para evaluar la estabilidad genética del sistema Kidd, se comparó las frecuencias con el estudio de Morales y Marín (1997). Los resultados comparativos se observan en la figura 2.



**Figura 2.** Comparación de las frecuencias antigénica y fenotípicas del sistema sanguíneo Kidd entre el estudio actual y el reporte de Morales et al. (1997)

La comparación de las frecuencias antigénicas y fenotípicas entre el presente estudio y el reporte de Morales y Marín (1997) mediante la prueba de chi cuadrado ( $\chi^2$ ) no evidenció diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). Este resultado indica homogeneidad en la distribución de los fenotipos y antígenos del sistema Kidd entre ambos periodos. En consecuencia, se infiere que la población costarricense ha mantenido estabilidad genética para el locus SLC14A1 durante las últimas tres décadas.

Las frecuencias fenotípicas obtenidas en el presente estudio fueron comparadas con las reportadas en cuatro grupos étnicos internacionales: población china (Liang et al., 2020; n = 1412), africana (Jenbere et al., 2023; n = 260), caucásica (Ristovska et al., 2022., n= 920) e india (Thakral, citado en Owaidah et al., 2020; n = 1240). La Tabla 2 resume los resultados comparativos, evidenciando variaciones significativas en la distribución de los fenotipos entre las distintas poblaciones, lo que podría estar relacionado con factores genéticos, geográficos y evolutivos.

**Tabla 1 :** Frecuencia de fenotipos Kidd (Jk) y comparación con poblaciones internacionales mediante la prueba de chi cuadrado ( $\chi^2$ ).

Fenotipo	Este estudio		India		China		Caucásicos		África	
	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n
Jk(a+b+)	47,18	141	50	620	44	621	41,48	382	38,1	99
Jk(a+b-)	27,57	83	33	409	24	339	23,62	217	59,6	155
Jk(a-b+)	25,25	76	17	211	32	452	34,9	321	2,3	6
	100	300	100	1240	100	1412	100	920	100	260
Valor p			0,0031		0,0663		0,0088		<0,001	

**Nota.** Los valores de p corresponden a la prueba de Chi cuadrado (nivel de significancia  $p \leq 0,05$ ).

Desde el punto de vista genético, se observa que las frecuencias fenotípicas locales se apartan significativamente de algunas poblaciones comparadas. Las diferencias con India (valor  $p = 0,0031$ ), caucásicos (valor  $p = 0,0088$ ) y con poblaciones africanas ( $p < 0,001$ ) son estadísticamente significativas, indicando que las fuerzas evolutivas como deriva genética, flujo génico o selección podrían haber actuado de modo diferencial en estas poblaciones.

El hecho de que el fenotipo heterocigoto (a+b+) sea el más frecuente refuerza la idea de una población con antecedentes de mestizaje, y sugiere que no hay una fuerte selección negativa contra ninguno de los alelos  $Jk^a$  o  $Jk^b$  en este entorno.

La población estudiada se mantuvo en equilibrio de Hardy–Weinberg (chi cuadrado ( $\chi^2$ ) = 2,339;  $p = 0.1262$ ), lo que sugiere ausencia de desviaciones poblacionales relevantes en el locus SLC14A1.

No se observó diferencias significativas respecto del estudio nacional de 1997, lo que sugiere estabilidad genética del últimos 28 años.

Se evidenció heterogeneidad interpoblacional, coherente con la variabilidad étnica del sistema Kidd y atribuible a posibles efectos de deriva genética, flujo génico o presiones selectivas diferenciadas entre poblaciones

Este estudio aporta información actualizada sobre las frecuencias antigénicas y fenotípicas del sistema sanguíneo Kidd en la población costarricense, lo que evidencia particularidades genéticas con relevancia directa para la práctica inmunohematológica. En conjunto, los hallazgos respaldan la implementación de un fenotipado eritrocitario extendido (Rh, Kell, Duffy y Kidd) en pacientes con trastornos hematológicos, con el fin de reducir el riesgo de aloimmunización y mejorar la seguridad transfusional. Asimismo, se destaca la necesidad de establecer un registro nacional de donantes fenotipados, que permita optimizar la identificación y provisión oportuna de unidades compatibles, especialmente en pacientes con aloanticuerpos (Muñiz, 2021).

Adicionalmente, la realización de estudios multicéntricos que estimen la prevalencia de aloanticuerpos frente a estos sistemas sanguíneos fortalecería la comprensión del panorama inmunohematológico actual en el país. Este enfoque contribuiría a caracterizar con mayor precisión la distribución poblacional de fenotipos y a orientar estrategias de selección de donantes, políticas de tamizaje y planes de gestión para la disponibilidad de sangre compatible en Costa Rica.

Por último, el estudio contribuye al conocimiento de la frecuencia de fenotipos del sistema Kidd en Costa Rica y establece una base comparativa útil para futuras investigaciones en inmunohematología y genética poblacional.

## BIBLIOGRAFÍA

Aldowish, A. I., Altaweel, F. M., Alharbi, N. A., & Alruwaili, M. A. (2025). Comparative prevalence of Kidd blood group antigen among Saudi and non-Saudi blood donors in a regional blood bank in Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Medical and Pharmaceutical Sciences*, 11(7), 540–549.

Allhoff, W., Weidner, L., Lindlbauer, N., Grüner, L., Libisch, M., Schistal, E., & Jungbauer, C. (2021). Jknull alleles in two patients with anti-Jk3. *Blood Transfusion = Trasfusione del Sangue*, 19(3), 237–243. <https://doi.org/10.2450/2021.0349-20>

Gueuning, M., Thun, G. A., Trost, N., Schneider, L., Sigurdardottir, S., Engström, C., Larbes, N., Merki, Y., Frey, B. M., Gassner, C., Meyer, S., & Mattle-Greminger, M. P. (2024). Resolving genotype-phenotype discrepancies of the Kidd blood group system using long-read nanopore sequencing. *Biomedicines*, 12(1), 225. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12010225>

Halawani, A. J., Saboor, M., Abu-Tawil, H. I., Alhazmy, A. Y., Mashlawi, W. Q., Bantun, F., & Mansor, A. S. (2022). The frequencies of Kidd blood group antigens and phenotypes among Saudi blood donors in Southwestern Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences* [https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.08129\(1\), 251–254](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.08129(1), 251–254).

Jenbere, G., Urgessa, F., & Tibebe, M. (2023). Assessment of minor blood group system antigens and their phenotype among voluntary blood donors in Ethiopian Blood and Tissue Bank Service, Addis Ababa, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Health* 33(5), 813–820. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v33i5.11>

Liang, S., Su, Y.-Q., Liang, Y.-L., Wu, F., Zhang, H., Shi, J.-H., Hong, W.-X., & Xu, Y.P. (2020). DNA sequence analysis and Jk blood group genotype-phenotype assessment. *Annals of Translational Medicine*, 8(19), 1242. <https://doi.org/10.21037/atm-20-53633>

Maheshwari, A., Zubair, M., & Maheshwari, A. (2025). Kidd blood group system. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Manrai, P. A., Siddon, A. J., Hager, K. M., Hendrickson, J. E., Keller, M. A., & Tormey, C. A. (2021). Development of anti-Jk3 associated with silenced Kidd antigen expression and a novel single nucleotide variant of the JK gene. *Immunohematology*, 37(3), 109–112. <https://doi.org/10.21307/immunohematology-2021-015>

Morales Cordero, A. I., & Marín Rojas, R. A. (1997). Sistema Kidd: distribución de los fenotipos y genotipos en la población de Costa Rica. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 18(1), 59–62.



Morera, B., & Barrantes, R. (1995). Genes e historia: El mestizaje en Costa Rica. *Revista de Historia*, 32, 43–64.

Muñiz-Díaz, E. (2021). La transfusión de hematíes de fenotipo idéntico: ¿a quién y cuándo? *Medicina Clínica*, 157(5), 234–239. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40961284>

Owaidah, A. Y., AlBeihany, F. A., AlMousa, H. A., AlAbdulrahman, K. A., & AlShaikh, A. M. (2020). Frequencies of red blood cell antigens in Saudi Arabia and comparison with other populations. *Journal of Blood Medicine*, 11, 59–65. <https://doi.org/10.2147/JBM.S236834>

Ristovska, E., Bojadjeva, T. M., Velkova, E., Dimceva, A. H., Todorovski, B., Tashkovska, M., Rastvorceva, R. G., & Bosevski, M. (2022). Rare blood groups in ABO, Rh, Kell systems – biological and clinical significance. *Prilozi (Makedonska akademija na naukite i umetnostite. Oddelenie za medicinski nauki)*, 43(2), 77–87. <https://doi.org/10.2478/prilozi-2022-0021>

Jenbere, G., Urgessa, F., & Tibebe, M. (2023). Assessment of minor blood group system antigens and their phenotype among voluntary blood donors in Ethiopian Blood and Tissue Bank Service, Addis Ababa, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Health* 33(5), 813–820. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v33i5.11>

Liang, S., Su, Y.-Q., Liang, Y.-L., Wu, F., Zhang, H., Shi, J.-H., Hong, W.-X., & Xu, Y.P. (2020). DNA sequence analysis and Jk blood group genotype-phenotype assessment. *Annals of Translational Medicine*, 8(19), 1242. <https://doi.org/10.21037/atm-20-53633>

Maheshwari, A., Zubair, M., & Maheshwari, A. (2025). Kidd blood group system. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Manrai, P. A., Siddon, A. J., Hager, K. M., Hendrickson, J. E., Keller, M. A., & Tormey, C. A. (2021). Development of anti-Jk3 associated with silenced Kidd antigen expression and a novel single nucleotide variant of the JK gene. *Immunohematology*, 37(3), 109–112. <https://doi.org/10.21307/immunohematology-2021-015>

Morales Cordero, A. I., & Marín Rojas, R. A. (1997). Sistema Kidd: distribución de los fenotipos y genotipos en la población de Costa Rica. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 18(1), 59–62.