

Seroprotección contra tétanos en México, Ensanut 2022

Jisela Dimas-González, D en C Bioméd,^(1,2) Martha Carnalla, D en C Epid,⁽³⁾ Carlos Gaspar-Castillo, D en Enf Infec,⁽¹⁾ Tonatihu Barrientos-Gutiérrez, D en C Epid,⁽³⁾ Teresa Shamah-Levy, D en C SP,⁽⁴⁾ Eduardo Lazcano-Ponce, D en C Epid,⁽⁵⁾ Jesús Martínez-Barnetche, D en C Bioméd,⁽¹⁾ Celia M Alpuche-Aranda, D en C Méd.⁽¹⁾

Dimas-González J, Carnalla M, Gaspar-Castillo C, Barrientos-Gutiérrez T, Shamah-Levy T, Lazcano-Ponce E, Martínez-Barnetche J, Alpuche-Aranda CM.

Seroprotección contra tétanos en México, Ensanut 2022. *Salud Publica Mex.* 2025;67:282-286.

<https://doi.org/10.21149/16555>

Dimas-González J, Carnalla M, Gaspar-Castillo C, Barrientos-Gutiérrez T, Shamah-Levy T, Lazcano-Ponce E, Martínez-Barnetche J, Alpuche-Aranda CM.

Seroprotection against tetanus in Mexico, Ensanut 2022. *Salud Publica Mex.* 2025;67:282-286.

<https://doi.org/10.21149/16555>

Resumen

Objetivo. Estimar la seroprotección contra tétanos en la población mexicana para 2022 y como un marcador indirecto de cobertura de la vacuna hexavalente en niños de 1 a 3 años.

Material y métodos. Se utilizó una muestra de sangre capilar en papel filtro de 8 487 individuos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) Continua 2022. Se estimó el nivel de seroprotección contra tétanos mediante ELISA. **Resultados.** A nivel nacional, 88.6% de las personas presentó al menos seroprotección mínima, pero sólo 73.3% tuvo seroprotección suficiente. Los adolescentes (55.5%), adultos de 60+ años (60.9%) y niños de 1-3 años (68.6%) presentaron la menor seroprotección suficiente. **Conclusión.** La seroprotección fue ligeramente menor al 90% que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS). Es importante reforzar la vacunación con hexavalente en niños de 1-3 años sin seroprotección, además, aplicar refuerzos a adolescentes y adultos mayores.

Palabras clave: encuesta de salud; prevalencia; anticuerpos; tétanos; nivel de seroprotección

Abstract

Objective. To estimate the proportion of tetanus seroprotection in the Mexican population in 2022 and as an indirect marker for hexavalent vaccine coverage in children 1-to-3 years. **Materials and methods.** We analyzed Dried Spot Blood Samples (DBS) from 8 487 individuals from the *Ensanut Continua 2022* nationwide survey. ELISA test was used to estimate the seroprotection against tetanus. **Results.** Nationally, 88.6% of the people had at least minimal seroprotection against tetanus, yet only 73.3% had sufficient seroprotection. Adolescents (55.5%), those 60 years and older (60.9%), and the group 1-to-3 years (68.6%) had the lowest sufficient protection levels. **Conclusion.** We found a seroprotection of tetanus less than the 90%, percentage that is recommended by World Health Organization. It is important to intensify the hexavalent vaccination in children of 1-to-3 years without seroprotection. Also, it is necessary a booster to the older adults and adolescents for increasing the seroprotection.

Keywords: health surveys; prevalence; antibodies; tetanus; seroprotection level

El tétanos es una infección que afecta el sistema nervioso y puede desencadenar la muerte.¹ La vacunación con toxoide tetánico (TT) es la principal

medida de prevención contra tétanos. El Programa de Vacunación Universal de México (PVU) establece administrar tres dosis primarias de TT, incluido en la vacuna

- (1) Centro de Investigación Sobre Enfermedades Infecciosas, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.
- (2) Centro Nacional de la Transfusión Sanguínea. Ciudad de México, México.
- (3) Centro de Investigación en Salud Poblacional, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.
- (4) Centro de Investigación en Evaluación y Encuestas, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.
- (5) Dirección General, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.

Fecha de recibido: 1 de diciembre de 2024 • **Fecha de aceptado:** 9 de abril de 2025 • **Publicado en línea:** 30 de mayo de 2025
 Autores de correspondencia: Dr. Jesús Martínez Barnetche; Dra. Celia M Alpuche-Aranda. Centro de Investigación Sobre Enfermedades Infecciosas, Instituto Nacional de Salud Pública. Av. Universidad 655, col. Santa María Ahuacatitlán. 62100 Cuernavaca, Morelos, México.
 Correo electrónico: jmartinez@insp.mx; celia.alpuche@insp.mx

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

pentavalente/hexavalente, a los dos, cuatro y seis meses de edad; mientras, las dosis de refuerzo son a los 18 meses, cuatro y 15 años, y después cada 10 años.^{2,3} Los refuerzos se requieren para una seroprotección mínima contra tétanos (título mínimo de anticuerpos para no desarrollar enfermedad).⁴

A nivel mundial, la cobertura de vacunación contra tétanos en la población infantil es 84%.⁵ En México, las cifras oficiales de cobertura de la vacuna hexavalente con tres dosis es 83.3% en menores de un año y con cuatro dosis, 85.4% en niños de un año.⁶ La cobertura de la vacuna Td (tétanos, difteria) en adolescentes es 38.5% y en adultos 65+ años, de 61.2%.^{7,8} Las coberturas se estiman con cartilla, registro administrativo o autorreporte, sin embargo, presentan grados de error.⁹⁻¹¹ Las seroencuestas miden títulos de anticuerpos para inferir la seroprotección de la población.^{9,10,12} En México, estudios de seroencuestas han estimado coberturas de diferentes vacunas, sin embargo, no se ha evaluado el TT.¹³⁻¹⁵ El objetivo fue estimar la seroprotección contra tétanos en la población mexicana y como marcador indirecto de cobertura de la vacuna hexavalente en niños de 1 a 3 años.

Material y métodos

Diseño y población de estudio

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) Continua 2022 es una encuesta probabilística con muestreo estratificado y polietápico, con representatividad nacional y regional, realizada durante agosto-noviembre de 2022.¹⁶ De 16 546 hogares incluidos, se seleccionó una muestra aleatoria de 9 362 participantes ≥ 1 año que proporcionaron una muestra de sangre capilar en papel filtro (DBS, por sus siglas en inglés) y una submuestra de 3 296 participantes ≥ 20 años que proporcionaron suero y DBS. Se incluyeron 8 455 muestras de DBS (907 muestras excluidas por muestra insuficiente) y una submuestra pareada de suero y DBS de 3 226 (70 muestras excluidas por muestra insuficiente) que se utilizó para validar DBS vs. suero.

Determinación de anticuerpos anti-TT

Los anticuerpos IgG anti-TT en suero y DBS se determinaron mediante la ELISA comercial (Euroimmun, Lübeck, Germany). Para DBS se realizó una elución con dos discos de 6 mm de diámetro en 250 μ L de buffer de muestra y se incubó de 16-18 horas a 4°C. Se utilizaron 100 μ L de la elución o 10 μ L de suero para realizar la ELISA siguiendo las especificaciones del fabricante.

Los resultados de la submuestra pareada (suero y DBS) se utilizaron para recalibrar los valores de corte

en DBS de acuerdo con su máxima concordancia con suero (material suplementario figura A1).¹⁷ Los valores de corte para DBS fueron <0.18 UI/mL sin seroprotección, 0.18-0.59 UI/mL seroprotección mínima, ≥ 0.60 UI/mL seroprotección suficiente (material suplementario cuadro A2).¹⁷

Covariables

Las covariables de sexo, educación, ocupación, índice de bienestar, localidad y región se categorizaron de acuerdo con publicaciones anteriores.^{16,18} La edad se categorizó en 1-3, 4-10, 11-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59 y 60+ años para capturar grupos clave donde se aplica la vacuna contra tétanos.

Análisis estadístico

Se estimó la seroprotección total con intervalos de confianza al 95% (IC95%) a nivel nacional y estratificando por covariables con el valor de corte de ≥ 0.18 UI/mL. Se desagregó la proporción de seroprotección suficiente, mínima y sin seroprotección contra tétanos por grupo de edad, localidad y región. Los análisis se realizaron en Stata 17* utilizando ponderadores para considerar el diseño de la encuesta.

Resultados

Prevalencia de seroprotección mínima

El 88.6% de la población presentó al menos seroprotección mínima. En los grupos de 30-39 y 20-29, la prevalencia de seroprotección mínima fue mayor (96.8 y 95.5%); mientras, los grupos de 60+ años, 11-19 y 4-10 presentaron menor prevalencia (78.4, 82.6 y 82.8%, respectivamente). Las personas con licenciatura o más y con empleo formal presentaron mayor prevalencia (94.0 y 93.5%), y las personas jubiladas, la menor (81.9%) (cuadro I). El grupo de 60+ años presentó menor prevalencia en la región Centro Norte rural (68.2%), Frontera urbana (67.7%) y Centro metropolitana (62.1%) (material suplementario cuadro A4).¹⁷

Prevalencia de seroprotección suficiente

El 73.3% de la población presentó seroprotección suficiente. Los grupos de 20-29 y 30-39 presentaron mayor prevalencia de seroprotección suficiente (84.9 y 89.4%)

* Stata: Release 17. Statistical Software (College Station, TX:StataCorp LLC).

Cuadro I
SEROPROTECCIÓN DE ANTICUERPOS IgG CONTRA
TÉTANOS. MÉXICO, ENSANUT CONTINUA 2022

	n	N (millones)	%	IC95%
Total	8 455	127.2	88.6	86.9,89.0
Edad (años)				
1-3	534	6.0	88.1	84.5,91.0
4-10	1 392	16.4	82.8	79.4,85.8
11-19	1 402	19.8	82.6	79.7,85.2
20-29	923	19.4	95.5	93.1,97.1
30-39	923	19.5	96.8	95.1,97.9
40-49	978	15.5	92.1	89.1,94.3
50-59	987	13.2	86.4	83.1,89.1
60+	1 316	17.5	78.4	74.9,81.5
Sexo				
Hombre	3 525	60.9	86.9	85.3,88.5
Mujer	4 930	66.3	89.0	87.6,90.2
Escolaridad				
Primaria o menos	4 162	52.8	83.2	81.3,85.0
Secundaria	2 166	32.1	89.0	86.9,90.8
Preparatoria	1 333	24.9	92.6	90.5,94.2
Licenciatura o más	794	17.4	94.0	91.9,95.6
Ocupación				
Desempleado	232	4.3	87.2	79.4,92.4
Estudiante	493	8.0	88.1	84.4,91.0
Jubilado/pensionado	267	4.3	81.9	75.1,87.1
Empleado informal	1 750	31.4	88.2	86.1,90.1
Empleado formal	1 395	25.3	93.5	91.8,94.9
Hogar	1 699	21.9	90.7	88.4,92.5
Índice de bienestar				
Bajo	3 134	42.6	86.0	84.0,87.8
Medio	2 803	40.8	88.9	87.3,90.3
Alto	2 518	43.8	89.1	87.3,90.7
Tamaño de localidad				
Rural (<2 500 Hab)	2 342	28.1	88.4	86.1,90.4
Urbana (2 500-99 999 Hab)	2 566	38.3	87.7	85.4,89.7
Metropolitana (100 000 o + Hab)	3 547	60.9	88.0	86.4,89.4
Región				
Pacífico-Norte	924	11.9	88.7	85.6,91.2
Frontera	1 532	16.4	87.7	85.5,89.6
Pacífico-Centro	712	14.0	89.5	84.4,93.0
Centro-Norte	1 599	16.4	86.7	84.3,88.7
Centro	751	12.6	88.1	84.2,91.1
CDMX/Edo. México	899	26.5	87.9	84.4,90.6
Pacífico-Sur	789	16.4	87.4	83.7,90.3
Península	1 249	13.1	88.8	86.2,90.9

n: Tamaño de muestra muestral; N: Tamaño de muestra expandida en millones; IC: Intervalo de confianza.

y fue menor en los grupos de 11-19 (55.5%), 60+ años (60.9%), 4-10 (68.4%) y 1-3 (68.6%) (figura 1). La prevalencia de seroprotección suficiente fue similar por localidad (70 a 75%) (material suplementario figura A2)¹⁷ y por regiones (70.7 a 76.5%) (material suplementario figura A3).¹⁷

Discusión

El estándar de oro para evaluar seroprotección contra tétanos es la determinación de anticuerpos neutralizantes contra TT mediante ensayos de neutralización.⁴ En este estudio, se estimó la seroprotección mediante ELISA, la cual correlaciona con neutralización ($r = \geq 0.89$);^{4,19,20} además, ésta es técnica y económicamente más viable para estudios poblacionales.

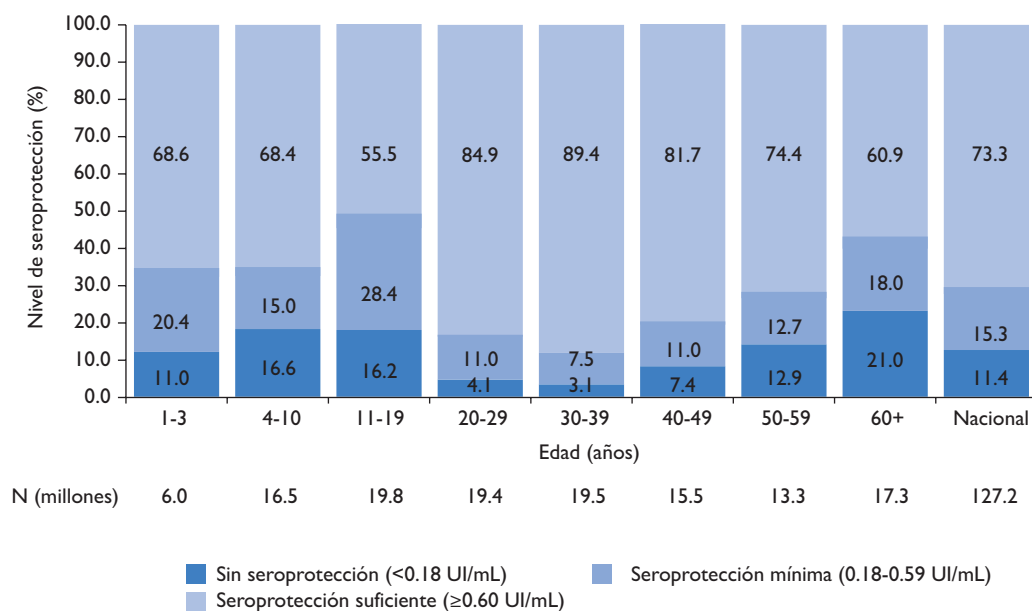
La seroprotección total en el ámbito nacional fue de 88.6%, ligeramente menor a la cobertura de vacunación (90.0%) recomendada por la OMS para garantizar protección de la población ante un brote de tétanos y eliminar el tétanos materno y neonatal.²¹ La seroprotección en niños de 1-3 años fue 88.1%, superior a la cobertura reportada a nivel mundial en población infantil (84%).⁵ En niños de 4-10 años y adolescentes, la seroprotección disminuyó hasta 82.6%, similar a otros reportes,²²⁻²⁴ por ello, se recomienda un refuerzo de la vacuna Td en adolescentes.^{2,4}

Es preocupante que entre 11.0 y 16.6% de niños de 1-3 y 4-10 años, respectivamente, estén debajo del umbral de seroprotección. Las tasas de seroconversión para tétanos después de aplicar tres o cuatro dosis de vacunas conjugadas son altas,^{10,25-28} lo que sugiere que estos grupos de niños no fueron vacunados, recibieron vacunación incompleta o no tuvieron refuerzos.

Asumiendo la seroprotección contra tétanos como una aproximación válida de seroprotección contra los demás componentes de la vacuna pentavalente/hexavalente, la ausencia de seroprotección contra tétanos en población infantil implica falta de seroprotección contra difteria, tosferina, poliomielitis, *Haemophilus influenzae* tipo B y hepatitis B.^{2-4,9,10}

En el plano nacional, 26.7% de la población necesita dosis de refuerzo, siendo los grupos prioritarios de 4-10, 11-19 y 60+ años; mientras, la seroprotección suficiente del grupo de 20-49 fue mayor, posiblemente por aplicación de refuerzos contra tétanos asociados con salud en el trabajo, mujeres en edad reproductiva y embarazadas.²⁹⁻³¹

Se estimaron cifras de seroprotección más altas que las coberturas de vacunación reportadas por cartilla, autorreporte o registro administrativo.⁶⁻⁸ Las diferencias se pueden explicar por la falta de sensibilidad en los documentos, la memoria de los participantes o bien por



N: Tamaño de muestra expandida en millones.

FIGURA 1. NIVEL DE SEROPROTECCIÓN CONTRA TÉTANOS POR GRUPO DE EDAD Y NACIONAL. MÉXICO, ENSANUT CONTINUA 2022

tratarse de poblaciones diferentes; por ello, es necesario realizar seroencuestas que midan seroconversión/seroprotección de una población.^{9,10,12-15} Sin embargo, a pesar de las diferencias, las coberturas de vacunación tienen la misma tendencia que los presentes resultados.

Conclusión

La prevalencia de seroprotección mínima es alta, cercana al nivel recomendado por la OMS (90%). Sin embargo, es necesario reforzar los esquemas de la vacuna hexavalente en niños de 1-3 años sin seroprotección, que sugieren esquemas incompletos o no vacunados, así como aplicar refuerzos de tétanos a adultos mayores, adolescentes y niños de 4-10 para incrementar la seroprotección suficiente. Además, se requieren estudios de seroprotección frecuentes para evaluar la cobertura de vacunación real en México.

Agradecimientos

A todo el personal encargado de la logística y recolección de la Ensanut, así como a Manuel Velázquez Meza, Karla Martínez Aguilar, Jumara Martínez Barranca, Sugrey Bravo Romero, Margarita Hernández Salgado y Sara Bahena Reyes por la asistencia técnica.

Financiamiento

Este estudio fue financiado por la Secretaría de Salud de México a través del Instituto Nacional de Salud Pública y por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos (GRANT: NU50CK000493) a través del Convenio de Cooperación CDC-México para Vigilancia, Epidemiología y Capacidad de Laboratorio.

Declaración de conflicto de intereses. Los autores declararon no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Yen LM, Thwaites CL. Tetanus. *Lancet*. 2019;393(10181):1657-68. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)33131-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)33131-3)
2. Centro Nacional para la Salud de la Infancia y Adolescencia. Manual de Vacunación 2021 [Internet]. México: Censia, 2022 [citado junio 20, 2024]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/censia/es/articulos/manual-de-vacunacion-2021-295402?idiom=es>
3. Centro Nacional para la Salud de la Infancia y Adolescencia. Lineamientos Generales del Programa de Vacunación Universal 2023 [Internet]. México: Censia, 2023 [citado junio 24, 2024]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/censia/documentos/lineamientos-generales-del-programa-de-vacunacion-universal-2023>

4. Organización Mundial de la Salud. WHO Immunological Basis for Immunization Series. Module 3: Tetanus, 2018. Ginebra: OMS, 2018 [citado febrero 22, 2024]. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/275340/9789241513616-eng.pdf?sequence=1>
5. Organización Panamericana de la Salud. Hoja informativa: Estimación OMS/UNICEF de la cobertura nacional de inmunización en 2022 [Internet]. Washington D. C.: OPS, 2023. [citado marzo 10, 2024]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/documentos/hoja-informativa-estimacion-oms-unicef-cobertura-nacional-inmunizacion-2022#:~:text=La%20cobertura%20de%20una%20tercera,a%20enfermedades%20prevenibles%20mediante%20vacunaci%C3%B3n>
6. Centro Nacional para la Salud de la Infancia y Adolescencia. Histórico de Coberturas de vacunación 2019-2023 [Internet]. México: Censia, 2024 [citado junio 10, 2024]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/censia/es/articulos/historico-de-coberturas-de-vacunacion-2019-2023?idiom=es>
7. Mongua-Rodríguez N, Delgado-Sánchez G, Ferreira-Guerrero E, Ferreyra-Reyes L, Martínez-Hernández M, Cenizales-Quintero S, et al. Cobertura de vacunación en niños, niñas y adolescentes en México. *Salud Publica Mex.* 2023;65(supl 1):S23-S33. <https://doi.org/10.21149/14790>
8. García-Hernández H, Zárate-Ramírez J, Kammar-García A, García-Peña C. Estimation of vaccination coverage and associated factors in older Mexican adults. *Epidemiol Infect.* 2023;151:e134. <https://doi.org/10.1017/S0950268823001218>
9. Travassos MA, Beyene B, Adam Z, Campbell JD, Mulholland N, Diarra SS, et al. Immunization coverage surveys and linked biomarker serosurveys in three regions in Ethiopia. *PLoS One.* 2016;11(3):e0149970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149970>
10. Campbell JD, Pasetti MF, Oot L, Adam Z, Tefera M, Beyene B, et al. Linked vaccination coverage surveys plus serosurveys among Ethiopian toddlers undertaken three years apart to compare coverage and serologic evidence of protection in districts implementing the RED-QI approach. *Vaccine.* 2021;39(40):5802-13. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.08.071>
11. Hernández-Ávila M, Palacio-Mejía LS, Hernández-Ávila JE, Charvel S. Vaccination in Mexico: imprecise coverages and deficiency in the follow-up of children with incomplete immunization. *Salud Publica Mex.* 2020;62(2):215-24. <https://doi.org/10.21149/10682>
12. Cutts FT, Hanson M. Seroepidemiology: an underused tool for designing and monitoring vaccination programmes in low- and middle-income countries. *Trop Med Int Health.* 2016;21(9):1086-98. <https://doi.org/10.1111/tmi.12737>
13. López-Gatell H, García-García L, Echániz-Avilés G, Cruz-Hervert P, Olamendi-Portugal M, Castañeda-Desales D, et al. Hepatitis B seroprevalence in 10-25-year-olds in Mexico - the 2012 national health and nutrition survey (ENSANUT) results. *Hum Vaccin Immunother.* 2019;15(2):433-9. <https://doi.org/10.1080/21645515.2018.1533617>
14. Díaz-Ortega JL, Ferreira-Guerrero E, Cruz-Hervert LP, Delgado-Sánchez G, Ferreyra-Reyes L, Yanes-Lane M, et al. Seroprevalence of measles antibodies and factors associated with susceptibility: a national survey in Mexico using a plaque reduction neutralization test. *Sci Rep.* 2020;10(1):17488. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73618-8>
15. Basto-Abreu A, Carnalla M, Torres-Ibarra L, Sanchez-Pájaro A, Romero-Martínez M, Martínez-Barnette J, et al. SARS-CoV-2 seroprevalence and vaccine coverage from August to November 2021: A nationally representative survey in Mexico. *J Med Virol.* 2023;95(8):e29038. <https://doi.org/10.1002/jmv.29038>
16. Romero-Martínez M, Barrientos-Gutiérrez T, Cuevas-Nasu L, Bautista-Arredondo S, Colchero MA, Gaona-Pineda EB, et al. Metodología de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2022 y Planeación y diseño de la Ensanut Continua 2020-2024. *Salud Publica Mex.* 2022;64(5):522-9. <https://doi.org/10.21149/14186>
17. Gaspar-Castillo C, Dimas-González J, Carnalla M, Barrientos-Gutiérrez T, Shamah-Levy T, Lazcano-Ponce E, et al. Anexo S1. Determinación de los valores de corte de un ELISA IgG anti-toxoide tetánico en muestras pareadas de papel filtro y suero de la Ensanut Continua 2022. Figshare. Journal contribution. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.26408128.v1>
18. Carnalla M, Basto-Abreu A, Stern D, Colchero MA, Bautista-Arredondo S, Alpuche-Aranda CM, et al. Prevalence of antibodies and SARS-CoV-2 vaccination in Mexico 2022. *Salud Publica Mex.* 2023;65(supl 1):S135-45. <https://doi.org/10.21149/14834>
19. Simonsen O, Bentzon MW, Heron I. ELISA for the routine determination of antitoxic immunity to tetanus. *J Biol Stand.* 1986;14(3):231-9. [https://doi.org/10.1016/0092-1157\(86\)90008-9](https://doi.org/10.1016/0092-1157(86)90008-9)
20. Gupta RK, Siber GR. Comparative analysis of tetanus antitoxin titers of sera from immunized mice and guinea pigs determined by toxin neutralization test and enzyme-linked immunosorbent assay. *Biologicals.* 1994;22(3):215-9. <https://doi.org/10.1006/biol.1994.1031>
21. Organización Mundial de la Salud. Implementing the Immunization Agenda 2030. A Framework for Action through Coordinated Planning, Monitoring & Evaluation, Ownership & Accountability, and Communications & Advocacy [Internet]. Ginebra: OMS, 2021 [citado febrero 16, 2024]. Disponible en: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/immunization/strategy/ia2030/ia2030_frameworkforactionv04.pdf?sfvrsn=e5374082_1&download=true
22. Li YT, Luo XQ, Zhong XB, Cai LM, Zhu LP, Chen XQ, et al. Seroprevalences of antibodies against pertussis, diphtheria, tetanus, measles, mumps and rubella: A cross-sectional study in children following vaccination procedure in Guangzhou, China. *Vaccine.* 2020;38(23):3960-7. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.03.056>
23. Zhang C, Hu W, Ma Y, Li L, Si Y, Zhang S. Seroepidemiology of tetanus among healthy people aged 1-59 years old in Shaanxi Province, China. *Vaccines.* 2022;10(11):1806. <https://doi.org/10.3390/vaccines10111806>
24. Thwaites CL, Thanh TT, Ny NTH, Nguyet LA, Nhat NTD, Thuy CT, et al. Seroprotection against tetanus in southern Vietnam. *Vaccine.* 2023;41(13):2208-13. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.02.036>
25. Madhi SA, Cutland C, Jones S, Groome M, Ortiz E. One-year post-primary antibody persistence and booster immune response to a DTap-IPV//PRP-T vaccine (Pentaxim) given at 18 - 19 months of age in South African children primed at 6, 10 and 14 weeks of age with the same vaccine. *S Afr Med J.* 2011;101(12):879-83.
26. Evdokimov K, Sayasinh K, Nouanthong P, Vilivong K, Samouny B, Phonekeo D, et al. Low and disparate seroprotection after pentavalent childhood vaccination in the Lao People's Democratic Republic: a cross-sectional study. *Clin Microbiol Infect.* 2017;23(3):197-202. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2016.10.007>
27. Ekrami-Noghabi M, Saffar MJ, Rezaei S, Saffar H, Hosseinzadeh F, et al. Immunogenicity and complications of the pentavalent vaccine in Iranian children. *Front Pediatr.* 2021;9:716779. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.716779>
28. Liu B, Cao B, Wang C, Han B, Sun T, Miao Y, et al. Immunogenicity and safety of childhood combination vaccines: a systematic review and meta-analysis. *Vaccines.* 2022;10(3):472. <https://doi.org/10.3390/vaccines10030472>
29. Organización Mundial de la Salud. Tetanus vaccines: WHO position paper, February 2017 - Recommendations. *Vaccine.* 2018;36(25):3573-5. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.02.034>
30. Organización Mundial de la Salud. Protecting all against tetanus: guide to sustaining maternal and neonatal tetanus elimination (MNTE) and broadening tetanus protection for all populations [Internet]. Ginebra: OMS, 2019 [citado marzo 23, 2024]. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329882/9789241515610-eng.pdf?sequence=1>
31. Organización Mundial de la Salud. Immunization Agenda 2030: A Global Strategy To Leave No One Behind [Internet]. Ginebra: OMS, 2020 [citado febrero 11, 2024]. Disponible en: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/immunization/strategy/ia2030/ia2030-draft-4-wha_b8850379-1fce-4847-bfd1-5d2c9d9e32f8.pdf?sfvrsn=5389656e_69&download=true