

Comportamiento epidemiológico de la tosferina en Colombia durante 2019–2024

Farhlyn Paola Bermúdez Moreno
Fundación Universitaria Del Área Andina
fbermudez@areandina.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6587-8939>

Claudia Marina Mariño Neira
Fundación Universitaria Del Área Andina
cmarino2@areandina.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7522-6528>

Sandra Yineth Chacón Bambague
Fundación Universitaria Del Área Andina
schacon3@areandina.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-2196-8190>

Artículo de investigación

Recepción el 01-04-2026
Aceptación el 20-07-2026
Publicado el 15-08-2026

Resumen

La tos ferina es una enfermedad respiratoria transmisible que continúa siendo un evento de interés en salud pública, con comportamiento dinámico y mayor afectación en población infantil y contextos de vulnerabilidad. El objetivo se centró en analizar el comportamiento epidemiológico de la tos ferina en Colombia durante el periodo 2019–2024, considerando sus dimensiones sociodemográficas, epidemiológicas, clínicas y programáticas, y su asociación con desenlaces de gravedad y mortalidad, con el fin de generar evidencia útil para la toma de decisiones en salud pública. La metodología se desarrolló un estudio observacional de tipo ecológico, con componente analítico y enfoque de series temporales, basado en registros nacionales de vigilancia epidemiológica, mediante estimación de tasas de incidencia, análisis de tendencias temporales con regresión de Poisson y evaluación de factores asociados a gravedad y mortalidad mediante odds ratio e intervalos de confianza del 95 %. Como resultado se identificó un comportamiento fluctuante de la tos ferina en el tiempo, con mayor concentración de casos en menores de un año y una asociación significativa entre la gravedad del evento y la edad temprana. La mortalidad se concentró en poblaciones en condiciones de vulnerabilidad, particularmente en comunidades indígenas y áreas rurales dispersas. Se evidenció además una distribución geográfica heterogénea, con mayores tasas en territorios periféricos. No se observó una asociación estadísticamente significativa entre la cobertura de vacunación y la incidencia del evento. Estos hallazgos evidencian que la tos ferina en Colombia se configura como un evento marcado por desigualdades poblacionales y territoriales, lo que resalta la necesidad de enfoques diferenciales en su análisis y abordaje.

Palabras clave: Tosferina, Epidemiología, Incidencia, Factores de Riesgo



Introducción

La tos ferina constituye una infección respiratoria aguda altamente contagiosa, causada principalmente por la bacteria *Bordetella pertussis*. Su transmisión ocurre de persona a persona mediante gotas respiratorias producidas al toser o estornudar, así como por contacto directo con secreciones respiratorias (Wang et al., 2025). A pesar de la disponibilidad de programas de vacunación sistemática, la tos ferina continúa representando un problema relevante de salud pública a nivel global (World Health Organization [WHO], 2023; Wang et al., 2025). Esta enfermedad afecta de manera predominante a la población infantil, especialmente a lactantes menores de un año, grupo en el que se concentra la mayor carga de morbilidad (Kandeil et al., 2020).

Aunque la implementación de esquemas de inmunización ha permitido reducir de forma sustancial la incidencia global, la tos ferina mantiene un comportamiento epidemiológico dinámico, caracterizado por ciclos periódicos de incremento y reemergencia en diversos contextos (Wang et al., 2025). En América Latina, su incidencia presenta variaciones importantes entre países, con tasas que pueden oscilar entre 1 y 20 casos por 100.000 habitantes en periodos epidémicos, lo que refleja brechas en cobertura vacunal y vigilancia epidemiológica (Gentile et al., 2021; Ulloa-Gutiérrez et al., 2025). Este comportamiento regional evidencia que la enfermedad persiste como un problema de salud pública no resuelto, particularmente en escenarios marcados por inequidades sociales y territoriales.

Este fenómeno responde a factores multifactoriales, entre ellos la disminución progresiva de la inmunidad, la circulación de cepas bacterianas con variaciones genéticas, las brechas en las coberturas de refuerzo y la presencia de portadores asintomáticos, particularmente en adolescentes y adultos (Nunes et al., 2021). Adicionalmente, la pandemia por COVID-19 alteró la

dinámica de transmisión de las enfermedades respiratorias, con una reducción inicial en la notificación de casos, seguida de un incremento posterior asociado a cambios en la vigilancia epidemiológica y en las coberturas de vacunación (Bonilla-Bravo et al., 2025; Vargas-Zambrano et al., 2026).

En América Latina, la tos ferina continúa siendo un evento de notificación obligatoria; sin embargo, la región enfrenta limitaciones importantes en la vigilancia epidemiológica, tales como subregistro, baja sospecha clínica en población adulta y capacidad diagnóstica limitada (Ulloa-Gutiérrez et al., 2025). Aunque los países han implementado esquemas estructurados de vacunación infantil, las coberturas siguen siendo heterogéneas y, en muchos casos, insuficientes para garantizar la inmunidad colectiva. Asimismo, la vacunación en gestantes, considerada una estrategia clave para la protección del recién nacido, presenta coberturas subóptimas en diversos contextos, lo que incrementa la vulnerabilidad de los lactantes (Gentile et al., 2021).

En Colombia, la tos ferina ha presentado comportamientos epidémicos cíclicos, con incrementos significativos en la incidencia y una alta concentración de casos en menores de un año (Carrasquilla et al., 2020). Si bien la introducción de la vacunación materna ha contribuido a la reducción de la mortalidad en este grupo poblacional, persisten desafíos relacionados con la vigilancia epidemiológica, el diagnóstico oportuno y la cobertura vacunal (Instituto Nacional de Salud [INS], 2024). Durante la pandemia por COVID-19 se observó una disminución en los casos notificados, seguida de un posible subregistro asociado a limitaciones en la detección y a cambios en la dinámica de atención en salud (Bonilla-Bravo et al., 2025).

A nivel global, aunque la carga de enfermedad ha disminuido, los lactantes continúan siendo el grupo más afectado, con mayores tasas de hospitalización y mortalidad, lo que evidencia la necesidad de fortalecer

las estrategias de prevención y control (Kandeil et al., 2020). En este contexto, resulta fundamental comprender la tos ferina desde un enfoque integral que articule dimensiones sociodemográficas, epidemiológicas, clínicas y programáticas, incluyendo la cobertura vacunal y la capacidad del sistema de vigilancia.

Pese a la disponibilidad de reportes nacionales y regionales sobre tos ferina, persisten vacíos en la comprensión integrada de su comportamiento reciente en Colombia, particularmente en la articulación entre patrones temporales, desigualdades territoriales, vulnerabilidad social y desenlaces clínicos. Esta brecha limita la formulación de respuestas programáticas focalizadas y justifica el desarrollo del presente estudio, cuyo propósito fue analizar el comportamiento epidemiológico de la tos ferina en Colombia durante el periodo 2019–2024, considerando sus dimensiones sociodemográficas, epidemiológicas, clínicas y programáticas, así como su asociación con desenlaces de gravedad y mortalidad, con el fin de generar evidencia útil para la toma de decisiones en salud pública.

Metodología

Se realizó un estudio observacional, ecológico, analítico y retrospectivo con enfoque de series temporales, orientado a caracterizar el comportamiento epidemiológico de la tosferina en Colombia durante el periodo 2019–2024. Este diseño permitió analizar la distribución temporal, poblacional y territorial del evento, así como explorar factores asociados a desenlaces de gravedad y mortalidad a partir de información secundaria de vigilancia epidemiológica.

Las fuentes de información incluyeron los registros nacionales de casos confirmados de tos ferina notificados al Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA), las proyecciones poblacionales oficiales del Departamento Administrativo Nacional de

Estadística (DANE), utilizadas como denominadores para la estimación de tasas, los registros de coberturas de vacunación del Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI) y los informes epidemiológicos del Instituto Nacional de Salud (INS), empleados para la contextualización y validación de los hallazgos.

La población de estudio estuvo conformada por la totalidad de los casos confirmados de tosferina registrados en Colombia entre 2019 y 2024. La unidad primaria de análisis correspondió al caso individual notificado al sistema de vigilancia, mientras que para el análisis ecológico se utilizaron unidades agregadas por año epidemiológico, semana epidemiológica y departamento de residencia.

Las variables analizadas se agruparon en cuatro dimensiones. La dimensión sociodemográfica incluyó sexo, edad, pertenencia étnica, área de residencia, condición migratoria y afiliación al sistema de salud. La dimensión epidemiológica comprendió año de ocurrencia, semana epidemiológica y entidad territorial de procedencia. La dimensión clínica incluyó hospitalización, ingreso a unidad de cuidados intensivos y condición final del caso (supervivencia o fallecimiento). Finalmente, la dimensión programática incorporó las coberturas anuales de vacunación con pentavalente en población infantil y Tdap en gestantes.

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo mediante frecuencias absolutas, proporciones y medidas de ocurrencia. Se calcularon tasas de incidencia anual y acumulada por 100.000 habitantes utilizando como denominadores las proyecciones poblacionales oficiales del DANE. Asimismo, se estimaron proporciones de hospitalización, mortalidad y letalidad para los principales grupos poblacionales considerados de interés epidemiológico, incluyendo lactantes menores de un año, menores de dos meses, población indígena, migrantes, residentes en áreas rurales dispersas y personas sin aseguramiento en salud.

Para evaluar la evolución temporal del evento se construyeron series cronológicas anuales y se estimaron razones de tasas mediante modelos de regresión de Poisson, utilizando la incidencia como variable dependiente y el año epidemiológico como variable explicativa. Los resultados se expresaron mediante razones de tasas (RT) e intervalos de confianza del 95 %, con el propósito de identificar cambios relativos en la ocurrencia de la enfermedad durante el periodo de estudio.

El análisis territorial se realizó mediante la estimación de incidencias acumuladas departamentales por 100.000 habitantes, permitiendo identificar patrones espaciales de distribución y desigualdades geográficas en la carga de enfermedad. Las incidencias se calcularon utilizando el número acumulado de casos confirmados y las poblaciones proyectadas para cada entidad territorial durante el periodo analizado.

Con el fin de identificar factores asociados a desenlaces de gravedad y mortalidad, se efectuó un análisis bivariado mediante tablas de contingencia 2×2. Se consideró como desenlace grave la ocurrencia de hospitalización y/o evolución clínica severa registrada en el sistema de vigilancia. Para cada variable de exposición se calcularon razones de momios (odds ratio [OR]), intervalos de confianza del 95 % (IC 95 %) y valores de p. Las exposiciones evaluadas incluyeron edad menor de un año, edad menor de dos meses, sexo masculino, condición migratoria, pertenencia étnica indígena, residencia en área rural dispersa y ausencia de aseguramiento en salud.

Para finalizar, se exploró la relación entre la incidencia anual de tosferina y las coberturas nacionales de vacunación mediante análisis de correlación ecológica, utilizando como unidad de análisis el año epidemiológico (Hilbe, 2011). La magnitud y dirección de la asociación fueron evaluadas considerando criterios de significancia estadística del 5 %, con el fin de identificar posibles relaciones entre el desempeño

programático y la ocurrencia del evento.

Todos los análisis se realizaron con un nivel de confianza del 95 % y un valor de significancia estadística de $p < 0,05$. El estudio fue clasificado como investigación sin riesgo, de acuerdo con la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, dado que utilizó exclusivamente información secundaria anonimizada y de acceso público, garantizando la confidencialidad de los datos y el cumplimiento de los principios éticos aplicables a la investigación en salud.

Resultados

Durante el periodo 2019–2024 se registraron 796 casos confirmados de tos ferina en Colombia, de los cuales 547 contaron con confirmación por laboratorio. Del total de casos, 585 requirieron hospitalización y se notificaron 32 fallecimientos. Estos hallazgos evidencian una carga importante de enfermedad, con una elevada proporción de casos que evolucionan a formas graves, lo que refleja la relevancia clínica y epidemiológica del evento en el país.

La distribución por sexo mostró una ligera predominancia en hombres (52,6 %) frente a mujeres (47,4 %), sin diferencias sustanciales entre ambos grupos. Este comportamiento sugiere que el riesgo de infección y progresión clínica no presenta variaciones relevantes asociadas al sexo en la población estudiada (Tabla 1).

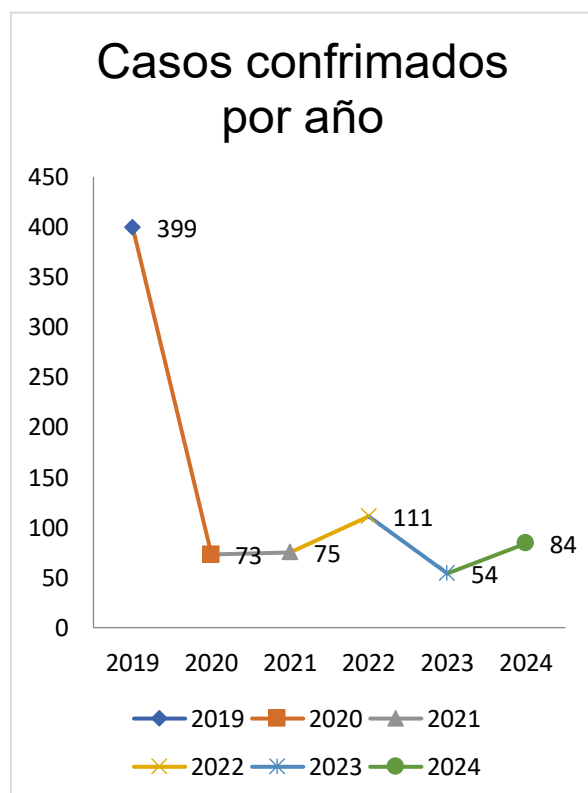
Tabla 1.
Distribución de casos confirmados de tos ferina según sexo.

Sexo	Casos (n)	%
Femenino	377	47,4
Masculino	419	52,6

La evolución temporal de los casos evidenció un descenso marcado entre 2019 y 2020, seguido de fluctuaciones interanuales hasta 2024. Este patrón irregular indica un comportamiento epidemiológico no lineal, compatible con variaciones en la transmisión, posibles cambios en la captación de casos y alteraciones en los sistemas de vigilancia, particularmente durante el periodo de pandemia (Figura 1).

Figura 1.

Distribución temporal de los casos confirmados de tos ferina en Colombia, 2019–2024.

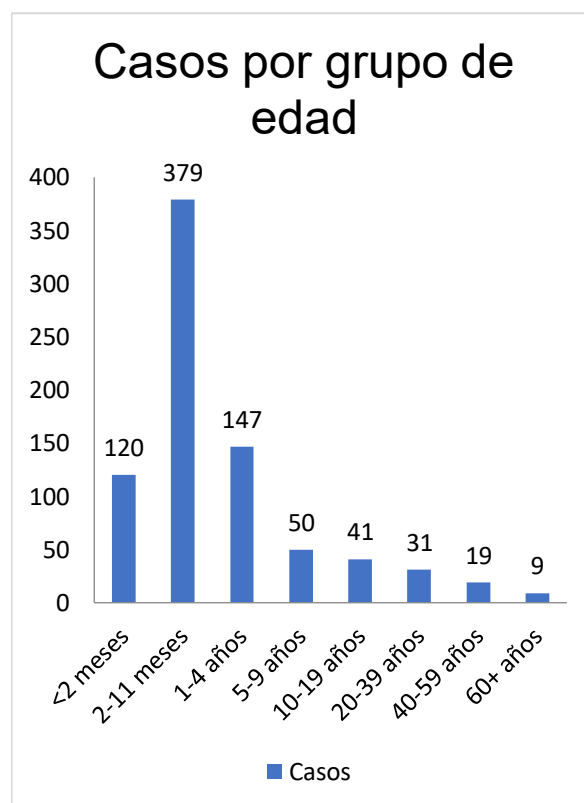


En cuanto a la distribución por grupos de edad se evidenció una concentración marcada de casos en población infantil, especialmente en lactantes entre 2 y 11 meses, seguidos de menores de 2 meses. A partir de los 5 años, la frecuencia de casos disminuye de manera progresiva.

Este patrón confirma la mayor susceptibilidad en etapas tempranas de la vida, asociada a inmadurez inmunológica y menor protección vacunal (Figura 2).

Figura 2.

Casos confirmados de tos ferina por grupo de edad.



Los menores de un año concentraron el 62,7 % de los casos, así como la mayor proporción de hospitalización y mortalidad. Adicionalmente, se identificaron mayores tasas de letalidad en población indígena y en residentes de áreas rurales dispersas. Estos resultados evidencian que la carga de enfermedad y los desenlaces adversos se distribuyen de manera desigual, afectando con mayor intensidad a poblaciones en condiciones de vulnerabilidad social y territorial (Tabla 2).

Tabla 2.

Distribución de casos, hospitalización y letalidad de tos ferina según condiciones de vulnerabilidad, Colombia, 2019–2024.

Condición de vulnerabilidad	Casos (n)	% del total de casos	Hospitalizados (n)	Fallecidos (n)	Letalidad (%)
Menores de 1 año	499	62,7	461	22	4,4
Menores de 2 meses	120	15,1	114	5	4,2
Migrante	80	10,1	70	3	3,8
Nacionalidad venezolana	76	9,5	66	3	3,9
Pertenencia étnica indígena	190	23,9	70	22	11,6
Población indígena	147	18,5	60	16	10,9
Área rural dispersa	208	26,1	99	23	11,1
No asegurado	167	21,0	109	11	6,6

La distribución geográfica mostró una marcada heterogeneidad en la incidencia entre departamentos. Territorios como Vaupés, La Guajira, Caquetá y Chocó registraron las mayores tasas, mientras que departamentos con mayor población presentaron menores incidencias relativas. Este comportamiento

muestra una mayor intensidad del evento en zonas periféricas como en los territorios de la Amazonía y la región Caribe, donde confluyen condiciones estructurales de vulnerabilidad y posibles limitaciones en el acceso a servicios de salud (Tabla 3).

Tabla 3.

Distribución geográfica de casos e incidencia acumulada de tos ferina por departamento, 2019–2024.

Departamento	Casos (n)	Población acumulada (2019-2024)	Incidencia acumulada (por 100.000 hab.)
Vaupés	47	256.391	18,331
Guajira	65	5.947.817	1,093
Caquetá	22	2.498.447	0,881
Chocó	29	3.403.317	0,852
Antioquia	149	40.365.455	0,369
Guainía	1	325.271	0,307
Arauca	5	1.638.592	0,305
Norte de Santander	29	9.826.371	0,295
Risaralda	17	5.882.260	0,289
Huila	20	6.945.443	0,288
Santander	37	13.921.923	0,266
Casanare	6	2.706.079	0,222
Bogotá, D.C.	103	46.707.480	0,221
Cundinamarca	43	19.621.001	0,219
Magdalena	19	8.797.567	0,216

Departamento	Casos (n)	Población acumulada (2019-2024)	Incidencia acumulada (por 100.000 hab.)
Cesar	16	8.136.294	0,197
Boyacá	14	7.569.512	0,185
Caldas	11	6.208.368	0,177
Tolima	13	8.178.005	0,159
Valle del Cauca	43	27.794.388	0,155
Nariño	13	10.063.160	0,129
Quindío	4	3.311.920	0,121
Cauca	11	9.228.914	0,119
Bolívar	14	13.070.660	0,107
Sucre	6	5.867.253	0,102
Atlántico	14	16.459.797	0,085
Meta	5	6.647.947	0,075
Putumayo	1	2.225.383	0,045
Córdoba	1	11.402.512	0,009

El análisis de asociación entre la exposición y la gravedad y mortalidad evidenció que la edad menor de un año, y especialmente menor de 2 meses, se relaciona con un incremento significativo en la probabilidad de desenlaces graves o letales. Asimismo, la condición de migrante se asoció con mayor riesgo de

gravedad, mientras que la mortalidad mostró asociación con pertenencia étnica indígena y residencia en áreas rurales dispersas. Estos hallazgos indican que la severidad del evento responde tanto a factores biológicos como a determinantes sociales de la salud (Tabla 4).

Tabla 4.

Asociación entre variables de exposición y desenlaces en tos ferina, Colombia, 2019–2024.

Desenlace	Variable de Exposición	a	b	c	d	OR	IC95% (LI)	IC95% (LS)	p
Grave o letal	Menor de 1 año	467	32	130	167	18,747	12,253	28,683	0,0000
	Menor de 2 meses	114	6	483	193	7,592	3,285	17,547	0,0000
	Sexo masculino	316	103	281	96	1,048	0,760	1,445	0,7742
	Migrante	70	10	527	189	2,510	1,268	4,971	0,0065
	Etnia indígena	82	108	515	91	0,134	0,093	0,193	0,0000
	Población indígena	70	77	527	122	0,210	0,144	0,307	0,0000
	Área rural dispersa	111	97	486	102	0,240	0,170	0,339	0,0000
	No asegurado	114	53	483	146	0,650	0,447	0,946	0,0237
	Menor de 1 año	22	477	10	287	1,324	0,618	2,835	0,4693
	Menor de 2 meses	5	115	27	649	1,045	0,394	2,770	0,9293
Fallecimiento	Sexo masculino	17	402	15	362	1,021	0,502	2,073	0,9551
	Migrante	3	77	29	687	0,923	0,275	3,101	1,0000
	Etnia indígena	22	168	10	596	7,805	3,625	16,804	0,0000
	Población indígena	16	131	16	633	4,832	2,357	9,908	0,0000
	Área rural dispersa	23	185	9	579	7,998	3,636	17,592	0,0000
	No asegurado	11	156	21	608	2,042	0,964	4,324	0,0575

El análisis de la relación entre cobertura de vacunación e incidencia no evidenció una asociación estadísticamente significativa. Aunque se identificaron tendencias variables en el tiempo, estas no permiten establecer una relación concluyente entre ambas variables. Este resultado sugiere la influencia de factores adicionales, como la calidad de la vacunación, el subregistro y la dinámica de la vigilancia epidemiológica, en la ocurrencia del evento (Tabla 5).

Tabla 5.

Casos confirmados, incidencia y cobertura de vacunación contra tos ferina en Colombia, 2019–2024.

Año	Casos (n)	Incidencia (por 100.000 hab.)	Cobertura pentavalente 3 (%)
2019	399	0,810	93,5
2020	73	0,145	87,9
2021	75	0,147	86,5
2022	111	0,215	87,5
2023	54	0,104	90,1
2024	84	0,160	85,5

Conclusiones

Los resultados del presente estudio evidencian que la tos ferina en Colombia, durante el periodo 2019–2024, presenta un comportamiento epidemiológico heterogéneo, con variaciones interanuales y una distribución territorial diferenciada.

En la dimensión sociodemográfica, la mayor carga de enfermedad y el riesgo de desenlaces graves se concentran en menores de un año, especialmente en lactantes menores de dos meses, lo que confirma la alta vulnerabilidad de este grupo en etapas tempranas de la vida.

Los hallazgos respaldan la necesidad de priorizar estrategias de prevención y control orientadas a lactantes pequeños y poblaciones socialmente vulnerables. Aunque el presente estudio no evaluó de manera directa la efectividad de la vacunación materna ni el desempeño diagnóstico, los patrones observados sugieren la pertinencia de fortalecer estos componentes dentro de la respuesta programática.

Limitaciones

Este estudio presenta importantes fortalezas metodológicas, destacándose el uso de fuentes oficiales de alcance nacional, como SIVIGILA, DANE y el Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI), las cuales permitieron realizar una caracterización integral del comportamiento epidemiológico de la tosferina en Colombia durante el periodo 2019–2024. Sin embargo, los resultados deben interpretarse a la luz de las limitaciones inherentes al uso de datos secundarios, entre las que se incluyen posibles niveles de subregistro, errores de clasificación y variaciones en la calidad y oportunidad de la notificación, factores que podrían influir en la estimación de la magnitud y distribución del evento. Adicionalmente, debido al diseño ecológico del estudio, las asociaciones observadas entre cobertura de vacunación, incidencia y desenlaces clínicos deben interpretarse con cautela, dado que no permiten establecer relaciones causales a nivel individual.

Referencias

- Bonilla-Bravo, V., Montilla-Escudero, E., Castro-Martínez, X., Rojas, F., Duarte, C., Aparicio, S., Gómez-Rangel, S. Y., Rodríguez-Romero, P., Bonilla, S. L., Prieto-Alvarado, F., Rojas-Sotelo, J., & Rey-Benito, G. (2025). Positivity analysis of *Bordetella* spp. and SARS-CoV-2 coinfections in clinical samples from Colombia, 2021–2022. *Microbiology Spectrum*, 13(10), e01242-25. <https://doi.org/10.1128/spectrum.01242-25>
- Carrasquilla, G., Porras, A., Martínez, S., DeAntonio, R., Devadiga, R., Cáceres, D. C., & Juliao, P. (2020). Incidence and mortality of pertussis disease in infants <12 months of age following introduction of pertussis maternal universal mass vaccination in Bogotá, Colombia. *Vaccine*, 38(46), 7384–7392. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.07.046>
- Gentile, Á., Torres-Torreti, J. P., López-López, P., & Ulloa-Gutiérrez, R. (2021). Cambios epidemiológicos y actualidades sobre vacunación contra *Bordetella pertussis* en Latinoamérica. *Revista Chilena de Infectología*, 38(2), 232–242. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182021000200232>
- Hilbe, J. M. (2011). *Negative binomial regression*. Cambridge University Press.
- Instituto Nacional de Salud. (2024). *Protocolo de vigilancia en salud pública: Tos ferina* (versión 5). <https://doi.org/10.33610/KWIE3595>
- Kandeil, W., van den Ende, C., Bunge, E. M., Jenkins, V. A., Ceregado, M. A., & Guignard, A. (2020). A systematic review of the burden of pertussis disease in infants and the effectiveness of maternal immunization against pertussis. *Expert Review of Vaccines*, 19(7), 621–638. <https://doi.org/10.1080/14760584.2020.1791092>
- Nunes, A., Abreu, A., Furtado, B., Soares da Silva, A., Coelho, E. B., & de Barros, E. N. (2021). Epidemiology of pertussis among adolescents, adults, and older adults in selected countries of Latin America: A systematic review. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 17(6), 1733–1746. <https://doi.org/10.1080/21645515.2020.1827613>
- Ulloa-Gutiérrez, R., Hozbor, D., Avila-Aguero, M. L., Echániz-Aviles, G., Gentile, A., Torres-Torretti, J. P., Heininger, U., Muloiwa, R., Wirsing von König, C. H., Forsyth, K., & Tan, T. Q. (2025). Country-specific data and priorities for pertussis in Latin America: Recent findings from the Global Pertussis Initiative. *Open Forum Infectious Diseases*, 12(5), ofaf154. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofaf154>
- Vargas-Zambrano, J. C., Abrudan, S., & Macina, D. (2026). Understanding the epidemiology and contributing factors of post-COVID-19 pertussis outbreaks: A narrative review. *Infectious Diseases and Therapy*, 15(1), 19–41. <https://doi.org/10.1007/s40121-025-01277-1>
- Wang, S., Zhang, S., & Liu, J. (2025). Resurgence of pertussis: Epidemiological trends, contributing factors, challenges, and recommendations for vaccination and surveillance. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 21(1), Article 2513729. <https://doi.org/10.1080/21645515.2025.2513729>
- World Health Organization. (2023). *Pertussis vaccines: WHO position paper*. <https://www.who.int/teams/health-product-policy-and-standards/standards-and-specifications/norms-and-standards/vaccine-standardization/pertussis>