

Geofarmacovigilancia de las tasas de notificación de eventos supuestamente atribuibles a la vacunación o inmunización contra la COVID-19*

Thays Cristina Pereira Barbosa^{1,2}

 <https://orcid.org/0000-0003-1816-0662>

Gabriela Lourença Martins do Nascimento¹

 <https://orcid.org/0000-0002-5647-4358>

Luiz Henrique Arroyo³

 <https://orcid.org/0000-0003-3302-0502>

Ricardo Alexandre Arcêncio⁴

 <https://orcid.org/0000-0003-4792-8714>

Valéria Conceição de Oliveira¹

 <https://orcid.org/0000-0003-2606-9754>

Eliete Albano de Azevedo Guimarães¹

 <https://orcid.org/0000-0001-9236-8643>

Destacados: (1) Heterogeneidades espaciales de las tasas de notificación del estado de Minas Gerais. (2) Identificación de áreas que requieren intervenciones prioritarias de vigilancia. (3) Necesidad de implementar acciones locales para reducir la subnotificación de ESAVI. (4) Identificación de factores asociados a la tasa de notificación de ESAVI. (5) Contribución a políticas de salud alineadas con metas globales.

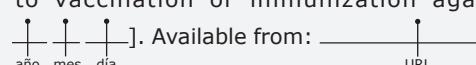
Objetivo: analizar la distribución espacial de la tasa de notificación de eventos supuestamente atribuibles a la vacunación o inmunización contra la COVID-19 y factores asociados al cumplimiento de la meta recomendada, según el Plan de Acción Mundial sobre Vacunas.

Método: estudio ecológico que consideró notificaciones de 853 municipios del estado de Minas Gerais. Fueron analizadas 34.027 notificaciones presentes en *e-SUS Notifica*. Se realizaron *Getis-Ord Gi** y Regresión geográficamente ponderada para identificar agrupaciones espaciales, cumplimiento de al menos 10 notificaciones y factores correlacionados con la distribución espacial. **Resultados:** se observó una distribución heterogénea de las tasas de notificación en todo el estado. El 20,3% de los municipios no cumplió con la meta de notificación recomendada. Los municipios de las macrorregiones Noroeste, Jequitinhonha y Vale do Aço tuvieron las mayores tasas de notificación del estado. Los municipios de las macrorregiones Este, Este Sur y Oeste tuvieron las tasas más bajas. El número de profesionales de enfermería por habitante (coeficiente de regresión= 0,644; $p < 0,01$) y el porcentaje de familias residentes en áreas rurales (coeficiente de regresión= -0,013; $p < 0,01$) se asociaron con las tasas de notificación. **Conclusión:** la presencia de aglomerados de bajas notificaciones señala la necesidad de implementar estrategias integradas y adaptadas a las particularidades de cada región, para mejorar la vigilancia de las notificaciones de eventos.

Descriptores: Vacunas; Evento Adverso; COVID-19; Vigilancia en Salud Pública; Análisis Espacial; Estudios Ecológicos.

Cómo citar este artículo

Barbosa TCP, Nascimento GLM, Arroyo LH, Arcêncio RA, Oliveira VC, Guimarães EAA. Geopharmacosurveillance of reporting rates of events supposedly attributable to vaccination or immunization against COVID-19. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2025;33:e4539 [cited _____. Available from: _____. URL: <https://doi.org/10.1590/1518-8345.7509.4539>].



Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce la inmunización como una de las principales metas de la agenda 2030, estando presente en el tercer objetivo como una forma de garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos, en todas las edades⁽¹⁾. La vacunación brinda protección contra una amplia gama de enfermedades infecciosas, incluida la COVID-19. Aunque se la refiere como una de las intervenciones preventivas de salud más seguras y efectivas, la vacunación no está exenta de Eventos Supuestamente Atribuibles a la Vacunación o Inmunización (ESAVI)⁽²⁻³⁾.

Un ESAVI es cualquier síntoma anormal de laboratorio o enfermedad, desfavorable y no deseado, que se presenta después de la vacunación, y que no tiene necesariamente una relación causal con el uso de una vacuna y el proceso de inmunización, pudiendo considerarse un evento adverso grave (EAG) o un evento adverso no grave (EANG)⁽³⁾.

Es necesaria una vigilancia continua de ESAVI para identificar y mitigar los riesgos relacionados con las vacunas y las prácticas de vacunación⁽⁴⁾. Para ello, la notificación de eventos juega un papel crucial, siendo una práctica esencial en la vigilancia⁽⁵⁾. Esta notificación permite la investigación detallada de los casos, facilitando la comprensión de la ocurrencia, causalidad y evolución de los eventos. Además, permite identificar los riesgos, los grupos poblacionales más vulnerables y las realidades contextuales en las que se insertan, considerando factores institucionales/organizacionales, ambientales, políticos y socioeconómicos⁽⁶⁻¹¹⁾.

El período analizado en este estudio, de enero a diciembre de 2021, estuvo marcado por la mayor campaña de vacunación de la historia de Brasil, impulsada por el Ministerio de Salud. A lo largo de ese año se aplicaron más de 350 millones de dosis de la vacuna contra la COVID-19 en todo el país. Esta movilización masiva resultó en un aumento significativo en el volumen de notificaciones, lo que refleja la alta demanda de la vacuna y la intensificación de las acciones de vacunación⁽¹²⁾. Este contexto resalta la importancia de la notificación como un indicador de desempeño de la vigilancia, permitiendo la identificación de patrones y brechas en el sistema de registro y monitoreo de eventos adversos (errores de digitación, campos incompletos y casos de subnotificaciones)^(8-11,13-14).

Dada la importancia de la vigilancia de ESAVI, el Plan de Acción Mundial sobre Vacunas (GVAP) estableció la tasa de notificación como indicador de desempeño para evaluar el progreso de la vigilancia pasiva de la seguridad de las vacunas⁽¹³⁻¹⁴⁾. La tasa de notificación analiza el

número de notificaciones de ESAVI en una determinada región, en función de su población, y el estándar es que la región debe alcanzar al menos 10 notificaciones⁽¹⁵⁻¹⁶⁾. Los resultados de esta medida son útiles para análisis comparativos entre países y regiones, y pueden apoyar la definición de metas para la mejora progresiva de la vigilancia de ESAVI, adaptadas a las particularidades de cada localidad⁽¹⁶⁾.

Un estudio comparativo de las tendencias de las tasas de notificación de ESAVI a nivel global, entre los años 2000 y 2015, observó oscilaciones positivas en las tasas, indicando que el número de países con tasas de notificación de ESAVI superiores a 10 aumentó de 8 (4%) en 2000 a 81 (42%) en 2015⁽¹⁵⁾. Siguiendo en la misma línea, una investigación identificó avances globales en la proporción de países que reportaron ESAVI entre 2010 y 2019, aumentando del 41,2% al 56,2%⁽¹⁷⁾. Además, un estudio realizado en Estados Unidos analizó la tasa de notificación con base en la población, revelando una tendencia creciente en las notificaciones de ESAVI en el país⁽¹⁶⁾.

En Brasil, no se identificaron estudios que abordaran la tasa de notificación para analizar el desempeño de los servicios de inmunización en la vigilancia pasiva de ESAVI. Cuando se trata de notificaciones ESAVI de vacunas COVID-19 en el país, estas se realizan por medio de e-SUS Notifica, software que utiliza una ficha de notificación/investigación, luego de buscar espontáneamente el identificador del evento⁽¹⁸⁻¹⁹⁾. El seguimiento de información sobre ESAVI permite identificar notificaciones, monitorear casos y mejorar la calidad de la información⁽⁸⁻¹¹⁾.

Sin embargo, la subnotificación de ESAVI ha sido un desafío preocupante, lo que pone de relieve la necesidad de perfeccionar los sistemas de vigilancia en los municipios brasileños^(9,20). La subnotificación puede atribuirse a varios factores, como infraestructura de salud insuficiente, conducta y falta de capacitación adecuada de los profesionales, deficiencia de recursos humanos, falta de insumos, falta de supervisión de enfermería, sobrecarga de trabajo, falta de motivación, falta de concientización de la población, y aspectos geográficos, culturales y económicos de la región⁽²¹⁻²⁶⁾.

Ante este escenario, una atención singular y una planificación estratégica coherente con las características de cada localidad brasileña se vuelven esenciales para avanzar en la vigilancia pasiva de la seguridad de las vacunas.

Este tipo de vigilancia busca comprender las interacciones entre los medicamentos, el medio ambiente y la salud humana, utilizando técnicas espaciales para monitorear e identificar áreas de riesgo potencial e implementar medidas preventivas y correctivas dirigidas

a determinadas regiones. La geofarmacovigilancia de vacunas realiza un seguimiento espacial de ESAVI o de cualquier otro problema relacionado con la vacunación o inmunización, ayudando a detectar posibles tendencias, clústeres o zonas con mayor incidencia del evento⁽²⁷⁾.

El presente estudio analizó la distribución espacial de la tasa de notificación de eventos supuestamente atribuibles a la vacunación o inmunización contra la COVID-19 y factores asociados al cumplimiento de la meta recomendada, según el Plan de Acción Mundial sobre Vacunas.

Método

Diseño del estudio

Este es un estudio ecológico, guiado por la herramienta *SQUIRE 2.0 (Standards for Quality Improvement Reporting Excellence)*.

Escenario del estudio

El estudio se realizó en Minas Gerais, el segundo estado más poblado de Brasil, con una población estimada

de 21.411.923 millones de habitantes, un grado de urbanización del 85,29%, un Índice de Desarrollo Humano (IDH) medio-alto, y una economía diversificada⁽²⁸⁾. La elección de Minas Gerais para realizar este estudio se justifica por su gran diversidad demográfica, social y económica, además de albergar el mayor número de municipios del país, lo que ofrece un escenario rico y complejo para el análisis. Asimismo, la alianza entre la *Secretaria de Estado de Saúde (SES-MG)* y la *Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)*, por medio de proyectos colaborativos, garantiza una mayor aplicabilidad e impacto de los resultados.

Los 853 municipios están distribuidos en 14 regiones de salud: Sur (3101), Centro Sur (3102), Centro (3103), Jequitinhonha (3104), Oeste (3105), Este (3106), Sudeste (3107), Norte (3108), Noroeste (3109), Este Sur (3110), Nordeste (3111), Triángulo del Sur (3112), Triángulo del Norte (3113) y Vale do Aço (3114) (Figura 1). Estas, a su vez, abarcan 89 microrregiones de salud y 28 Superintendencias/Gerencias Regionales de Salud⁽²⁸⁻²⁹⁾.

Para este estudio se establecieron como unidades territoriales de análisis los 853 municipios de las 14 macrorregiones del estado (Figura 1).

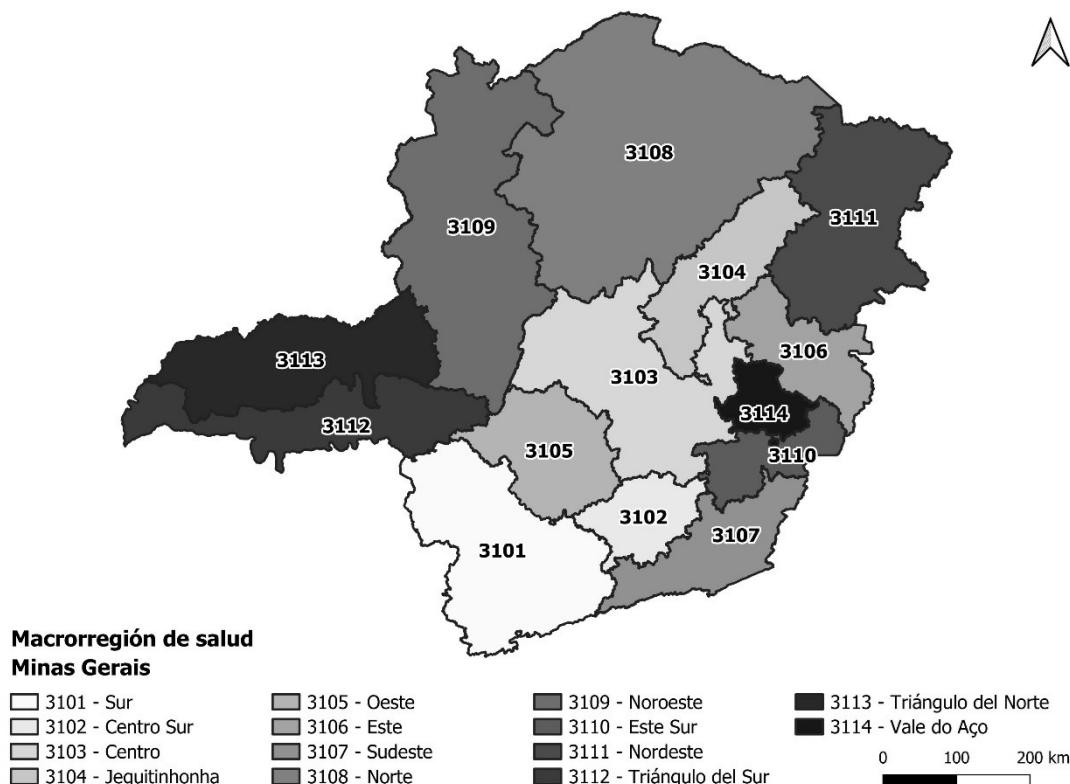


Figura 1 - Regiones de salud del estado de Minas Gerais, Brasil, 2022

Población y recolección de datos

Se analizaron notificaciones de ESAVI de vacunas contra la COVID-19, con y sin cierre, disponibles en la

plataforma electrónica del Departamento de Informática del *Sistema Único de Saúde (DATASUS)*, sistema *e-SUS Notifica*⁽¹⁹⁾, entre enero y diciembre de 2021. La elección de la vacunación contra la COVID-19 fue motivada por la

relevancia y urgencia impuestas por la pandemia, además de ser un evento reciente y de gran impacto en la salud pública. En esta investigación se incluyeron las 34.027 notificaciones de ESAVI y se excluyeron los errores de vacunación ($n= 2663$).

La variable desenlace fue el número de notificaciones de ESAVI, con y sin cierre. La notificación de ESAVI se utiliza para detectar riesgos relacionados con vacunas o prácticas de vacunación, empleando la ficha de notificación/investigación de eventos adversos⁽⁴⁾. En este estudio se calculó la tasa de notificación de ESAVI, que consiste en el número de notificaciones de ESAVI dividido

por la población de una determinada región, multiplicado por 100.000. El estándar utilizado para evaluar la tasa de notificación fue el número mínimo de 10 notificaciones por 100.000 habitantes⁽¹³⁻¹⁶⁾.

Para identificar los factores asociados al cumplimiento de las tasas de notificación de ESAVI, se seleccionaron variables de exposición del *Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil* (CNES), de la base de datos del *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (IBGE), y de la *Fundação João Pinheiro* (FJP), que se incluyeron en los análisis de regresión logística (Figura 2).

VARIABLES		
Variable	Descripción	Fuente
Número de establecimientos de salud	Puesto de salud/centro de salud, unidad básica/unidad de salud familiar/unidad de vigilancia de la salud/equipo de salud	<i>Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES (2023)</i>
Proporción de la población atendida por la Estrategia Salud de la Familia	Razón entre capacidad de atención y población total del municipio	<i>Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais/Fundação João Pinheiro (2018)</i>
Esfuerzo presupuestario en actividades de salud	Participación de los gastos presupuestarios presentados en los Estados Financieros Anuales realizados en las subfunciones Atención Básica, Atención Hospitalaria y Ambulatoria, Apoyo Profiláctico y Terapéutico, Vigilancia de la Salud, Vigilancia Epidemiológica y Alimentación y Nutrición en el gasto total	<i>Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais/Fundação João Pinheiro (2018)</i>
Número de profesionales agentes comunitarios de salud (ACS) por habitante	Número de profesionales ACS en 2021 por cada mil habitantes del municipio	<i>Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES (2023)</i>
Número de profesionales de enfermería por habitante (enfermeros)	Número de profesionales de enfermería en 2021 por cada mil habitantes del municipio	<i>Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES (2023)</i>
Número de profesionales médicos por habitante	Número de profesionales médicos en 2021 por cada mil habitantes del municipio	<i>Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES (2023)</i>
Índice de Desarrollo Humano Municipal (IDHM)	Promedio que resume los niveles de educación, longevidad e ingresos de la población analizada	<i>Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil/Fundação João Pinheiro</i>
Índice de Desarrollo de la Educación Básica (IDEB) (calculado a nivel municipal)	IDEB = suma de las calificaciones de portugués y matemáticas dividida por dos, multiplicada por la tasa de aprobación	<i>Fundação João Pinheiro (2019)</i>
Producto Interno Bruto per cápita (calculado a nivel municipal)	PIB per cápita = PIB/número de habitantes	<i>Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil/Fundação João Pinheiro</i>
Porcentaje de familias residentes en áreas rurales	Razón entre personas de familias residentes en áreas rurales inscritas en el Cadastro Único (CadÚnico) y población total	<i>Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação - Ministério da Cidadania/Fundação João Pinheiro (2018)</i>

Figura 2 - Descripción de las variables de exposición consideradas para el estudio. Minas Gerais, Brasil, 2023

Procesamiento y análisis de datos

Inicialmente, en la fase exploratoria, se utilizó el software *Microsoft Office Excel*, versión 2016, para verificar la consistencia y la calidad de los registros de las notificaciones de ESAVI.

Además, se utilizó la tasa de notificación de ESAVI (número de notificaciones de ESAVI dividido por la población de una determinada región, multiplicado por

100.000) para crear los mapas referentes a los análisis *Gi** de *Getis* y *Ord* y de Regresión geográficamente ponderada (*Geographically weighted regression - GWR*)⁽³⁰⁻³¹⁾.

La herramienta utilizada para determinar la distribución de las tasas de notificación de ESAVI en el espacio fue el software *GeoDa 1.20*. Se trata de un instrumento de software libre y de código diseñado para llevar a cabo métodos de análisis espacial exploratorio de datos (ESDA), como estadísticas de autocorrelación

espacial. También ofrece un módulo estadístico para el análisis *Gi** de Getis y Ord. Y el análisis GWR fue realizado por el software libre R 4.3, para computación estadística y gráficos⁽³²⁻³⁴⁾.

Para todos los análisis espaciales se utilizó la matriz de vecindad del tipo reina de orden 1. Se consideraron todos los municipios que comparten frontera directa y en todas las direcciones.

Se utilizó el análisis *Gi** de Getis y Ord para identificar aglomerados de tasas de notificación de ESAVI resultantes de las vacunas anti-COVID-19. La estadística consiste en la razón entre el promedio ponderado de los valores de las localidades vecinas y la suma de todos los valores, incluido el valor de la localidad específica que se analiza en una ventana analítica. Por lo tanto, valores por encima del promedio se clasifican como áreas de alta ocurrencia, mientras que valores por debajo del promedio sugieren baja ocurrencia. Este análisis resulta en dos clasificaciones: una para los municipios con valores altos, estadísticamente significativos (área de alta ocurrencia/área caliente - *Hotspot*) y otra para los municipios con valores bajos, también estadísticamente significativos (área de baja ocurrencia/área fría - *Coldspot*)^(31,35).

Para identificar los factores asociados con la tasa de notificación de ESAVI, se elaboró una regresión geográficamente ponderada, considerando variables explicativas que caracterizaran los municipios analizados (Figura 2). Este enfoque de modelización implementa, dentro de una estructura de regresión lineal local (R^2),

el efecto de decaimiento de distancia, siguiendo el principio de la primera ley de la geografía, es decir, los coeficientes de la regresión no son estacionarios, sino que se estiman individualmente para cada unidad de análisis espacial (municipios), y se aplica un efecto suavizador, considerando una matriz de vecinos⁽³¹⁾.

Para elaborar los mapas coropléticos, se utilizó la base cartográfica del estado de Minas Gerais, incluidos sus respectivos municipios y macrorregiones, obtenida de forma gratuita en el sitio web del IBGE y procesada mediante el software ArcGIS 10.8.

El presente estudio utilizó datos de dominio público y de acceso irrestricto, sin ninguna identificación de los individuos participantes en la investigación. Por ende, no fue necesaria su presentación para la evaluación del Comité de Ética en Investigación (CEI).

Resultados

De los 853 municipios del estado de Minas Gerais, el 20,3% ($n= 173$) no alcanzaron la meta recomendada de un mínimo de 10 notificaciones de ESAVI (tasa de notificación). Los municipios de las macrorregiones Noroeste, Jequitinhonha y Vale do Aço presentaron las tasas de notificación más altas del estado. Por otro lado, los municipios de las macrorregiones Este, Este Sur y Oeste tuvieron las tasas más bajas (Figura 3). Se observa una gran heterogeneidad en el cumplimiento de la meta de vigilancia de ESAVI entre los municipios de Minas Gerais.

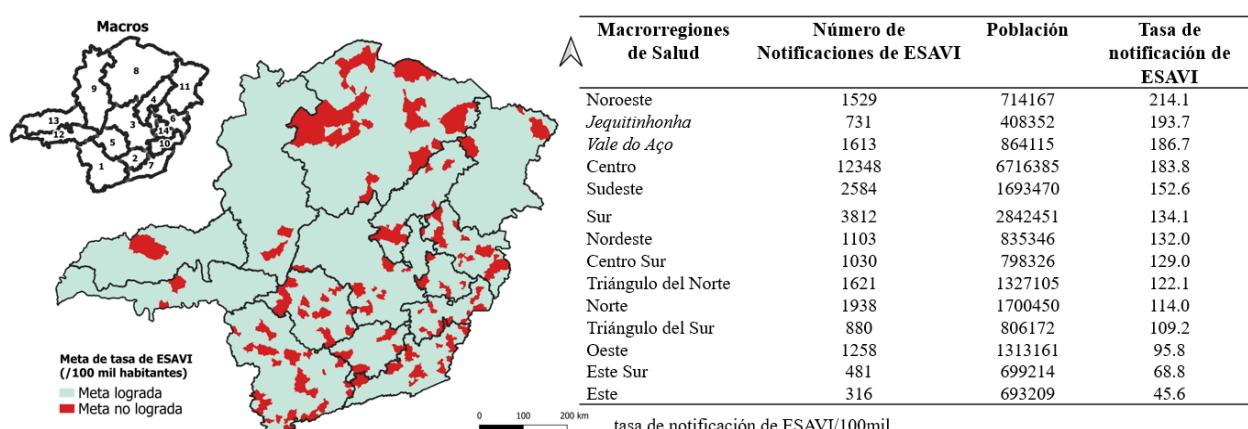


Figura 3 - Cumplimiento de la meta de las tasas de notificación de eventos supuestamente atribuibles a la vacunación o inmunización contra la COVID-19. Minas Gerais, Brasil, 2021

En el análisis *Gi** de Getis y Ord, se identificó una distribución heterogénea de las tasas de notificación de ESAVI resultantes de las vacunas contra la COVID-19 en todo el estado de Minas Gerais. Se destaca la presencia de dos grandes aglomerados con baja tasa

de notificación, identificados como áreas frías, en la macrorregión Norte. Los aglomerados con alta tasa de notificación, considerados áreas calientes, incluyen las macrorregiones Noroeste, Centro y Triángulo del Norte (Figura 4).

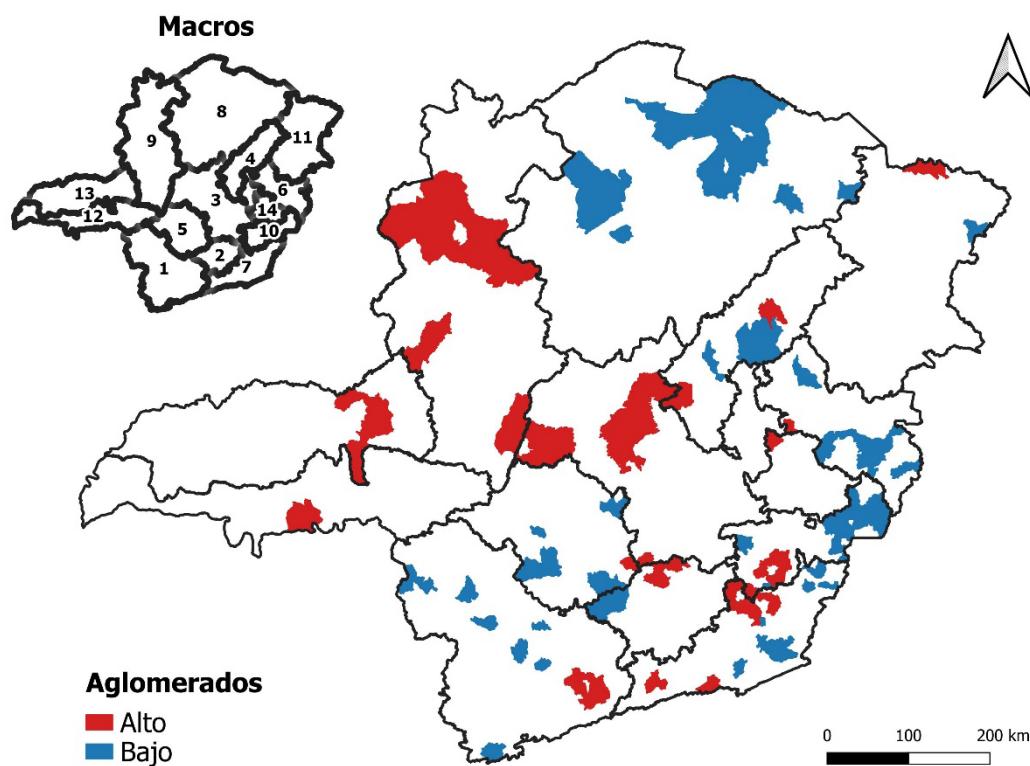


Figura 4 - Aglomerados espaciales de las tasas de notificación de eventos supuestamente atribuibles a la vacunación o inmunización contra la COVID-19. Minas Gerais, Brasil, 2021

La regresión lineal, considerando la tasa de notificación de ESAVI y el número de profesionales de enfermería por habitante (coeficiente de regresión= 0,644), sugiere que existe una asociación positiva entre las variables, es decir, a medida que aumenta el número de profesionales de enfermería, la tasa de notificación de ESAVI también tiende a aumentar, y el valor de p fue $< 0,01$. Otra variable destacada fue el porcentaje de familias residentes en áreas rurales, que presentó un coeficiente negativo (-0,013), lo que indica que, a medida que aumenta el número de familias residentes en áreas rurales, disminuye la tasa de notificación de ESAVI, y el valor de p fue $< 0,01$.

El valor del Criterio de Información de Akaike (AIC) fue calculado como 3617.779, lo que proporciona una medida de la calidad del modelo, considerando el equilibrio entre el ajuste y la complejidad. Cuanto menor sea el valor del AIC, mejor será el ajuste del modelo. Además, el coeficiente de determinación (R^2) se calculó como 0,03, lo que indica que aproximadamente el 3% de la variación en la tasa de notificación de ESAVI puede explicarse por las variables incluidas en el modelo (*Akaike Information Criterion*: 3617.779 y R^2 : 0.03).

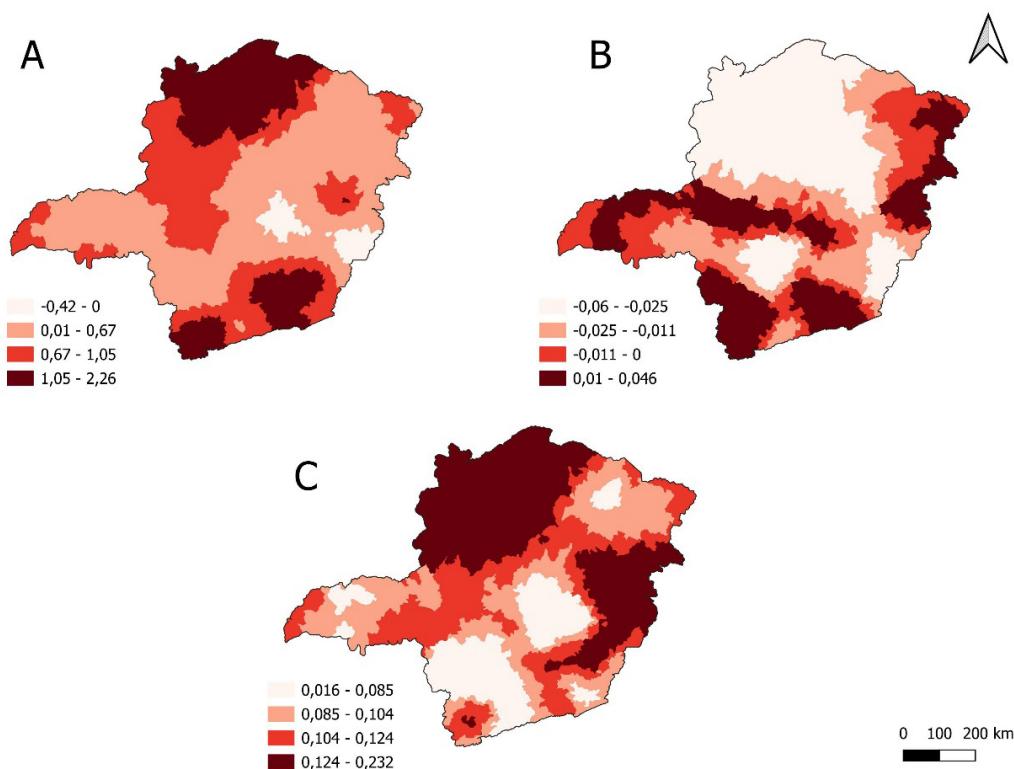
La asociación de la tasa de notificación de ESAVI en relación con las variables número de profesionales

de enfermería por habitante y porcentaje de familias residentes en áreas rurales está distribuida de forma heterogénea en todo el estado de Minas Gerais, es decir, cada variable tiene diferentes asociaciones (valor del coeficiente) según las regiones (Figura 5).

Al analizar la regresión geográficamente ponderada, se observó que la tasa de notificación de ESAVI tiene una asociación positiva, considerando el número de profesionales de enfermería por habitante (variable A), en las regiones Norte y Sur del estado.

En relación con el coeficiente de regresión del porcentaje de familias residentes en áreas rurales (variable B), se identificó una asociación negativa en gran parte del estado, siendo el valor más bajo localizado en una vasta área en la región Norte, seguida por la región Oeste.

El R^2 local (variable C) demuestra la capacidad de explicación de la ocurrencia de la tasa de notificación de ESAVI derivada de las vacunas contra la COVID-19 en Minas Gerais. La capacidad de explicación de la asociación entre las variables explicativas y la tasa de notificación de ESAVI es mayor en las regiones Norte y Sur del estado y menor en la región Centro.



*A = Número de profesionales de enfermería por habitante; ^B = Porcentaje de familias residentes en áreas rurales; ^C = R² local

Figura 5 - Análisis de regresión espacial geográficamente ponderada (GWR) para la tasa de notificación de eventos supuestamente atribuibles a la vacunación o inmunización contra la COVID-19 en los municipios de Minas Gerais. Minas Gerais, Brasil, 2021

Discusión

En Minas Gerais, se observaron aglomerados con bajas tasas de notificación, o incluso sin ninguna notificación, con respecto a la vigilancia de los ESAVI derivados de las vacunas contra la COVID-19. Además, se constató que, a pesar de que todas las macrorregiones cumplieron con la meta de la tasa de notificación, el 20,3% de sus municipios no alcanzaron este objetivo. Dos factores estuvieron asociados con las tasas de notificación: el número de profesionales de enfermería por habitante y el porcentaje de familias residentes en áreas rurales. La distribución de estas variables asociadas a la tasa de notificación de ESAVI se presentó de manera heterogénea en todo el estado.

Estudios indican que la heterogeneidad en las tasas de notificación de ESAVI está relacionada con la ubicación geográfica, el nivel de concientización y capacitación de los profesionales de la salud, así como el conocimiento de la población sobre la notificación de eventos adversos^(15,36-37). Estos factores refuerzan la importancia de estrategias educativas y de concientización de la población, combinadas con la capacitación de profesionales de la salud, para promover un sistema robusto de vigilancia de eventos adversos y, en consecuencia, seguridad y confianza en las prácticas de vacunación. Otros factores asociados con ESAVI incluyen el aumento de notificaciones

de eventos adversos en los primeros años de licencia de nuevas vacunas y el aumento de notificaciones luego de la divulgación de un evento adverso específico⁽¹⁵⁾.

En cuanto a la ubicación geográfica, Minas Gerais tiene una vasta extensión territorial y regiones con diferentes desarrollos socioeconómicos⁽³⁸⁾. Las regiones Noroeste y Vale do Aço, que tienen los mejores indicadores socioeconómicos, tuvieron las tasas más altas de notificación de ESAVI de COVID-19. La región de Jequitinhonha, a pesar de destacarse por sus bajos indicadores socioeconómicos, también presentó altas tasas de notificación de ESAVI. Se identificaron aglomeraciones con bajas tasas de notificación en la región Norte del estado. El Norte de Minas, en comparación con otras regiones del estado, ocupa una posición desventajosa debido a sus bajos indicadores socioeconómicos, como el ingreso promedio per cápita y la vulnerabilidad social⁽³⁸⁻³⁹⁾.

Una investigación internacional reforzó que las regiones más desarrolladas tienden a reportar más ESAVI que las menos desarrolladas⁽¹⁷⁾. Se supone que las regiones más desarrolladas cuentan con una infraestructura sanitaria más adecuada, lo que puede facilitar el acceso a la vacunación, aumentar la cobertura de vacunación y, en consecuencia, aumentar la notificación de eventos adversos. Además, estas regiones tienden a contar con estrategias de comunicación más efectivas,

capaces de esclarecer y alentar a la población a informar sobre la ocurrencia de eventos posvacunación. Por otro lado, a pesar de las disparidades socioeconómicas en la región de Jequitinhonha, es posible suponer que la región ha mostrado una mayor conciencia y compromiso de la población con respecto a la notificación de eventos adversos de la COVID-19, o incluso esfuerzos más intensos para la sensibilización y el seguimiento posvacunación.

En el territorio brasileño también se observa heterogeneidad en las tasas de notificación. Solamente el 46% de los municipios brasileños realizaron al menos una notificación de ESAVI, y la mayoría de los municipios silenciosos se concentraron en las regiones Norte (23,6%) y Nordeste (38,6%) del país⁽⁹⁾. Asimismo, las incidencias más bajas de eventos adversos reportados se observaron en la región Norte del país^(9,40).

Este evento está presente más allá de las fronteras brasileñas. Un estudio realizado con 194 países demostró que existe gran heterogeneidad en la notificación de ESAVI entre regiones y países⁽¹⁵⁾. Los resultados de este estudio mostraron que solamente el 64% de los países reportaron ESAVI a través del Formulario de Notificación Conjunta de Inmunización de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Entre los países de la región de las Américas y África, el 83% y el 51% hicieron al menos una notificación, respectivamente⁽¹⁵⁾. Los autores también señalaron la existencia de países silenciosos. Los resultados de nuestra investigación también identificaron algunos municipios de Minas Gerais que comparten este silencio respecto de las notificaciones de ESAVI.

Las disparidades regionales, tanto geográficas como económicas, refuerzan la importancia de los análisis espaciales para identificar áreas silenciosas de notificación y crear intervenciones dirigidas a la región, ya que estas diferencias pueden comprometer las acciones y servicios proporcionados por los municipios^(38-39,41-44). Es importante considerar que cada localidad se encuentra en diferentes etapas de desarrollo, por lo que el propósito principal de la tasa de notificación de ESAVI es establecer un estándar para evaluar el progreso del desempeño de los sistemas de vigilancia de ESAVI⁽¹³⁻¹⁴⁾.

Independientemente de los factores que contribuyen a las diferencias en los requisitos de notificación de ESAVI entre países y regiones, la vigilancia de ESAVI se caracteriza por un alto grado de subnotificación⁽⁴³⁾. Esta falta de datos constituye un obstáculo significativo para formular estrategias efectivas en regiones silenciosas⁽⁴⁴⁾.

En la vigilancia pasiva, la falta de notificaciones de ESAVI, por ejemplo, no implica necesariamente la ausencia de estos eventos. La subnotificación, entendida como la falta de registro o notificación oficial de los casos efectivamente ocurridos, resulta en una subestimación de las cifras reales de incidencia o

prevalencia de la enfermedad y/o evento⁽⁴⁵⁾. Es evidente que la subnotificación no está vinculada únicamente a las diferencias regionales (aspectos geográficos, culturales y económicos); también puede atribuirse a otros factores, como la falta de educación continua de los profesionales, la insuficiencia de recursos humanos, la ausencia de supervisión de enfermería, la sobrecarga de trabajo, la desmotivación y la falta de triaje vacunal^(7,9,46-47). Estos factores se atribuyen a la capacidad y formación profesional para actuar en los servicios de inmunización.

En el contexto brasileño, es el equipo de enfermería el principal responsable de las actividades en la sala de vacunación. La Regresión geográficamente ponderada (GWR) mostró asociación positiva entre la tasa de notificación de ESAVI y el número de profesionales de enfermería por habitante. La literatura destaca que las acciones adoptadas por estos profesionales juegan un papel crucial en la prevención de la subnotificación de ESAVI^(20-21,24). La realización de triaje vacunal, con foco en brindar orientación sobre las vacunas administradas y los posibles ESAVI causados por las mismas, es un procedimiento que incrementa las notificaciones, la confianza en los inmunobiológicos y el avance de la vigilancia pasiva^(20-21,24,48).

Estudios internacionales también destacaron que la conducta de los profesionales de la salud que realizan triaje vacunal aumenta la notificación de eventos adversos y, en consecuencia, su incidencia^(37,48-50). Sin embargo, un estudio realizado en Mysuru, India, encontró que más de la mitad (73,37%) de los profesionales que asistieron a un ESAVI no lo notificaron⁽⁵⁰⁾. Hay una presencia de subnotificación del evento, asociada a dudas de los profesionales sobre los eventos que deben ser reportados, con foco en eventos graves y menos frecuentes⁽¹¹⁾.

Además de las dudas relacionadas con los ESAVI, los profesionales tienen temores de notificar debido al miedo a represalias, a la falta de información sobre la persona vacunada, a la sobrecarga de trabajo y a los errores de inmunización^(22-24,51). Esto refuerza la necesidad de capacitar a los profesionales en la vigilancia de los ESAVI, incluyendo el uso de triaje vacunal para la sensibilización de la comunidad, la educación continua y la supervisión⁽²⁹⁻³⁰⁾.

Por último, la subnotificación de ESAVI también puede ocurrir debido a cuestiones tecnológicas, como fallos en los softwares, problemas en la infraestructura tecnológica, conectividad limitada, falta de interoperabilidad, sobrecarga y estandarización de los sistemas de información en salud (SIS), lo que puede dificultar la recopilación y transmisión de datos^(9,52-54). Estas cuestiones tecnológicas experimentadas en los servicios pueden intensificar la subnotificación de los ESAVI y afectar la calidad de la información. Debido a la pandemia, por ejemplo, gran parte de los sistemas tuvo que manejar un

volumen elevado de datos, lo que influyó directamente en la incompletitud de los datos y en la inclusión de errores, lo que podría resultar en subnotificaciones⁽⁵⁴⁾.

Otro factor asociado a la tasa de notificación de ESAVI fue el porcentaje de familias residentes en áreas rurales. La literatura demuestra que los habitantes de estas localidades enfrentan desafíos considerables para acceder a los centros de vacunación. La distancia entre las viviendas y los servicios de salud, la dificultad de acceso al transporte público, la falta de mantenimiento en las carreteras y la necesidad de recorrer largas distancias hasta la unidad de salud son barreras geográficas que impactan directamente el proceso de vacunación^(7,25,56-57). Por consiguiente, estos factores dificultan el monitoreo de los casos de ESAVI, lo que resulta en una reducción de las notificaciones de estos eventos.

Este estudio se basa en datos secundarios, lo que implica algunas limitaciones que deben ser consideradas. La calidad de los resultados está directamente relacionada con la exactitud y confiabilidad de los datos originales, y puede verse afectada por posibles inconsistencias o subnotificaciones. Además, la incorporación de las notificaciones en el e-SUS Notifica es realizada por diversos profesionales, lo que puede generar variaciones en los registros. Por lo tanto, al interpretar los resultados de este estudio, es crucial considerar estas limitaciones y evaluar cómo pueden influir en las instrucciones y la aplicabilidad de los resultados en diferentes contextos y escenarios.

Sin embargo, los hallazgos identificados demuestran el potencial de la técnica de análisis espacial, ya que permitió identificar las macrorregiones de salud de Minas Gerais que requieren intervenciones prioritarias para avanzar en la vigilancia de los ESAVI. Y la fortaleza del estudio radica en el avance del conocimiento científico al proporcionar un análisis detallado de la distribución espacial de las notificaciones de ESAVI relacionadas con la COVID-19 y los factores asociados. Mediante la aplicación de métodos avanzados de análisis espacial, como el análisis *Gi** de Getis y Ord y la Regresión geográficamente ponderada, el estudio identificó patrones geográficos relevantes en las tasas de notificación y revela disparidades regionales, destacando áreas con baja adherencia a la notificación de eventos. Se destaca la importancia de factores como el número de profesionales de enfermería por habitante y el porcentaje de familias en áreas rurales en la influencia de estas tasas, lo que contribuye a una comprensión más profunda de los determinantes sociales y estructurales que afectan la notificación de eventos.

Conclusión

El análisis de la distribución espacial de las notificaciones de ESAVI en el estado identificó municipios

silenciosos que no alcanzaron el valor mínimo de notificaciones de ESAVI. La presencia de aglomerados señala la necesidad de implementar estrategias integradas, adaptadas a las particularidades de cada región, para mejorar la vigilancia de la seguridad de las vacunas contra la COVID-19 en todo el estado brasileño.

Los resultados de este artículo son útiles para la optimización de estrategias de vigilancia. Las Superintendencias/Gerencias Regionales de Salud pueden utilizar los datos proporcionados para identificar las áreas con mayores y menores tasas de notificación de ESAVI, dirigir recursos adicionales, monitorear de cerca las prácticas de vacunación e implementar campañas educativas específicas en esas regiones.

Además, el análisis de la heterogeneidad espacial reveló patrones socioeconómicos asociados a estas ocurrencias, permitiendo estrategias más enfocadas hacia grupos vulnerables. La colaboración interinstitucional también se hace posible, facilitando el intercambio de mejores prácticas entre regiones. En resumen, los datos proporcionaron una base sólida para la toma de decisiones informadas, fortaleciendo la capacidad de las superintendencias de salud para promover la seguridad y eficacia en el monitoreo de las vacunas.

Agradecimientos

Agradecemos a Roberta Barros da Silva, referencia técnica de la *Coordenação Estadual do Programa de Imunizações* (CEPI) de la *Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais*, por el apoyo y colaboración brindados durante el análisis de consistencia de los datos y por el suministro de los mismos.

Referencias

- United Nations; Department of Economic and Social Affairs (US). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [Internet]. New York, NY: UN; 2015 [cited 2024 Apr 5]. Available from: <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Lima E, Almeida A, Kfouri R. Vaccines for COVID-19: perspectives and challenge. Resid Pediatr. 2020;10(2). <https://doi.org/10.25060/residpediatr-2020.v10n2-04>
- Pan American Health Organization. Manual for Surveillance of Events Supposedly Attributable to Vaccination or Immunization in the Region of the Americas [Internet]. Washington, D.C.: PAHO; 2022 [cited 2024 May 15]. Available from: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/55945>
- Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Imunizações e Doenças

- Transmissíveis. Manual de vigilância epidemiológica de eventos adversos pós-vacinação [Internet]. 4. ed. Brasília: MS; 2020 [cited 2024 May 15]. Available from: [@download/file](https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsas/vacinacao-imunizacao-pni/manual_eventos_adversos_pos_vacinacao_4ed_atualizada.pdf)
5. Bettinger JA, Sadarangani M, De Serres G, Valiquette L, Vanderkooi OG, Kellner JD, et al. The Canadian National Vaccine Safety Network: surveillance of adverse events following immunisation among individuals immunised with the COVID-19 vaccine, a cohort study in Canada. *BMJ Open*. 2022;12(1):e051254. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-051254>
6. Silva BS, Guimarães EAA, Oliveira VC, Cavalcante RB, Pinheiro MMK, Gontijo TL, et al. National Immunization Program Information System: implementation context assessment. *BMC Health Serv Res*. 2020;20(1):333. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05175-9>
7. Amaral GG, Guimarães EAA, Tavares LOM, Silva BS, Cortez DN, Oliveira VC. Adequacy assessment of immunobiological agent conservation in the Western Health macro-region of Minas Gerais State, Brazil: a descriptive study, 2017. *Epidemiol Serv Saude*. 2021;30(3):e20201017. <https://doi.org/10.1590/s1679-49742021000300019>
8. Santos LCB, Silva HS, Borja-Oliveira CR, Chubaci RYS, Gutierrez BAO. Post-vaccination adverse events in the elderly in the State of São Paulo, Brazil, 2015 to 2017. *Cad Saude Publica*. 2021;37(4):e00084820. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00084820>
9. Pacheco FC, Domingues CMAS, Maranhão AGK, Carvalho SMD, Teixeira AMS, Braz RM, et al. Analysis of the Vaccine Adverse Event Reporting System in Brazil, 2014 to 2016. *Rev Panam Salud Publica*. 2018;42:e12. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2018.12>
10. Barboza TC, Guimarães RA, Gimenes FRE, Silva AEBC. Retrospective study of immunization errors reported in an online Information System. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*. 2020;28:e3303. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.3343.3303>
11. Oliveira PMN, Lignani LK, Conceição DA, Farias PMCM, Takey PRG, Maia MLS et al. Surveillance of adverse events following immunization in the late 2010s: an overview of the importance, tools, and challenges. *Cad Saude Publica*. 2020;36(Suppl 2): e00182019. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00182019>
12. Ministério da Saúde (BR). Brasil chega a 300 milhões de vacinas aplicadas e queda de 91,7% nos óbitos desde o pico da pandemia [Internet]. Brasília: MS; 2022 [cited 2024 May 15]. Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2021/novembro/brasil-chega-a-300-milhoes-de-vacinas-aplicadas-e-queda-de-91-7-nos-obitos-desde-o-pico-da-pandemia>
13. World Health Organization. Performance indicators for vaccine safety monitoring systems [Internet]. Geneva: WHO; 2015 [cited 2024 May 15]. Available from: <https://www.who.int/groups/global-advisory-committee-on-vaccine-safety/topics/aefi/performance-indicators>
14. World Health Organization. Global vaccine safety blueprint 2.0 (GVS2.0) 2021-2023 [Internet]. Geneva: WHO; 2021 [cited 2024 May 15]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/348966/9789240036963-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Lei J, Balakrishnan MR, Gidudu JF, Zuber PLF. Use of a new global indicator for vaccine safety surveillance and trends in adverse events following immunization reporting 2000–2015. *Vaccine*. 2018;36(12):1577-82. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2018.02.012>
16. Azarpanah H, Farhadloo M, Vahidov R, Pilote L. Vaccine hesitancy: evidence from an adverse events following immunization database, and the role of cognitive biases. *BMC Public Health*. 2021;21:1686. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11745-1>
17. Salman O, Topf K, Chandler R, Conklin L. Progress in immunization safety monitoring - worldwide, 2010-2019. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2021;70(15):547-51. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7015a2>
18. Ministério da Saúde (BR), Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Anvisa aprova vacina da Pfizer contra COVID para crianças de 5 a 11 anos [Internet]. Brasília: MS; 2021 [cited 2024 May 15]. Available from: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2021/anvisa-aprova-vacina-da-pfizer-contra-covid-para-criancas-de-5-a-11-anos>
19. Silva TC. Vacinas baseadas em vírus inativado para prevenção da COVID-19 [Internet]. Brasília: ME; 2021 [cited 2024 May 15]. Available from: https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/tecnologias-para-covid-19/Arquivos%20Textos/Estudodevacinainativada_OBTEC_Final_Revisado.pdf
20. Batista ECC, Ferreira AP, Alexandre BGP, Lima MRS, Oliveira VC, Guimarães EAA. The influence of nursing team's behavior in adverse event following immunization surveillance. *Rev Bras Enferm*. 2022;75(3). <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2021-0132>
21. Bisetto LHL, Ciosak SI. Analysis of adverse events following immunization caused by immunization errors. *Rev Bras Enferm*. 2017;70(1):87-95. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2016-0034>
22. Constantine M, Cremance T, Juru TP, Gerald S, Notion GT, Peter N, et al. Evaluation of the adverse events following immunization surveillance system in Guruve District, Mashonaland Central 2017. *Pan Afr Med J*. 2018;31:202. <https://doi.org/10.11604/pamj.2018.31.202.16573>
23. Gidudu JF, Shaum A, Dodo A, Bosomprah S, Bonsu G, Ampsona-Achiano K, et al. Barriers to healthcare

- workers reporting adverse events following immunization in four regions of Ghana. *Vaccine*. 2020;38(5):1009-14. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.11.050>
24. Batista ECC, Ferreira AP, Oliveira VC, Amaral GG, Jesus RF, Quintino ND, et al. Active surveillance of adverse events following immunization in primary health care. *Acta Paul Enferm*. 2021;34:eAPE002335. <https://doi.org/10.37689/acta-ape/2021ao002335>
25. Omoleke SA, Bamidele M, Kiev LC. Barriers to optimal AEFI surveillance and documentation in Nigeria: Findings from a qualitative survey. *PLoS Glob Public Health*. 2023;3(9):e0001658. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0001658>
26. Nascimento FB, Santos IS, Silva JFB, Rissi CP, Rissi GP, Scardoelli MGC. Percepção, Conhecimento e Satisfação Do Paciente Em Relação Ao Processo Vacinal: Revisão Integrativa. *Arq Cien Saude UNIPAR*. 2023;27(6):2552-71. <https://doi.org/10.25110/arqsauda.v27i6.2023-028>
27. Barbosa TCP. Distribuição espacial das notificações de eventos supostamente atribuíveis à vacinação ou imunização de COVID-19 no estado de Minas Gerais [thesis]. Divinópolis: Universidade Federal de São João del-Rei; 2024.
28. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Minas Gerais [Homepage]. c2023 [cited 2024 Apr 5]. Available from: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html>
29. Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais. Superintendências Regionais de Saúde (SRS) e Gerências Regionais de Saúde (GRS) [Homepage]. c2022 [cited 2024 May 15]. Available from: <https://www.saude.mg.gov.br/sobre/institucional/superintendencias-regionais-de-saude-e-gerencias-regionais-de-saude>
30. Getis A, Ord JK. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geogr Anal*. 1992;24(3):189-206. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x>
31. Páez DCW. Geographically Weighted Regression [Internet]. In: Kitchin R, Thrift N, editors. *International Encyclopedia of Human Geography*. Amsterdam: Elsevier Science; 2009 [cited 2024 May 15]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/geographically-weighted-regression>
32. Maciel JAC, Castro-Silva II, Farias MR. Initial analysis of the spatial correlation between the incidence of COVID-19 and human development in the municipalities of the state of Ceará in Brazil. *Rev Bras Epidemiol*. 2020;23. <https://doi.org/10.1590/1980-549720200057>
33. GeoDa. An introduction to spatial data science [Internet]. c2023 [cited 2024 Apr 5]. Available from: <https://geodacenter.github.io/>
34. R Foundation. The R Project for Statistical Computing [Internet]. c2023 [cited 2024 Apr 5]. Available from: <https://www.r-project.org/>
35. Santos MS, Berra TZ, Scholze AR, Delpino FM, Ramos ACV, Alves YM, et al. Trend and spatial distribution of drug-resistant tuberculosis in liberty-deprived populations in the state of Paraná, Brazil. *Trop Med Infect Dis*. 2022;7(10):266. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7100266>
36. Masuka JT, Khoza S. Adverse events following immunisation (AEFI) reports from the Zimbabwe expanded programme on immunisation (ZEPI): an analysis of spontaneous reports in Vigibase® from 1997 to 2017. *BMC Public Health*. 2019;19(1):1166. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7482-x>
37. Laryea EB, Frimpong JA, Noora CL, Tengey J, Bandoh D, Sabblah G, et al. Evaluation of the adverse events following immunization surveillance system, Ghana, 2019. *PLoS One*. 2022;17(3):e0264697. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264697>
38. Morais NLF, Santos JFC. Análise da dimensão espacial da pobreza em Minas Gerais. *RevEcoCentro-Oeste*. 2019;5(2):38-54. <https://doi.org/10.5216/renoeste.v5i2.60475>
39. Lopes PCB, Pereira LAG. Análise espacial do índice de vulnerabilidade social nas novas divisões regionais do Estado de Minas Gerais-Brasil. *Ateliê Geogr*. 2022;16(3):173-91. <https://doi.org/10.5216/ag.v16i3.73627>
40. Lucena ARFP, Souza LRO, Percio J, Carvalho SMD, Romano APM, Domingues CMAS. Factors associated with severity of adverse events following yellow fever vaccination during the biggest outbreak of the disease recorded in Brazil, 2016-2017. *Epidemiol Serv Saude*. 2020;29(1). <https://doi.org/10.5123/s1679-49742020000100017>
41. Crozatti J, Lima AF Junior, Lima LN, Oliveira LL, Righetto P. O gasto e as fontes do financiamento do SUS nos municípios brasileiros de 2003 a 2018. *Rev Ambiente Contábil*. 2020;12(2):200-18. <https://doi.org/10.21680/2176-9036.2020v12n2id18708>
42. Cruz WGN, Barros RD, Souza LEPF. Financing of health and the fiscal dependency of Brazilian municipalities between 2004 and 2019. *Cien Saude Colet*. 2022;27(6):2459-69. <https://doi.org/10.1590/1413-81232022276.15062021>
43. Graham JE, Borda-Rodriguez A, Huzair F, Zinck E. Capacity for a global vaccine safety system: The perspective of national regulatory authorities. *Vaccine*. 2012;30(33):4953-9. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2012.05.045>
44. Mascarenhas-Luz AH, Sabião BI, Tsuchida TL, Rodrigues MM, Vilges OS. Incidence and under-registration of meningitis in a city of a paulistan inland: an intervention project. *J Health NPEPS*. 2020;5(2):240-57. <https://doi.org/10.30681/252610104674>

45. Ministério da Saúde (BR). Guia de Vigilância em Saúde: volume 1 [Internet]. Brasília: MS; 2017 [cited 2024 May 15]. Available from: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsas/vigilancia/guia-de-vigilancia-em-saude-volume-1-6a-edicao/@/download/file>
46. Biff D, Pires DEP, Forte ECN, Trindade LL, Machado RR, Amadigi FR, et al. Nurses' workload: lights and shadows in the Family Health Strategy. *Cien Saude Colet.* 2020;25(1):147-58. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020251.28622019>
47. Castro RR, Santos RSC, Sousa GJB, Pinheiro YT, Martins RRIM, Pereira MLD, et al. Spatial dynamics of the COVID-19 pandemic in Brazil. *Epidemiol Infect.* 2021;149. <https://doi.org/10.1017/S0950268821000479>
48. Jovanović Ž, Karmel S. Some factors influencing underreporting of suspected vaccine side effects. *Paediatrica Croatica.* 2024;67(3-4):65-70. <https://doi.org/10.13112/PC.2023.11>
49. Sebastian J, Gurumurthy P, Ravi MD, Ramesh M. Active surveillance of adverse events following immunization (AEFI): a prospective 3-year vaccine safety study. *Ther Adv Vaccines Immunother.* 2019;7:2515135519889000. <https://doi.org/10.1177/2515135519889000>
50. Sebastian J, Parthasarathi G, Ravi MD. Impact of educational intervention on the best immunization practices among practicing health care professionals in a south Indian city. *Ther Adv Vaccines Immunother.* 2021;9:25151355211032590. <https://doi.org/10.1177/25151355211032590>
51. Morato YC, Carvalho DBF, Oliveira VC, Dias TMR, Calvacante RB, Amaral GG, et al. Analysis of the Brazilian immunization information system from the perspective of usability heuristics. *Rev Cuba Inf Cienc Salud.* 2020;31(2). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132020000200011
52. Nelson R. COVID-19 disrupts vaccine delivery. *Lancet Infect Dis.* 2020;20(5):546. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(20\)30304-2](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(20)30304-2)
53. Guimarães EAA, Morato YC, Carvalho DBF, Oliveira VC, Pivatti VMS, Cavalcante RB, et al. Evaluation of the usability of the immunization information system in Brazil: A mixed-method study. *Telemed E-Health.* 2021;27(5):551-60. <https://doi.org/10.1089/tmj.2020.0077>
54. Paes NA, Ferreira AMS, Moura LA. Methodological proposal for evaluation of death records from COVID-19. *Cad Saude Publica.* 2023;39(1). <https://doi.org/10.1590/0102-311xpt096722>
55. Lacy A, Khan M, Nath ND, Das P, Igoe M, Lenhart S, et al. Geographic disparities and predictors of COVID-19 vaccination in Missouri: a retrospective ecological study. *Front Public Health.* 2024;12. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1329382>
56. Evans MV, Andréambeloson T, Randriamihaja M, Ihantamalala F, Cordier L, Cowley G, et al. Geographic barriers to care persist at the community healthcare level: Evidence from rural Madagascar. *PloS Glob Public Health.* 2022;2(12):e0001028. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0001028>
57. Arroyo LH, Ramos ACV, Yamamura M, Weiller TH, Crispim JA, Cartagena-Ramos D, et al. Areas with declining vaccination coverage for BCG, poliomyelitis, and MMR in Brazil (2006-2016): maps of regional heterogeneity. *Cad Saude Publica.* 2020;36(4). <https://doi.org/10.1590/0102-311x00015619>

Contribución de los autores

Concepción y dibujo de la pesquisa: Thays Cristina Pereira Barbosa, Valéria Conceição de Oliveira, Eliete Albano de Azevedo Guimarães. **Obtención de datos:** Thays Cristina Pereira Barbosa, Gabriela Lourença Martins do Nascimento, Eliete Albano de Azevedo Guimarães.

Análisis e interpretación de los datos: Thays Cristina Pereira Barbosa, Gabriela Lourença Martins do Nascimento, Luiz Henrique Arroyo, Ricardo Alexandre Arcêncio, Valéria Conceição de Oliveira, Eliete Albano de Azevedo Guimarães.

Ánalisis estadístico: Thays Cristina Pereira Barbosa, Luiz Henrique Arroyo, Ricardo Alexandre Arcêncio. **Obtención de financiación:** Eliete Albano de Azevedo Guimarães.

Redacción del manuscrito: Thays Cristina Pereira Barbosa, Gabriela Lourença Martins do Nascimento, Luiz Henrique Arroyo, Ricardo Alexandre Arcêncio, Valéria Conceição de Oliveira, Eliete Albano de Azevedo Guimarães.

Revisión crítica del manuscrito en cuanto al contenido intelectual importante: Thays Cristina Pereira Barbosa, Gabriela Lourença Martins do Nascimento, Luiz Henrique Arroyo, Ricardo Alexandre Arcêncio, Valéria Conceição de Oliveira, Eliete Albano de Azevedo Guimarães.

Todos los autores aprobaron la versión final del texto.

Conflictos de intereses: los autores han declarado que no existe ningún conflicto de intereses.

Recibido: 15.05.2024

Aceptado: 13.12.2024

Editora Asociada:
Maria Lúcia Zanetti

Copyright © 2025 Revista Latino-Americana de Enfermagem

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY.

Esta licencia permite a otros distribuir, mezclar, ajustar y construir a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre que le sea reconocida la autoría de la creación original. Esta es la licencia más servicial de las ofrecidas. Recomendada para una máxima difusión y utilización de los materiales sujetos a la licencia.

Autora de correspondencia:

Eliete Albano de Azevedo Guimarães

E-mail: elietealbano@ufs.br

ID  <https://orcid.org/0000-0001-9236-8643>