

Análisis espacial de la anemia infantil en Perú, 2022: construcción de mapas a nivel distrital para políticas públicas

José Javier Cerda-Hernández, PhD Estad,^(1,2) Anna Sikov, PhD Estad,^(1,2)
Lupe Ysabel Vidal-Valenzuela, M en Epid Clín.⁽³⁾

Cerda-Hernández JJ, Sikov A, Vidal-Valenzuela LY. Análisis espacial de la anemia infantil en Perú, 2022: construcción de mapas a nivel distrital para políticas públicas. *Salud Publica Mex.* 2024;66:236-244. <https://doi.org/10.21149/15206>

Cerda-Hernández JJ, Sikov A, Vidal-Valenzuela LY. Spatial analysis of childhood anemia in Peru, 2022: construction of district-level maps for public policy. *Salud Publica Mex.* 2024;66:236-244. <https://doi.org/10.21149/15206>

Resumen

Objetivo. Estimar la prevalencia de anemia infantil en distritos que no tienen observaciones o tienen pocas observaciones, y construir un mapa de anemia a nivel distrital en Perú. **Material y métodos.** Estudio ecológico en el que se usaron los datos de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2022 y del Censo 2017. La asociación entre las variables auxiliares y la prevalencia de anemia se determinó mediante el modelo de Fay-Herriot espacial. **Resultados.** La prevalencia de anemia es 33.6% (IC95%: 32.8-34.4). Los departamentos con conglomerados de anemia grave son Puno, Madre de Dios, Ucayali y Loreto. La correlación espacial entre los distritos es significativa, siendo más fuerte entre los distritos más pobres. Los distritos localizados en regiones altas tienen porcentaje de niños anémicos más alto y en las regiones donde la lengua natal es mayoritariamente el español, el porcentaje es más bajo. Las variables asociadas con la infraestructura del distrito y acceso a servicios de salud presentan relaciones negativas. **Conclusiones.** El modelo de Fay-Herriot espacial propicia una perspectiva completa del problema de la anemia en el Perú. Se demostró el comportamiento en conglomerados, el cual es aún un problema grave de salud pública en la selva y las áreas rurales de la sierra sur y centro.

Palabras clave: anemia; infantes; encuestas nacionales; modelo de Fay-Herriot espacial; autocorrelación espacial; mapas de anemia

Abstract

Objective. To estimate the prevalence of anemia in children under five in districts with small or null sample size, and to construct an anemia map at the district level in Peru. **Materials and methods.** An ecological study was conducted utilizing the data from the *Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2022* and the National Census 2017. The association between the prevalence of anemia and auxiliary variables was determined using the spatial Fay-Herriot model. **Results.** The national prevalence of anemia is 33.6% (95%CI: 32.8-34.4). Departments with severe anemia clusters are Puno, Madre de Dios, Ucayali and Loreto. There is a significant spatial correlation between districts, being stronger in the case of the poorer districts. Higher-altitude districts have higher prevalence of anemia. Districts where the predominant language is Spanish have a lower percentage of anemic children. The variables associated with a good district's infrastructure and access to healthcare services have a negative impact. **Conclusions.** The spatial Fay-Herriot model is a tool that provides a full perspective on the prevalence of anemia at district level in Peru. Anemia among children under five is an important public health problem, especially in rural areas of the mountainous regions of the central and southern parts of Peru, as well as the Peruvian Amazonia.

Keywords: anemia; children; national surveys; spatial Fay-Herriot model; spatial autocorrelation; anemia maps

(1) Facultad de Ingeniería Económica, Estadística y Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

(2) Econometric Modelling and Data Science Research Group. Lima, Perú.

(3) Facultad de Medicina, Unidad de Epidemiología Clínica, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

Fecha de recibido: 29 de julio de 2023 • **Fecha de aceptado:** 23 de noviembre de 2023 • **Publicado en línea:** 22 de marzo de 2024

Autor de correspondencia: Anna Sikov. Av. Tupac Amaru 210, Apartado 1301, Rímac 15333. Lima, Perú.

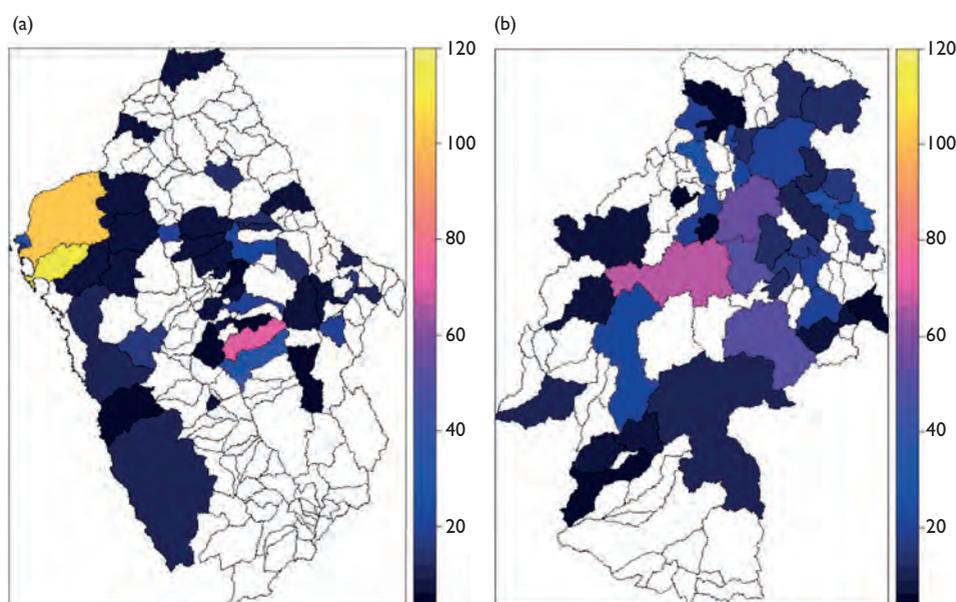
Correo electrónico: asikov@uni.edu.pe

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

La anemia infantil representa uno de los principales problemas de salud pública de Perú. Como señala la Organización Mundial de la Salud (OMS), para resolver el problema de la anemia se debería realizar un trabajo interinstitucional, para poder implementar políticas públicas adecuadas y sostenibles que permitan direccionar recursos a las zonas con mayor prevalencia.¹ Según el Plan Nacional para la reducción y control de la Anemia Materno, Infantil y la Desnutrición Crónica Infantil en el Perú: 2017-2021 del Ministerio de Salud (Minsa), la meta del porcentaje para el año 2021 de anemia en niños entre 5 y 36 meses de edad era de 19%.² Sin embargo, la Encuesta Nacional Demográfica y de Salud Familiar 2022 (Endes 2022) estimó que 33.6% de los niños comprendidos entre los 6 y 59 meses de edad padece de anemia, lo que llega a valores entre 50 y 70% en Puno, Cusco, Huancavelica, Madre de Dios y Ucayali,³ aun cuando estas cifras pueden no reflejar el verdadero valor de la prevalencia de anemia debido a la representación inadecuada de los distritos en la muestra. Uno de los principales problemas analizados en este trabajo es la falta de información a nivel distrital sobre la real situación de la anemia. Específicamente, el principal problema de los datos de la Endes 2022 es que solamente 45% de los distritos fueron incluidos en la muestra. Además, 35% de los distritos tuvieron menos que 10 niños evaluados (figura 1), lo que resulta en estimadores no confiables para estos distritos.

Existen diversas bases de datos y registros en el Minsa, como el Centro Nacional de Nutrición (Cenan), con un mayor número de observaciones que corresponden a los pacientes atendidos en los establecimientos de salud públicos. Sin embargo, se recomienda un cierto grado de precaución al hacer inferencia a partir de estos registros, puesto que los mismos son no representativos si el objetivo es analizar toda la población, debido a que dichos datos no son el resultado de un muestreo aleatorio. Este problema se conoce en la literatura especializada como el sesgo de autoselección.^{4,5} Específicamente, según el Censo Nacional realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en 2017,⁶ 24.5% de la población no estaba afiliado a ningún tipo de seguro. Aparentemente, esta subpoblación no será representada en los registros de manera equilibrada.

Los problemas mencionados pueden ser resueltos exitosamente empleando el modelo estadístico de Fay-Herriot espacial,^{7,8} el cual incorpora la información de las variables socioeconómicas y las correlaciones espaciales, lo que permite compensar falta de la información en muchos distritos.⁹⁻¹¹ La aplicación de dicho modelo produce estimadores confiables en los distritos con muestras pequeñas y en los distritos no muestreados, lo que permite identificar conglomerados de prevalencia grave de anemia.⁷⁻¹² Este modelo puede ayudar a implementar de manera más eficiente los programas sociales en el país.



Nota: Los distritos en blanco no fueron incluidos en la muestra de la Endes 2022.

FIGURA 1. GRÁFICO DE CALOR QUE MUESTRA EL NÚMERO DE NIÑOS EVALUADOS EN CADA UNO DE LOS DISTRITOS QUE FUERON INCLUIDOS EN LA ENCUESTA NACIONAL DEMOGRÁFICA Y DE SALUD FAMILIAR 2022 (ENDES 2022) PARA LOS DEPARTAMENTOS DE (A) ANCASH Y (B) HUANCAVELICA. PERÚ, 2023

Por lo expuesto, el objetivo del presente trabajo es estimar la prevalencia de anemia infantil en distritos que no tienen observaciones o tienen pocas observaciones, construir un mapa de anemia por distritos para todo Perú e identificar conglomerados de distritos con alta prevalencia de anemia en niños de 6 a 59 meses de edad, usando la Endes 2022 y las variables socioeconómicas del Censo 2017, y modelos estadísticos con correlaciones espaciales.^{7-9,12}

Cabe mencionar que en la bibliografía existen diversas alternativas para detectar la anemia de los niños entre 6 y 59 meses de edad.^{13,14} En este trabajo se recurrió a las recomendaciones establecidas por la OMS,^{3,15} según las cuales un niño es diagnosticado con anemia si el nivel de hemoglobina en su sangre es inferior a 11.0 g/dl. A ese nivel de referencia se aplican ajustes que dependen de la altitud de la residencia del niño, según las recomendaciones de la OMS.¹⁵ Para detectar la anemia se analizó sangre capilar con el método del hemoglobímetro portátil (HemoCue modelo Hb 201+).

Material y métodos

Diseño de estudio y variables

Este estudio de tipo ecológico utilizó los datos de la Endes 2022. Se seleccionaron 36 650 viviendas a nivel nacional, de las cuales se entrevistaron 35 287. Para este estudio la muestra se redujo a 18 380 hogares que proporcionaron información relevante. Específicamente, para ajustar el modelo espacial se eliminaron los distritos donde, debido a muestras pequeñas, todos o ninguno de los niños muestreados padecían anemia, lo que produjo un estimador directo igual a 0 o igual a 1.

La principal variable de estudio es el porcentaje de prevalencia de anemia a nivel distrital en los niños de 6-59 meses. Las variables auxiliares para explicar la anemia fueron seleccionadas del Censo Nacional 2017, basándose en los resultados reportados en trabajos académicos relevantes.^{1,9-12,16-18} Se analizaron todas las variables disponibles del Censo 2017 que potencialmente puedan explicar la prevalencia de anemia. Esas variables, en su mayoría, están asociadas con la pobreza monetaria,^{9,10,19} determinantes sociales, acceso a salud y educación.^{1,9-11,17,19} Por la existencia de una fuerte relación entre la anemia y los niveles de pobreza monetaria,^{1,9,10,15,16} el presente estudio analizó el comportamiento de la anemia infantil para los siguientes tres niveles de pobreza: (a) menor que 30%, (b) entre 30 y 55%, y (c) más que 55%. En la primera etapa, para cada nivel se realizó un diagnóstico del modelo espacial con todas las variables del Censo 2017, para evaluar la homocedasticidad y normalidad de los residuos del modelo,

así como la autocorrelación espacial entre los mismos. Además, fueron analizadas las correlaciones entre esas variables y el nivel de anemia. El cuadro I presenta las variables seleccionadas que fueron encontradas más apropiadas para realizar el estudio.

Muestra

La muestra fue proporcionada por la Endes, que es una encuesta probabilística anual cuyo objetivo principal es recopilar información de indicadores nutricionales y de salud de los niños menores de cinco años.³ La Endes es una encuesta bietápica a nivel nacional, cuyas unidades de muestreo son viviendas. En la primera etapa se seleccionan conglomerados en las áreas urbanas y áreas de empadronamiento rural en las áreas rurales, en todos los departamentos del país, con probabilidad proporcional a su tamaño. En la segunda etapa se eligen viviendas de los conglomerados y áreas de empadronamiento rural seleccionados anteriormente, de tal manera que

Cuadro I
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES ALTAMENTE
CORRELACIONADAS CON LA ANEMIA, TOMADAS DEL
CENSO NACIONAL DEL PERÚ 2017. PERÚ, 2023

Variable	Descripción de la variable
Altitud	La altitud del distrito en miles de metros sobre el nivel del mar (en km).
Piso de tierra	Porcentaje de viviendas que tienen como material de construcción del piso de su hogar a la tierra.
Cemento	Porcentaje de viviendas que tienen como material de construcción las paredes de su hogar con ladrillo y cemento.
Agua	Porcentaje de viviendas que tienen acceso a agua mediante red pública.
Electricidad	Porcentaje de viviendas que tienen acceso a electricidad mediante red pública.
Desagüe	Porcentaje de viviendas que tienen acceso a desagüe mediante red pública.
SIS	Porcentaje de personas que tienen acceso al Seguro Integral de Salud (SIS).
EsSalud	Porcentaje de personas que tienen acceso al Seguro Social de Salud del Perú (EsSalud).
No seguro	Porcentaje de personas que no tienen acceso a un seguro de salud.
Refrigerador	Porcentaje de hogares que tienen una refrigeradora o congeladora.
Español	Porcentaje de personas que tienen como lengua materna el español.
Rural	Porcentaje de viviendas que se encuentran en la zona rural.

la muestra sea equilibrada considerando la estructura poblacional.²⁰ Cabe resaltar que, siendo una encuesta nacional, la Endes tiene una buena representación solamente a nivel nacional y departamental, por ende, es recomendable que su uso a niveles más desagregados sea acompañado por un modelo estadístico que pueda compensar muestras insuficientes y faltantes.^{7-10,12}

Análisis estadístico

El modelo implementado para construir un mapa de anemia a nivel distrital combina diversas fuentes de información en un único modelo, capturando diversas características sociales, económicas y regionales de la anemia a nivel distrital, así como la dependencia espacial entre los distritos. El modelo de Fay-Herriot espacial^{7,8,9,10} se define de la siguiente manera:

$$Y = X\beta + u + e; u = \rho W u + \epsilon \quad (1)$$

La primera ecuación expresa la asociación entre prevalencia de anemia (Y) y las características (X) del distrito, listadas en el cuadro I. Mientras que la segunda ecuación representa la dependencia espacial (el comportamiento en conglomerado) de los efectos aleatorios u , y, consecuentemente, de los Y . Además, v e e representan los errores de muestreo y los residuos del modelo, respectivamente. La dependencia espacial está definida mediante una matriz de vecindad W y un parámetro autorregresivo, ρ que mide la intensidad de la misma. La matriz W es la matriz de los pesos espaciales, que típicamente dependen de las distancias entre los distritos. Las distancias, a su vez, se obtienen utilizando las coordenadas geográficas correspondientes. De esta manera el efecto aleatorio de un distrito específico es una combinación lineal de los efectos aleatorios de los distritos vecinos. Cabe resaltar que existen diferentes definiciones de vecindad en la literatura.²¹⁻²³ En el presente trabajo se utiliza la definición y el procedimiento de selección desarrollado por Sikov y Cerda-Hernández.⁹ El modelo (1) fue ajustado a cada uno de los tres estratos de pobreza: (a) menos que 30%, (b) entre 30 y 55%, y (c) mayor que 55%, utilizando solamente los distritos incluidos en la muestra. Basándose en el modelo ajustado, se obtuvieron las predicciones de prevalencia de anemia en todos los distritos. Dichas predicciones incorporan la información auxiliar distrital proveniente del Censo Nacional y la información sobre prevalencia de anemia en distritos vecinos.

Finalmente, para construir un mapa de anemia para los hacedores de políticas públicas se creó una variable indicadora que identifica a cada distrito con la clasificación de la prevalencia de anemia establecida

por la OMS:¹⁵ (a) problema grave de salud pública, prevalencia mayor que 40%, (b) problema moderado de salud pública, prevalencia de 20 a 39.9%, (c) problema leve de salud pública, prevalencia de 10 a 19.9%, y (d) sin problema de salud pública, prevalencia menor a 10%.

Consideraciones éticas

La realización del estudio no requirió la aprobación de un comité de ética por tratarse de un análisis de datos secundarios obtenidos de un dominio público y de libre acceso, que no permite identificar bajo ninguna circunstancia a los niños evaluados.

Resultados

Los resultados de aplicación del modelo (1) revelan que la mayor prevalencia de anemia se identificó en zonas andinas del sur del Perú: Puno, Cusco, Ayacucho, Apurímac y Huancavelica; del centro del Perú: Ancash, Huánuco y Pasco; y de la selva: Loreto, Ucayali y Madre de Dios (figura 2A). Como ya fue mencionado, los conglomerados distritales de anemia se identificaron usando la clasificación de la prevalencia de anemia establecida por la OMS.

El análisis espacial basado en el modelo (1) permitió identificar 903 (48.2%) distritos con un problema grave de salud pública, situados mayormente en los departamentos de Puno, Cusco, Ayacucho, Apurímac, Huancavelica, Ancash, Huánuco y Pasco, Loreto, Ucayali y Madre de Dios. Asimismo, se hallaron dos conglomerados distritales principales: con alta y con moderada prevalencia de anemia (figura 2A) y muchos subconglomerados de menor tamaño en todos los departamentos. Además, se identificó que en los departamentos mencionados el porcentaje de prevalencia de anemia alcanzó niveles graves, es decir, 40% o más en casi 100% de los distritos. En la figura 2B, para cada departamento se muestra en diferentes intensidades de colores el porcentaje de distritos con problema grave de anemia. Detalladamente, del total de departamentos, Puno (99.1%), Madre de Dios (100%), Ucayali (88.2%), Loreto (92.5%), Cusco (75%), Apurímac (84.5%), Ayacucho (79%), Huancavelica (91%), Huánuco (75%), Pasco (65.5%) y Ancash (60.8%) fueron los departamentos que tuvieron mayor número de distritos con prevalencia de anemia como problema grave de salud pública. Estos departamentos son representados en color marrón oscuro y rojo oscuro en la figura 2B. Además, se estableció que la prevalencia de anemia en niños menores de cinco años representa un problema de salud pública entre moderado y grave en 1 844 (98.4 %) del total de distritos evaluados (1 874), prácticamente el país entero (figura 2A).

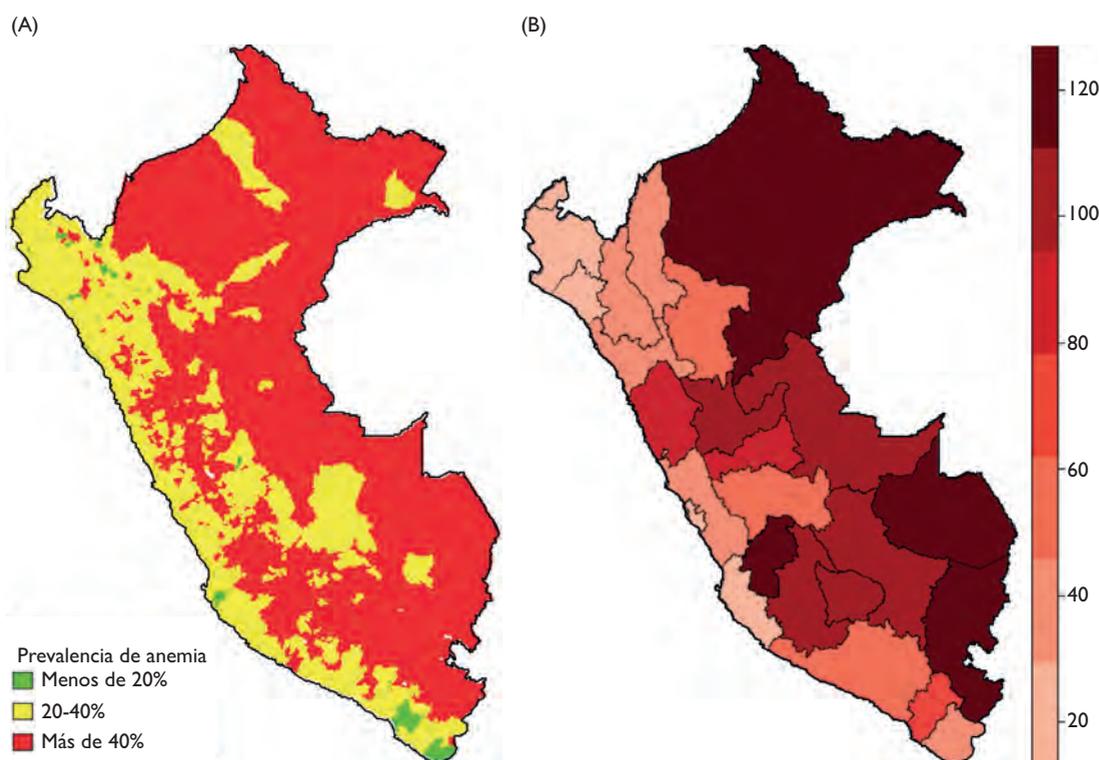


FIGURA 2. (A) MAPA DE CONGLOMERADOS DE ANEMIA USANDO LA CLASIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (B) MAPA DE CALOR QUE MUESTRA EL PORCENTAJE DE DISTRITOS CON PROBLEMA GRAVE DE SALUD PÚBLICA (ANEMIA >40%), POR DEPARTAMENTO. PERÚ, 2023

En la figura 3 se comparó el mapa usando solamente los estimadores directos obtenidos de los datos disponibles de la Endes y el mapa de anemia completo que se obtiene basándose en el modelo (1) para los departamentos de Ancash, Ayacucho y Huancavelica. Dicha figura muestra cómo la implementación del modelo consigue producir estimaciones de todos los distritos, incluyendo a los no muestreados, y al mismo tiempo, suavizar las estimaciones basadas en los estimadores directos obtenidos en distritos con muestras pequeñas.

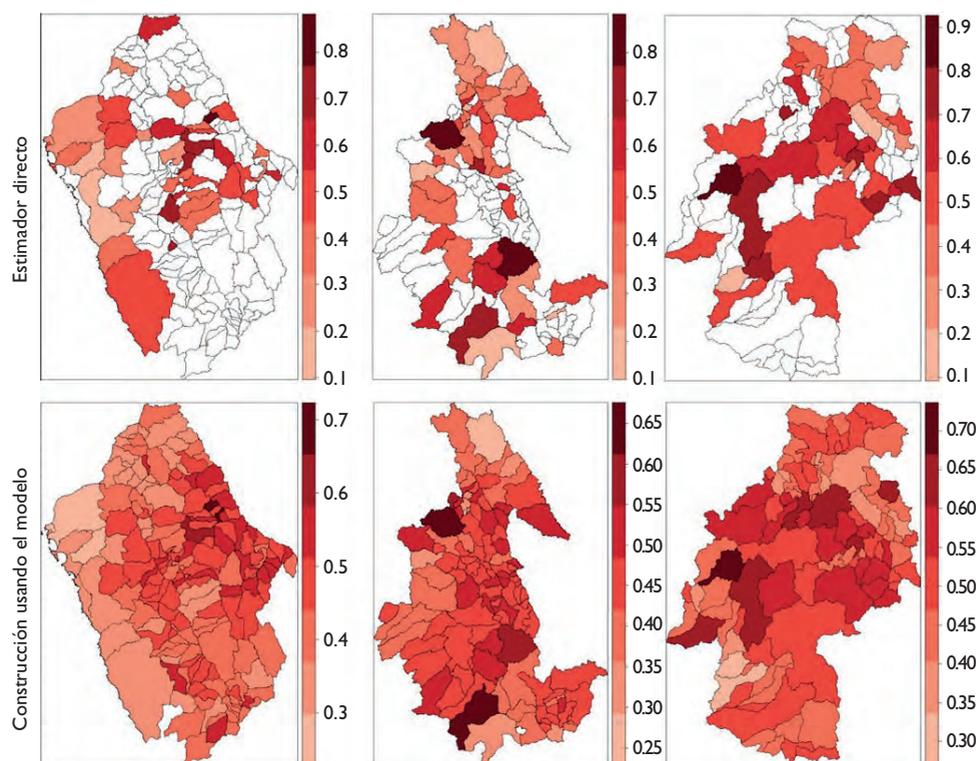
En el cuadro II se muestran los coeficientes de las variables auxiliares significativas que influyen en la prevalencia de anemia en niños entre 6 y 59 meses de edad, calculados con el modelo (1), considerando los tres niveles de pobreza definidos arriba.

Los resultados indican que tener acceso a agua potable sólo resultó significativo para los niveles de pobreza más altos, lo que indica que el acceso a agua de calidad no es una variable que explique la prevalencia de anemia en los niveles más bajos de pobreza, pero sí es un factor de riesgo muy significativo en los distritos más pobres, con lo que aumenta el riesgo de prevalencia de anemia en los niños menores de cinco años. Este

resultado implica que en muchos distritos del país la falta de agua potable y salubridad es propicio para la alta prevalencia de anemia. Específicamente, esto es exactamente lo que sucede en los distritos de la selva y la sierra en Perú donde gran porcentaje de la población no tiene acceso a agua potable.

Otro factor de riesgo interesante que se extrae del cuadro II está relacionado con el idioma dominante en el distrito. Específicamente, en todos los niveles de pobreza los distritos con mayor porcentaje de personas con lengua materna diferente al español son más propensos a tener mayor prevalencia de anemia.

Además, la variable *altura sobre el nivel del mar en la que se encuentra el distrito* sólo resultó significativa para los distritos más pobres del Perú (más de 55% de pobreza), lo que demuestra que en los distritos que se encuentran en regiones más altas el porcentaje de niños anémicos es más alto. Según el último mapa de pobreza del INEI,¹⁹ las regiones más pobres del país se encuentran efectivamente en la sierra y en la selva. Entonces, este resultado proporciona nueva evidencia de que la pobreza está directamente asociada con el problema de la prevalencia de anemia.^{9,10,16}



Nota: En la parte inferior de la figura, de izquierda a derecha, se muestra la construcción de los mapas de anemia para los departamentos de Ancash, Ayacucho y Huancavelica.

FIGURA 3. COMPARACIÓN ENTRE LA ESTIMACIÓN DIRECTA A NIVEL DISTRITO UTILIZANDO LOS DATOS DE LA ENCUESTA NACIONAL DEMOGRÁFICA Y DE SALUD FAMILIAR 2022 (ENDES 2022) Y LA CONSTRUCCIÓN DEL MAPA DE ANEMIA UTILIZANDO EL MODELO ESPACIAL (1). PERÚ, 2023

Las variables asociadas con la infraestructura de los hogares de las familias muestran que tener una casa con paredes de concreto o piso de concreto reduce la prevalencia de anemia en los niños. La variable *tener o no refrigerador en el hogar* es explicativa solamente en los menores niveles de pobreza, puesto que en la sierra y en la selva donde la pobreza es más alta (superior a 30%) ya estaría implícito no poseer un refrigerador en casa. En los distritos con pobreza monetaria menor a 30%, la prevalencia de anemia aumenta con el porcentaje de personas que tienen acceso al Seguro Integral de Salud (SIS), mientras que en los distritos con pobreza monetaria entre 30-55% la prevalencia de anemia aumenta con el porcentaje de personas que no tienen acceso a un seguro de salud (*no seguro*). Este hallazgo se explica por el hecho que, según el INEI,³ los más pobres son los que acceden al SIS o no cuentan con acceso a servicios de salud. Además, la prevalencia de anemia disminuye con el porcentaje de viviendas que se encuentran en la zona rural (*rural*). Por lo anterior, las estimaciones de los β 's dados en el

cuadro II muestran que las variables socioeconómicas son factores que impactan en la prevalencia de anemia en los distritos más pobres del Perú.

Finalmente, en la última línea del cuadro II se presentan las estimaciones del parámetro de dependencia espacial ρ , donde se observa que en todos los casos el valor de ρ obtenido es significativo positivo, corroborando el comportamiento en conglomerado de prevalencia de anemia en los distritos.

Discusión

En este trabajo se especificó y se estimó un modelo espacial para explicar el porcentaje de niños anémicos menores de cinco años por distrito en el Perú. La implementación de dicho modelo permite la obtención de estimadores de la prevalencia de anemia en los distritos con pocas o ninguna observación. Dicho problema es recurrente en muchas encuestas socioeconómicas nacionales, puesto que el objetivo de éstas es investigar el estado de la población a nivel nacional y no a niveles

Cuadro II
ESTIMACIONES DE β Y LA AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL PARA EL MODELO ESPACIAL (I) USANDO LOS DATOS DE LA ENCUESTA NACIONAL DEMOGRÁFICA Y DE SALUD FAMILIAR 2022. PERÚ, 2023

	Menos de 30%		Entre 30-55%		Más de 55%	
	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor	Coef.	p-valor
Agua	-	-	-0.20	0.000	-0.10	0.028
Cemento	-	-	-0.17	0.006	-0.20	0.018
Piso de tierra	-0.25	0.000	-	-	-0.224	0.029
Rural	-	-	-0.10	0.011	-	-
Altitud	-	-	-	-	0.03	0.014
Refrigerador	-0.22	0.002	-	-	-	-
Seguro Integral de Salud	0.31	0.000	-	-	-	-
No seguro	-	-	0.22	0.091	-	-
Español	-0.19	0.000	-0.16	0.000	-0.19	0.000
ρ	0.42	0.000	0.35	0.000	0.62	0.000

más desagregados, como se hizo en esta investigación. Cabe resaltar que a pesar de dichas limitaciones de la Endes, ésta es la principal fuente de datos sobre anemia infantil en el Perú, en comparación con los registros médicos generados por el Minsa o Cenán, los cuales no son representativos para toda la población por no ser un muestreo aleatorio y por tener el problema de sesgo de autoselección.^{4,5} Se demostró que para compensar los grandes errores de los estimadores directos que se producen por la escasa información en los distritos es posible utilizar la información de variables auxiliares de los mismos distritos y de los distritos vecinos mediante el modelo espacial (1). Se encontró una asociación fuerte entre anemia y pobreza, lo que corrobora lo reportado en la literatura académica.^{1,9,10,16} Asimismo, los resultados confirman la existencia de una fuerte dependencia espacial entre los distritos en todos los estratos de pobreza. Este hallazgo indica la presencia de patrones agrupados de distritos con niveles de anemia parecidos. Los conglomerados de distritos con alta prevalencia de anemia representan un problema grave de salud pública en 903 distritos y un problema moderado de salud pública en 941 distritos. Estas cifras demuestran que se ha retrocedido varios años en la lucha contra la anemia en Perú. Los conglomerados identificados servirán a los tomadores de decisiones y hacedores de políticas públicas para mejorar las estrategias de la lucha contra la anemia, construir mejores indicadores sociales e implementar medidas más focalizadas.

Un hallazgo notable adicional es una prevalencia de anemia infantil relativamente baja en la costa peruana, en comparación con otras regiones, lo que puede atribuirse al mejor desarrollo económico de las regiones de la costa, y consecuentemente, a índices de pobreza más bajos y, además, a una mayor seguridad alimentaria^{24,25} resultante de la presencia de las principales empresas agroindustriales en el Perú que se concentran principalmente en esta región.

Otra conclusión importante que se extrae de los resultados mostrados en el cuadro II es la existencia de la asociación de la prevalencia de anemia con el porcentaje de personas que tienen como lengua materna otra lengua diferente al español. Esto implica que la probabilidad de que un niño padezca anemia sea mayor en los distritos de las regiones andinas y amazónicas del Perú (figura 2A), donde se habla mayoritariamente lenguas nativas como quechua, aymara, entre otras. Este resultado está de acuerdo con la evidencia de que los distritos más pobres del Perú están localizados en esas regiones,¹⁹ lo que demuestra que las políticas públicas en temas de salud no se han incluido de forma adecuada o no han tenido el impacto esperado sobre estos grupos poblacionales, limitando su desarrollo como individuos en la sociedad.

En relación con el modelo (1) utilizado para esta investigación, entre las posibles limitaciones cabe mencionar su sensibilidad a la definición de la matriz de los pesos espaciales que se utilicen y la variabilidad de los estimadores provenientes de distritos con muestras

muy pequeñas. El primer problema fue parcialmente resuelto por Sikov y Cerda-Hernández,⁹ donde se propuso un algoritmo de selección de los distritos vecinos de manera óptima. En relación con el segundo problema, Sikov y Cerda-Hernández⁹ demuestran que el mismo puede ocurrir principalmente en las muestras que tienen 10 observaciones o menos. Sin embargo, los mismos autores indican que tanto en el caso de muestras pequeñas como en las muestras grandes, la eficiencia del estimador basado en el modelo de Fay-Herriot espacial es sustancialmente mejor, comparando con el estimador directo.

En relación con el método de la medición de hemoglobina, cabe resaltar que en países emergentes como Perú el uso de sangre venosa para diagnosticar anemia en las encuestas masivas como la Endes es inviable por los costos y la logística que involucra. Por tal motivo, la estimación de la hemoglobina en niños menores de cinco años reportada en la Endes se realiza mediante una muestra de sangre capilar, bajo las normas y procedimientos técnicos establecidos por el sector,²⁶⁻²⁸ a través del método del hemoglobímetro portátil (HemoCue modelo Hb 201+), recomendado por la OMS por ser un método confiable en la detección de anemia.^{28,*} Existen trabajos que reportan posibles discrepancias entre los niveles de Hb obtenidos usando la sangre capilar y venosa, que en algunos casos pueden llegar a los valores de 0.5 g/dl.²⁹ Sin embargo, la discusión sobre el método más adecuado para la detección de anemia no es el tema de la presente investigación.

En conclusión, la anemia infantil continúa siendo un problema grave de salud pública a nivel nacional al año 2022 que se concentra principalmente en la sierra y la selva de Perú. Los hallazgos encontrados en esta investigación requieren de respuestas efectivas e inmediatas dando prioridad a las zonas geográficas con mayor prevalencia de anemia, para así garantizar el desarrollo como individuo de los niños y niñas en la sociedad. A partir de los resultados se recomienda utilizar el modelo de Fay-Herriot espacial para los fines de predicción de anemia infantil en distritos no muestreados o con pocas observaciones.

* Más información en su manual: HemoCue. Manual de operación de hemoglobímetro HemoCue Hb 201+. Disponible en: https://www.michigan.gov/-/media/Project/Websites/mdhhs/Folder1/Folder90/Hemocue_OPERATING_MANUAL_App_D_Hb201Manual.pdf?rev=d2640ea8ad0043cf8b84e33dfb265d5a

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Económica y Estadística de la Universidad Nacional de Ingeniería.

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

Referencias

1. Organización Mundial de la Salud. Accelerating anaemia reduction: a comprehensive framework for action. Ginebra: OMS, 2023 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/item/9789240074033>
2. Ministerio de Salud. Plan Nacional para la Reducción y Control de la Anemia Maternoinfantil y la Desnutrición Crónica Infantil en el Perú: 2017-2021. Documento técnico. Perú: Minsa, 2017 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/Minsa/informes-publicaciones/280855-plan-nacional-para-la-reduccion-y-control-de-la-anemia-materno-infantil-y-la-desnutricion-cronica-infantil-en-el-peru-2017-2021-documento-tecnico>
3. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar- Endes 2022 Nacional y Departamental. Perú: INEI, 2023 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1898/libro.pdf
4. Bethlehem J. Selection bias in web surveys. *Int Stat Rev.* 2010;78(2):161-88. <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2010.00112.x>
5. Alarie S, Lupien SJ. Self-selection bias in human stress research: a systematic review. *Psychoneuroendocrinology.* 2021;131. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2021.105514>
6. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas. Perú: INEI [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
7. Fay RE, Herriot RA. Estimates of income for small places: an application of James-Stein procedures to census data. *J Am Stat Assoc.* 1979;74(366):269-77. <https://doi.org/10.2307/2286322>
8. Pratesi M, Salvati N. Small area estimation: the EBLUP estimator based on spatially correlated random area effects. *Stat Methods Appl.* 2008;17(1):113-41. <https://doi.org/10.1007/s10260-007-0061-9>
9. Sikov A, Cerda-Hernández J. Estimating the prevalence of anemia rates among children under five in Peruvian districts with a small sample size. *Stat Methods Appl.* 2023;32:1779-804. <https://doi.org/10.1007/s10260-023-00698-x>
10. Sikov A, Cerda-Hernández J, Haro-Abanto ME. ¿Es posible obtener estimaciones confiables del porcentaje de anemia y retraso en el crecimiento en niños menores de cinco años en los distritos más pobres del Perú?. *Apuntes. Revista de Ciencias Sociales.* 2023;50(95):171-202 [citado octubre 4, 2023]. Disponible en: <https://revistas.up.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/1811/1695>
11. Puranik A, Shreya N. Anemia among children under 5 years in India: A District-Level Spatial Analysis Using NFHS-5 data. *Asia Pac J Public Health.* 2022;34(2-3):206-12. <https://doi.org/10.1177/10105395211058288>
12. Petrucci A, Salvati N. Small area estimation for spatial correlation in watershed erosion assessment. *J Agric Biol Environ Stat.* 2006;11(2):169-82. <https://doi.org/10.1198/108571106X110531>

13. Ocas-Córdova S, Tapia V, Gonzales GF. Hemoglobin concentration in children at different altitudes in Peru: proposal for [Hb] correction for altitude to diagnose anemia and polycythemia. *High Alt Med Biol.* 2018;19(4):398-403. <https://doi.org/10.1089/ham.2018.0032>
14. González GF, Rubín de Celis V, Begazo J, Hinojosa M del R, Yucra S, Zevallos-Concha A, Tapia V. Correcting the cut-off point of hemoglobin at high altitude favors misclassification of anemia, erythrocytosis and excessive erythrocytosis. *Am J Hematol.* 2018;93(1):E12-E16. <https://doi.org/10.1002/ajh.24932>
15. Organización Mundial de la Salud. Centers for Disease Control and Prevention. Assessing the iron status of populations: including literature reviews. Ginebra: OMS, 2004 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241596107>
16. Cuevas-Nasu L, García-Guerra A, González-Castell LD, Morales-Ruan M del C, Méndez-Gómez Humarán I, Gaona-Pineda EB, et al. Magnitud y tendencia de la desnutrición y factores asociados con baja talla en niños menores de cinco años en México, Ensanut 2018-19. *Salud Publica Mex.* 2021;63(3):339-49. <https://doi.org/10.21149/12193>
17. Fanzo JC, Downs SM. Climate change and nutrition-associated diseases. *Nat Rev Dis Primers.* 2021;7(90). <https://doi.org/10.1038/s41572-021-00329-3>
18. Al-kassab-Córdova A, Méndez-Guerra C, Robles-Valcarcel P. Factores sociodemográficos y nutricionales asociados a anemia en niños de 1 a 5 años en Perú. *Rev Chil Nutr.* 2020;47(6):925-32 [citado mayo 3, 2023]. <http://doi.org/10.4067/S0717-75182020000600925>
19. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Mapa de pobreza monetaria provincial y distrital 2018. Perú: INEI, 2020 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1718/Libro.pdf
20. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. Diseño muestral. Lima: INEI, 2008 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: https://proyectos.inei.gob.pe/endes/recursos/endes2008_disenomuestral.pdf
21. Banerjee S, Carlin BP, Gelfand A. Hierarchical modeling and analysis for spatial data. 2nd Edition. Nueva York: Chapman and Hall, 2004. <https://doi.org/10.1201/b17115>
22. Anselin L. *Spatial econometrics: Methods and models.* Springer Dordrecht, 1988. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7799-1>
23. Cressie NAC. *Statistics for spatial data.* Nueva York: John Wiley & Sons, Inc, 1993. <https://doi.org/10.1002/9781119115151>
24. Instituto Peruano de Economía. Índice de Competitividad Regional. IPE, 2023 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: <https://incoreperu.pe/portal/>
25. Eguren F. ¿Qué alimentos consumimos los peruanos? Brecha alimentaria: la población rural está en desventaja ante peruanos urbanos y con mayores ingresos. En: *Seguridad alimentaria en el Perú: Compendio de artículos publicados en La Revista Agraria 2010-2015.* Lima: Centro Peruano de Estudios Sociales, 2016 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/279E4BC954D8D2C505258306007C794E/\\$FILE/seg_alimentaria_peru.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/279E4BC954D8D2C505258306007C794E/$FILE/seg_alimentaria_peru.pdf)
26. Ministerio de Salud. Guía Técnica: procedimiento para la determinación de hemoglobina mediante hemoglobímetro portátil. Lima: Minsa, Instituto Nacional de Salud, 2013 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/cenan/van/tecnica_vigilancia_nutricional/bioquimica/Determinaci%C3%B3n_hemoglobina_mediante_hemoglob%C3%B3metro_portatil.pdf
27. Organización Mundial de la Salud. Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2011 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/publications/i/item/WHO-NMH-NHD-MNM-11.1>
28. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Metodología de la medición de la anemia. Lima: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar, 2018 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2018/documentos_2018/METODOLOGIA_DE_LA_MEDICION_DE_LA_ANEMIA.pdf
29. Neufeld L, García-Guerra A, Sánchez-Francia D, Newton-Sánchez O, Ramírez-Villalobos MD, Rivera-Dommarco J. Hemoglobin measured by Hemocue and a reference method in venous and capillary blood: a validation study. *Salud Publica Mex.* 2002;44(3):219-27 [citado mayo 3, 2023]. Disponible en: <https://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/6389/7733>