

Influencia del consumo de agua potable sobre la anemia infantil en las regiones del Perú 2010 – 2018

Influence of drinking water consumption on childhood anemia in the regions of Peru 2010 - 2018

Mariluz Coila Curo
sunmi_185@hotmail.com - Universidad Nacional del Altiplano Puno
Helard Jhon Rojas Condori
snayder_z@hotmail.com - Universidad Nacional del Altiplano Puno
Wilson Salamanca Anahua
salamancaawr@hotmail.com - Universidad Nacional del Altiplano Puno
Alfredo Calatayud Mendoza
alfredopelayo@yahoo.com - Universidad Nacional del Altiplano Puno

Resumen

El objetivo de la investigación es analizar la influencia del consumo de agua potable sobre la anemia infantil en las regiones del Perú en el periodo 2010 – 2018, empleando para su estimación la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios en datos de panel por regiones, la fuente de información es la base de datos de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) y la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES); la anemia es un trastorno que afecta a los niños en el mundo y el Perú es uno de los países con mayores tasas de anemia a nivel de Latinoamérica (47.37% al año 2018). Los resultados muestran que existen diversos factores que influyen en la prevalencia de la anemia en los niños menores de 3 años y mayores de 6 meses, como son: la cobertura de agua potable, las enfermedades diarreicas agudas (EDAs), la pobreza y la edad de la madre; así mismo se puede evidenciar la poca participación de las instancias responsables como el Ministerio de vivienda, Ministerio de Salud, Ministerio de Educación, etc. A nivel nacional la prevalencia de anemia es muy alta con un promedio del periodo de 49.14%, la región con mayor tasa de anemia es Puno con 75.4% y la región con menor tasa de anemia es Lima con 36.7%, según los resultados las regiones con altas tasas de anemia se encuentran ubicados en la sierra y selva del Perú. La cobertura promedio de agua potable en el Perú es de 53.70% en el periodo de estudio, la anemia con la cobertura de agua potable presenta una correlación negativa (-0.35); las enfermedades diarreicas agudas (EDAs) con la anemia tiene una relación directa (0.34), considerando la pobreza y la edad de la madre como variables de control, se tiene que la primera presenta una relación positiva con la anemia (0.51), lo que indica que a mayor pobreza en el país se presentaran mayores casos de anemia en los niños menores de tres años; por otra parte, la edad de la madre influye de forma negativa (-0.35) con la anemia.

Palabras claves: *Anemia, cobertura de agua potable, enfermedades diarreicas agudas, pobreza.*

Abstract

The objective of this research is to analyze the influence of drinking water consumption on childhood anemia in the regions of Peru in the period 2010 - 2018. The method used was The Ordinary Minimum Squares in Panel Data by Regions. The source of information is the database of the National Household Survey (ENAH) and the Demographic and Family Health Survey (ENDES). Anemia is a disorder that affects children on the world. Peru is one of the countries with the highest rates of anemia in Latin America (47.37% per year 2018). The results show that there are several factors that influence the prevalence of anemia in children under 3 years and over 6 months, such as: Drinking water coverage, acute diarrheal diseases (EDAs), poverty and age of mother. Likewise, low participation of the responsible institutions such as The Housing Ministry, Ministry of Health, Ministry of Education, etc. The prevalence of anemia in Peru is very high with an average of 49.14% in the period. The region with the highest rate in anemia is Puno with 75.4% and the region with the lowest rate of anemia is Lima with 36.7%. According to the results, the regions with high rates of anemia are located in the mountains and in the jungle in Peru. The average coverage of drinking water in Peru is 53.70%. In the study period, anemia with drinking water coverage has a negative correlation (-0.35). Acute diarrheal diseases (ADDs) have a direct relationship with anemia (0.34). Considering the mother's poverty and age as control variables, the first one has a positive relationship with anemia (0.51), which indicates that the more poverty in the country there is more cases of anemia on children under three years of age. On the other hand, the mother's age has a negative influence (-0.35) with anemia.

Keywords: *Anemia, drinking water, coverage, acute diarrheal diseases, poverty.*

Introducción

En el mundo, la anemia afecta a alrededor de 800 millones de niñas y niños menores de 5 años y mujeres al año 2016, y su prevalencia se ha mantenido entre el 51.4% (1990) y el 41.7% (2016) (Organización Mundial de la Salud, 2017). La anemia se define como un trastorno donde el número de eritrocitos (glóbulos rojos) en la sangre es bajo; por otra parte, la anemia por deficiencia de hierro es la más común en el mundo (OMS, 2007) y la etapa más vulnerable es la infancia, debido a que en esta edad existen altas demandas de hierro, por el crecimiento, y se tiene una deficiente disponibilidad de este micronutriente en los alimentos, el hierro es un mineral que compone la hemoglobina y la mioglobina, tiene como funciones fijar el oxígeno para poder ser transportado, participa en el metabolismo del oxígeno y la síntesis del ácido desoxirribonucleico (ADN), por lo que es de vital importancia para las células que conforman los diversos tejidos del organismo (Blesa, 2016), además, la anemia es un problema de salud pública trascendental porque tiene impacto en la vida de las personas y por tanto en la sociedad, esencialmente porque trae consigo problemas a largo plazo (Morillo et al., 2014); en definitiva, la anemia puede limitar el desarrollo psicomotor y la capacidad de aprendizaje, lo que depende de la intensidad y la duración del cuadro de anemia que presenta la persona (Lluch, 2010).

En América Latina, la anemia está considerado como un problema entre moderado a severo, de acuerdo al Banco Mundial al 2016, la prevalencia de anemia en menores de cinco años es 20% en Chile y 47% en Bolivia, representando la prevalencia más baja y alta a nivel de América Latina respectivamente y en muchos de los países se encuentra en ese rango, sobre todo el Perú donde la prevalencia de la anemia es muy alta (Organización Panamericana de la Salud, 2013), las cuales superan al problema de la desnutrición crónica infantil; al año 2017, la anemia afecta a un 43.6% de niños menores de 3 años, donde el área rural es la más afectada (Ministerio de Desarrollo e Inclusion Social, 2018). Puno es el

departamento con mayor tasa de anemia a nivel nacional, el 76% de niños púerpos tiene anemia, seguido de los departamentos de Loreto (60.7%) y Ucayali (57.1%). (Ministerio de Salud del Perú, 2017).

La anemia es multicausal, de acuerdo al análisis de datos del Perú realizado de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) se identificaron varios factores como los sociodemográficos, los del niño y del cuidado materno-infantil, los cuales pueden incrementar la prevalencia de la anemia (Velásquez-Hurtado et al., 2016). Algunos factores que determinan la prevalencia de la anemia son prematuridad y bajo peso al nacer, disminución de la lactancia materna, inadecuada nutrición, prevalencia de enfermedades infecciosas (respiratorias y diarreicas), limitado acceso a agua segura y saneamiento, higiene inadecuada, bajos niveles de educación, entre otros factores (Ministerio de Salud del Perú, 2017); además, dentro de las causas que generan la anemia, debe considerarse la interacción entre el contenido de hierro en la dieta, la biodisponibilidad del mismo, asimismo, las pérdidas y el requerimiento necesario por el crecimiento, finalmente, la cantidad de hierro que es asimilada por el organismo depende de varios factores, como son la cantidad de hierro ingerida, la composición de la dieta y también la absorción que se da en la mucosa intestinal que dependerá de la presencia de trastornos gastrointestinales como diarrea, esteatorrea, condicionan la absorción de micronutrientes (Donato, 2009), adicionalmente, se debe considerar que las enfermedades pueden agravar la situación, la presencia de ciertos padecimientos como la malaria, las infestaciones parasitarias, las enfermedades infecciosas frecuentes principalmente de las vías respiratorias y del tubo digestivo (Garibay, 2003).

Considerando los factores que determinan la prevalencia de la anemia se tiene el agua, el cual es considerada un derecho fundamental de la humanidad según las Naciones Unidas, el requerimiento de agua potable limpia y segura al día por persona en la tierra es de aproximadamente 20 a 50 litros, lo que es utilizado para beber, cocinar y para el aseo personal, así mismo, se considera el acceso al agua limpia como

un paso hacia una mejor calidad de vida en todo el mundo (Costa et al., 2018).

Además, la ONU (2017) estima que 2,500 millones de personas carecen de acceso a saneamiento mejorado y alrededor de 1,000 millones practican la defecación al aire libre, cada año más de 800 mil niños menores de 5 años mueren innecesariamente a causa de la diarrea —más de un niño cada minuto, por otra parte innumerables niños caen gravemente enfermos y en muchas ocasiones les quedan secuelas a largo plazo que afectan su salud y su desarrollo; repercutiendo en impactos negativos en la salud pública (Florez, 2014). Según datos relevados por la ONU para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se estima que en América Latina y el Caribe el 72% del agua se utiliza en la agricultura; el 11%, en la industria, y el 17%, en usos domésticos y municipales (FAO, 2015). Entonces se deduce que la deficiente y los inadecuados servicios de saneamiento, higiene o acceso a agua potable incrementan la incidencia de enfermedades (Hutton & Haller, 2004),

En el Perú, la población urbana recibe el servicio de agua potable y alcantarillado por medio de las empresas de agua o empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), las cuales abastecen aproximadamente a 13,5 millones de habitantes; de ellos, 7,9 millones son abastecidos por ríos y lagos, y 5,6 millones por pozos, manantiales y galerías de infiltración (SUNASS, 2004) y en el área rural se abastece de agua por medio de las Organizaciones Comunales - Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS), al año 2017 existen en el país alrededor de 11,800, que tienen bajo su responsabilidad al 29% de la población, principalmente asentada en el ámbito rural.

Las comunidades rurales carentes de recursos hídricos, por lo general, son económicamente pobres y sus residentes están atrapados en un círculo vicioso de pobreza (INEI, 2018), según este informe más del 90% de la población de Apurímac, Moquegua, Cusco, Tacna, provincia de Lima, Ica, Arequipa y Áncash, consume agua proveniente de red pública (dentro o fuera de la vivienda). En tanto, la población de los departamentos de Ucayali, Pasco, Puno y Loreto presentan menor cobertura de agua por red pública (por debajo del 70%). Además, el 16,3% de la población del país no tiene acceso a agua por red pública. En el departamento de Loreto este déficit llega al 51,8% y en Pasco, Ucayali y Puno más de una tercera parte de su población carecen de agua por red pública (INEI, 2016)

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) emitió planes y acuerdos, en materia de saneamiento conducentes a “Lograr el acceso universal, sostenible y de calidad a los servicios de saneamiento” y ello se traduce en el DS. 018-2017, con lo que busca mejorar el acceso a los servicios de agua y alcantarillado en el país (MVCS, 2017).

Para combatir estas brechas, a fines del año 2016 se crea el Fondo de Inversión de Agua Segura, aprobado mediante Decreto Legislativo N° 1284, con la finalidad de financiar programas, proyectos y/o actividades orientados a cerrar brechas de cobertura de agua,

alcantarillado y tratamiento de aguas residuales a nivel nacional, contribuyendo a la eficiencia económica y operativa de los prestadores de los servicios de saneamiento y a la sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento (Huamaní, 2017).

A pesar de la disminución de la pobreza en el Perú, la prevalencia de anemia sigue siendo alta, en un estudio sobre hemoglobina sanguínea con datos de ENDES en niños menores de 3 años mediante un análisis multivariado de regresión logística se identificaron doce factores asociados con la anemia (47.9%) entre ellas el consumo de agua, dándose como factor importante el cuidado materno-infantil asociado a la práctica e higiene en la ingesta de alimentos. (Velásquez-Hurtado et al., 2016). Según UNICEF (2005) algunas enfermedades más comunes están relacionadas con el acceso insuficiente o nulo a servicios de agua y saneamiento como son parásitos intestinales (helmintos), según la gravedad de la infección pueden generar desnutrición, anemia o retrasos en el crecimiento. Es así la necesidad de evaluar y aplicar la metodología de costo/beneficio en materia de agua y saneamiento reduciendo así los niveles de morbilidad y mortalidad por enfermedades hídricas, asimismo disminuye el gasto social en enfermedades y asistencia a la pobreza (Ferro & Logares, 2009).

Existen muchos factores que afectan a los niños que tienen anemia, desde la educación de la madre hasta las malas prácticas alimentarias, asimismo, mediante un análisis descriptivo, transversal y de varianza (ANOVA) determinan que, aunque la incidencia es baja, la cobertura de salud y de agua potable influyen en los niños de 1 a 5 años con anemia (León, et al., 2018). Las precarias condiciones de saneamiento en el municipio de Turbo, Antioquia-Colombia, baja cobertura de agua y las tasas de anemia (48.7%) presentadas en esta provincia permitieron plantear una hipótesis de existencia de relación entre estas variables, asimismo al considerar tres variables como alimentos en verduras y carnes; relacionado a la cobertura de agua se observó que los niños que presentan parásitos intestinales también son afectados por la anemia debido a que estos alteran el estado de hierro en el cuerpo. (Alcaraz, et al., 2006)

En algunos estudios realizados en Latinoamérica sobre el agua y la anemia tenemos, en Ecuador, la prevalencia de anemia ferropénica en niños de Zuleta, según encuestas demográficas y socioeconómicas se encontró que el 60% de niños tienen anemia, asimismo el 80% de hogares no cuentan con agua potable, el 48% de niños no tienen hábitos de higiene, concluyendo que la cobertura de agua potable es muy limitada con un 11,7% (Paredes, 2017). Por otra parte, el análisis de la prevalencia de anemia en tres localidades de Argentina comparo con datos nacionales y exploró su posible relación con el agua que consumen los habitantes, esta relación se analizó con el ajuste de normalidad mediante el test de Kolmogorov-Smirnov encontrando como resultado que el agua de consumo de red no es factor relevante en la presencia de anemia debido a que se observó poca presencia de hierro en el agua (<0.05 mg/L) (Tentoni & Larregina, 2015). En un análisis de investigación sobre sistemas de agua potable e

instalaciones de letrinas en el distrito de Jancaya – Lambayeque tubo como finalidad reducir tasas de morbilidad y enfermedades (anemia), menciona que la inadecuada cobertura de agua y saneamiento incide en las tasas de morbilidad y enfermedades, dentro de ellas la anemia presentándose en esta localidad 14% de niños menores a 5 años (Sandoval, 2018.).

Considerando la incidencia de enfermedades y la prevalencia de la anemia, en la región amazónica de Ecuador, se buscó determinar la prevalencia de anemia en niños de edad escolar, realizando un estudio de corte transversal en 17 escuelas, donde se recabo información sobre valores antropométricos, de hemoglobina y se analizaron muestras de heces para determinar la presencia de parásitos, en el estudio se concluyó que existe anemia y que el 75.5% es por deficiencia de hierro, la población presenta desnutrición y la presencia de parásitos en la población estudiada fue 82%, finalmente se determinó que la anemia se debe más a una baja absorción de hierro que a una ingesta insuficiente (Quizhpe, et al., 2003).

En el estudio de Sobrino (2014), se analiza las tendencias de la desnutrición y la anemia en una población de niños menores de 5 años en el Perú en el año 2000 al 2011, donde analiza datos de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), estimando la tendencia de la desnutrición crónica, aguda y la anemia, así encontró las asociaciones con factores como sexo, edad, educación de la madre, quintil de riqueza, disponibilidad de red pública, presencia de diarrea; los resultados indicaron que en el periodo de análisis la anemia ha disminuido, los factores considerados se relacionan con la prevalencia de la anemia, la desnutrición crónica y aguda, siendo los factores más relacionados en la prevalencia de la anemia la disponibilidad de red pública de agua, presencia de cloacas, presencia de dos o más hijos y la presencia de diarrea (Sobrino, et al., 2014).

Por otra parte, es necesario resaltar que la pobreza es una condición que agrava la situación de la anemia, considerando la desigualdad social como un condicionante de la dificultad o obstáculo, al acceso a muchos productos alimentarios, cuando se posee un bajo nivel socioeconómico y por lo tanto un menor poder adquisitivo se tiende a adquirir productos de baja calidad nutricional con respecto a una dieta adecuada (Jimenez, et al., 2010).

Materiales y métodos

La investigación es un estudio hipotético deductivo (Mendoza, 2014) con datos de panel teniendo como unidades comparativas a las regiones del Perú y un espacio temporal de 9 años comprendidos entre los periodos 2010 - 2018.

Población y muestra: La investigación considera las 24 regiones del Perú (Amazonas, Áncash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Ica, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Loreto, Madre de Dios, Moquegua, Pasco, Piura, Puno, San Martín, Tacna,

Tumbes, Ucayali) y la Provincia Constitucional del Callao, la población de estudio incluye a todos los niños y niñas menores de tres años y mayores de seis meses, identificando de entre ellos, la población que presenta anemia.

Tabla 1
Muestra de niños menores de tres años y mayores de seis meses por regiones 2018

Región	Frecuencia	%	% Acum.
Amazonas	460	4.14	4.14
Ancash	384	3.45	7.59
Apurímac	351	3.16	10.74
Arequipa	407	3.66	14.40
Ayacucho	442	3.97	18.38
Cajamarca	394	3.54	21.92
Callao	414	3.72	25.64
Cusco	352	3.16	28.81
Huancavelica	377	3.39	32.19
Huanuco	476	4.28	36.47
Ica	418	3.76	40.23
Junín	415	3.73	43.96
La Libertad	361	3.25	47.21
Lambayeque	448	4.03	51.24
Lima	1,386	12.46	63.70
Loreto	471	4.23	67.93
Madre de Dios	350	3.15	71.08
Moquegua	369	3.32	74.40
Pasco	348	3.13	77.52
Piura	442	3.97	81.50
Puno	290	2.61	84.11
San Martín	429	3.86	87.96
Tacna	410	3.69	91.65
Tumbes	444	3.99	95.64
Ucayali	485	4.36	100.00
Total	11,123	100.00	

Nota. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar, 2018.

Tabla 2.
Niños menores de tres años y mayores de seis meses con anemia en el Perú al 2018

ANEMIA	Frecuencia	%	% Acum.
0	5,989	53.84	53.84
1	5,134	46.16	100
Total	11,123	100	

Nota. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar, 2018.

Tabla 3.
Niños menores de tres años y mayores de seis meses con anemia en el Perú por área de residencia al 2018

Área de residencia	Frecuencia	%	% Acum.
Urbana	7,728	69.48	69.48
Rural	3,395	30.52	100
Total	11,123	100	

Nota. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar, 2018.

Análisis de variables: En el periodo de estudio 2010-2018, se evaluará la relación e incidencia de la cobertura de agua con respecto a la prevalencia de anemia en los niños menores de 3 años y mayores de 6 meses, considerando adicionalmente los factores de pobreza, la edad y el nivel educativo de la madre y finalmente los casos de enfermedades diarreicas

agudas (EDAs); los datos relacionados a la anemia, niveles de hemoglobina en la sangre, edad de la madre y los casos de enfermedades diarreicas agudas, son obtenidos de la encuesta demográfica y de salud familiar (ENDES), por otra parte, los datos sobre la cobertura de agua potable en hogares se obtiene de la encuesta nacional de hogares (ENAH), estas encuestas son aplicadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI),

El estudio aplico el modelo de datos de panel, que combinan series temporales con unidades de sección cruzada o de corte transversal (países, regiones, empresas, hogares), de forma que un estudio de los datos considerando estas dos dimensiones por separado (tiempo y sección cruzada) deja cuestiones sin resolver (Baltagi, 2005).

Los modelos de datos de panel se clasifican en dinámicos o estáticos según incluyan o no en sus ecuaciones variables pertenecientes a diferentes periodos temporales. En la especificación estática, el modelo de regresión de un solo factor supone que el error aleatorio se descompone en $\varepsilon_{it} = \alpha_i + u_{it}$, donde cada α_i es el efecto individual (inobservado) de cada unidad de sección cruzada, invariante en el tiempo. El modelo (Greene, 1998) a estimar es el siguiente:

$$anemia_{it} = \alpha_{it} + aguapo_{it}\beta_0 + EDAS_{it}\beta_1 + Pobreza_{it}\beta_2 + Educación_{it}\beta_3 + Edad_{it}\beta_4 + U_{it} \quad (1)$$

Donde i se refiere al individuo (Regiones) o a la unidad de estudio (corte transversal), t a la dimensión en el tiempo, α es un vector de interceptos de n parámetros, β es un vector de K parámetros y $aguapo_{it}$ es la i -ésima observación al momento t para las K variables explicativas, y así sucesivamente con respecto a las variables del modelo. En este caso, la muestra total de las observaciones en el modelo vendría dado por $N \times T$.

Es usual interpretar los modelos de datos de panel a través de sus componentes de errores. El término de error U_{it} incluido en la ecuación (1), puede descomponerse de la siguiente manera:

$$U_{it} = u_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

u_i representa los efectos no observables que difieren entre las unidades de estudio, pero no en el tiempo, que generalmente se los asocia a la capacidad empresarial, por ejemplo. δ_t se le identifica con efectos no cuantificables que varían en el tiempo, pero no entre las unidades de estudio. ε_{it} se refiere al término de error puramente aleatorio.

Mínimos cuadrados ordinarios (MCO), este método es aplicable en caso en que no existe heterogeneidad no observable en el sistema de datos de panel y por tanto se emplea el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios con la ventaja de ganar grados de libertad.

La técnica de datos de panel permite contemplar la existencia de efectos individuales específicos a cada firma, invariables en el tiempo que afectan la manera

en que cada unidad de corte transversal toma sus decisiones.

Es posible que en el siguiente modelo básico:

$$y_{it} = \alpha_{it} + X_{it}\beta + U_{it}$$

La estimación por MCO pueden ser consistentes siempre y cuando se tiene una base de datos balaceados y se cuente con las variables explicativas o de influencia por lo que:

$$COV(X_{it}; U_{it}) = 0$$

En este caso los parámetros estimados por MCO serán consistentes caso contrario los resultados serán sesgados, lo que se desea es que los errores de los residuos deben ser independientes de las variables.

Prueba F , la significatividad conjunta de las variables en un modelo de componentes de error de un factor puede ser contrastada mediante un test F con la hipótesis nula:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_{N-1} = 0$$

El estadístico de contraste y su distribución bajo la hipótesis nula son los siguientes:

$$F_0 = \frac{(RSS_R - RSS_U)/(N - 1)}{RSS_U/(NT - N - K)} : H_0 F_{N-1, N(T-1)-K}$$

que es un test de Chow en el que RSS_R es la suma de cuadrados de residuos que se obtiene de la estimación MCO en el modelo agrupado y RSS_U es la suma de cuadrados de los residuos de la estimación por mínimos cuadrados de variables dummy.

Test de hausman, a la hora de elegir el método de estimación de un modelo de componentes de error de un solo factor (modelo (1)), juega un papel importante la existencia de correlación entre los regresores y los términos de error, y resulta arriesgado suponer que tal correlación no existe, es decir, que $E[\varepsilon_{it}|X_{it}] = 0$, puesto que $\varepsilon_{it} = (\alpha_i + v_{it})$ contiene el efecto fijo inobservado, que puede estar correlacionado con los regresores X_{it} (y de hecho suele estarlo), y por tanto puede conducir a estimadores inconsistentes. Cuando $E[\alpha_i|X_{it}] \neq 0$, sólo el estimador por EF es consistente, mientras que, bajo $H_0: E[\alpha_i|X_{it}] = 0$, tanto MCO como EF y MCG son consistentes, siendo MCG el estimador lineal insesgado óptimo.

Un contraste de Hausman se utiliza para analizar la posible correlación entre los α_i y los regresores y poder así decidir entre una estimación por EF o por RE. Bajo $H_0: E[\alpha_i|X_{it}] = 0$, el estadístico de Hausman, converge en distribución a una χ^2_{NT} :

$$Q_{FE,RE} = (\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})' (\hat{\sigma}_{\beta_{FE}}^2 - \hat{\sigma}_{\beta_{RE}}^2)^{-1} (\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE}) : H_0 \chi^2_{NT}$$

Como se puede observar, $Q_{FE,RE}$ es el cociente del cuadrado de la diferencia entre los dos estimadores y la diferencia entre las varianzas de éstos. Así, bajo H_0 , tanto EF como MCG son consistentes y por tanto

deben tender al mismo valor cuando $NT \rightarrow \infty$, de modo que la diferencia entre los estimadores debe ser pequeña. Puesto que el estimador $\hat{\beta}_{RE}$ es más eficiente que $\hat{\beta}_{FE}$, la varianza de aquél es pequeña en comparación con la de éste y por tanto la diferencia entre las varianzas es grande. La combinación de ambas cosas dará como resultado un valor del estadístico $Q_{FE,RE}$ cercano a 0 y que por tanto haya que rechazar la hipótesis nula. Si, por el contrario, H_0 , no es cierta, entonces $\hat{\beta}_{FE}$, es consistente pero $\hat{\beta}_{RE}$ no lo es, con lo que debe haber diferencia notable entre los valores de estos estimadores. Esto implicará que el valor del estadístico $Q_{FE,RE}$ será alto, pudiendo así rechazar la hipótesis nula (Greene (1998)).

Hausman y Taylor (1981) demostraron que la misma hipótesis puede ser contrastada utilizando cualquier par de diferencias $\hat{\beta}_{MCG} - \hat{\beta}_{FE}$, $\hat{\beta}_{MCG} - \hat{\beta}_{RE}$, $\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE}$ el estimador de α mediante una estimación entre grupos o between groups) intercambiando estas diferencias y sus varianzas en $Q_{FE,RE}$, dado que los estadísticos que se obtienen difieren unos de otros en una matriz no singular. Para el modelo de dos factores, el test de Hausman se basa igualmente en la diferencia entre el estimador de efectos aleatorios por MCG y el estimador EF (con variables dummy individuales y de tiempo), sólo que la equivalencia de los contrastes intercambiando los estimadores $\hat{\beta}_{MCG}$, $\hat{\beta}_{FE}$, $\hat{\beta}_{RE}$ no se mantiene en este caso, aunque otro tipo de equivalencias han sido establecidas (véase Baltagi (2001)).

Efectos fijos, conocidos también, como modelos de regresión de datos anidados, el cual realiza distintas hipótesis del comportamiento de los residuos. Este modelo es el que implica menos suposiciones sobre el comportamiento de los residuos. El modelo a estimar es:

$$y_{it} = \alpha_{it} + X_{it}\beta + U_{it} \quad (1)$$

Donde $\alpha_{it} = \alpha + v_i$

Siendo así: $y_{it} = \alpha + X_{it}\beta + v_i + U_{it} \quad (2)$

Es decir que supone el error (ϵ_{it}) puede descomponerse en dos, una parte fija constante para cada individuo (v_i) y otra aleatoria que cumple los requisitos de MCO (U_{it}), entonces ($\epsilon_{it} = v_i + U_{it}$), lo que es equivalente a obtener un tendencia general por regresión dando a cada individuo un punto de origen (ordenadas) distinto.

Un modelo de regresión de componentes de error de dos factores incluye, además de un efecto individual invariante en el tiempo, α_i , un efecto común a todos los individuos, U_{it} , el cual captura efectos temporales o macroeconómicos inobservables.

El modelo de estimación entre grupos (within groups) conlleva tomar medias en (2), tanto en los individuos como en el tiempo, y transformar el modelo en:

$$y_{it} - \bar{y}_i - \bar{y}_t + \bar{y} = (X_{it} - \bar{X}_i - \bar{X}_t + \bar{X})'\beta + (v_{it} - \bar{v}_i - \bar{v}_t + \bar{v}) \quad (3)$$

En este modelo de componentes de error de dos factores se puede también contrastar la significatividad conjunta de las dummies de forma similar a como se indica para los modelos de un solo factor, pero para los dos grupos de variables ficticias:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = K = \alpha_{N-1} = 0 \quad \text{y} \quad u_1 = u_2 = K = u_{T-1} = 0$$

El estadístico para este caso es:

$$F_0 = \frac{(RSS_R - RSS_U)/(N - 2)}{RSS_U/[(N - 1)(T - 1) - K]}: Ho F_{N+T-2, (N-1)(T-1)-K}$$

donde ahora RSS_R es la suma de cuadrados de los residuos de la estimación por MCO en el modelo agrupado y RSS_U es la suma de los cuadrados de los residuos de la regresión entre grupos en (3).

Con este modelo se considera que las variables explicativas afectan por igual a las unidades de corte transversal y que éstas se diferencian por características propias de cada una de ellas, medidas por medio del intercepto.

Resultados y discusión

La anemia es un problema muy serio que afecta a los niños del Perú, en los últimos años la tasa promedio alcanzó un 49.14% en niños menores de 3 años, los resultados obtenidos muestran que Puno es la región con la tasa más alta de anemia (75.4%) seguido de las regiones de Huancavelica (59.6%), Pasco (59.0%) y Madre de Dios (58.2%), de los resultados se puede apreciar que las regiones ubicadas en zonas de la sierra tales como Puno, Pasco y Huancavelica, presentan las más altas tasas de anemia, asimismo, las otras regiones (Loreto y Madre de Dios) corresponden a la selva peruana, también estas regiones tienen la característica de ser zonas con recursos minerales, es decir se practica la minería y extracción de recursos naturales. Las regiones con menores tasas de anemia después de Lima (36.7%) son Moquegua (38.1%), Lambayeque (38.7%) y La Libertad (41.0%), se puede apreciar que son regiones ubicadas en la costa del Perú.

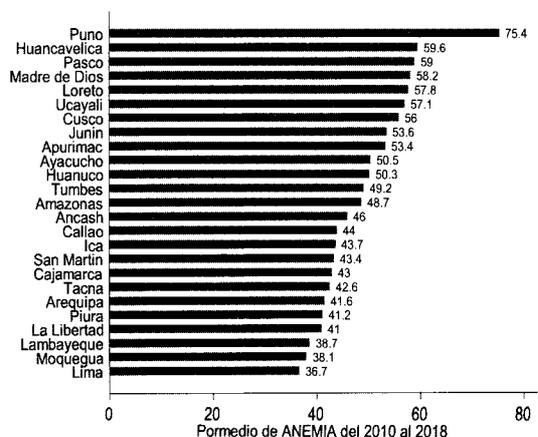


Figura 1. Promedio de anemia por regiones en el Perú 2010-2018

Durante los últimos años a partir del 2010, la tasa de anemia promedio en el Perú se ha reducido, a su vez, se ha observado que esta reducción no es significativa, en el 2010 se ha tenido una tasa promedio de 54.19% y llegamos al 2018 con una tasa de 47.37%, es decir la reducción es de 6.82%, después de casi una década el problema de la anemia persiste y las reducciones son menores del 1% al año, por lo que se debe poner énfasis en las políticas que se aplican para reducir este problema.

Tabla 4. Anemia promedio por años en el Perú

Año	Promedio
2010	54.19
2011	47.59
2012	47.89
2013	50.68
2014	51.59
2015	47.4
2016	48.24
2017	47.34
2018	47.37
Total	49.14

En el Perú, según reportes del INEI se tiene deficiencias en la cobertura de agua potable y existen diferencias entre las zonas rurales y urbanas, los resultados obtenidos muestran que las regiones con menor cobertura de agua potable son: Pasco (11.6%), Amazonas (21.9%) y Huancavelica (22.1%), de estas regiones se puede apreciar que la mayoría son regiones de la sierra a excepción de Amazonas, estas regiones tienen también la característica de formar parte de zonas de recursos minerales y forestales. Las regiones con altas tasas de cobertura de agua después de Lima (84.3%) y Callao (91.0%) son Tacna (79.6%), Tumbes (78.7%) y Arequipa (76.8%), además, se puede apreciar que son regiones que corresponden a la zona costera del Perú.

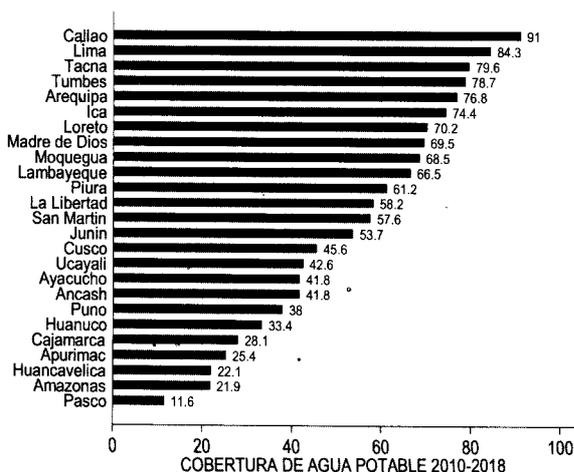


Figura 2. Cobertura de agua potable por regiones en el Perú 2010 - 2018

La cobertura de agua potable en el Perú en los últimos años ha crecido notablemente, es así que de un 18.13% en el 2010 se pasó a un 66.92% en el 2018, se aprecia un crecimiento de 48.79%, a pesar de que

es significativo existe aún una brecha bastante grande en cobertura de agua potable, el periodo de mayor crecimiento se da entre los años 2011 (16.79%) y 2012 (67.31%) observando un crecimiento de 51.48%.

Tabla 5. Promedio de cobertura de agua potable por año en el Perú

Año	Promedio
2010	18.13
2011	16.79
2012	67.31
2013	65.42
2014	60.84
2015	59.81
2016	60.80
2017	67.26
2018	66.92
Total	53.70

Las enfermedades diarreicas agudas (EDAs) es un problema de salud pública que afecta en mayor proporción a los niños menores de 5 años. Haciendo un análisis de los datos de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) en el Perú se tiene que las regiones con más altas tasas de EDAs son: Loreto (28.8%), Ucayali (25.0%) y San Martín (23.9%), además, son regiones de la selva del Perú. Las regiones con menor tasa de EDAs son Lambayeque (11.4%), Moquegua (11.8%) y Cajamarca (12.5%).

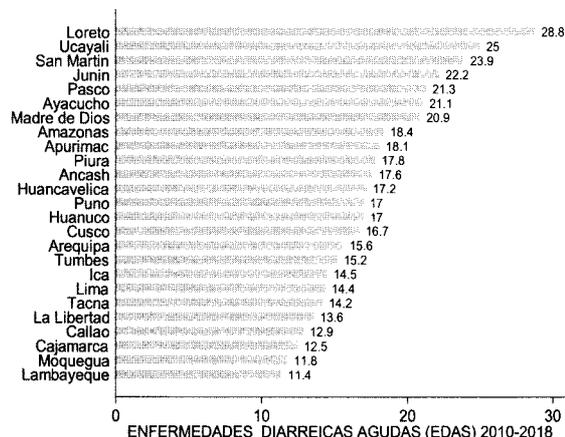


Figura 3. Promedio de incidencia de enfermedades diarreicas agudas en el Perú 2010 - 2018

A lo largo de los años, se ha observado una reducción de la tasa de anemia en niños menores de 3 años en el Perú pasando de un 20.44% en el 2010 a un 15.35% en el 2018, durante este periodo se observó una reducción de 5.09%.

Tabla 6. Promedio de incidencia de EDAs por año en el Perú

Año	Promedio
2010	20.44
2011	18.88
2012	17.14
2013	16.75
2014	17.54
2015	18.12
2016	17.25
2017	16.54
2018	15.35
Total	17.56

La pobreza en el Perú es un problema con altos índices en algunas regiones, situación que coincide con la prevalencia de anemia en niños menores de 3 años. Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) las regiones con más altas tasas de pobreza son: Huancavelica (89.9%), Amazonas (85.5%) y Apurímac (84.2%), además, son regiones de la selva y sierra del Perú. Las regiones con menor tasa de pobreza son Callao (13.2%), Lima (17.5%) y Arequipa (22.9%).

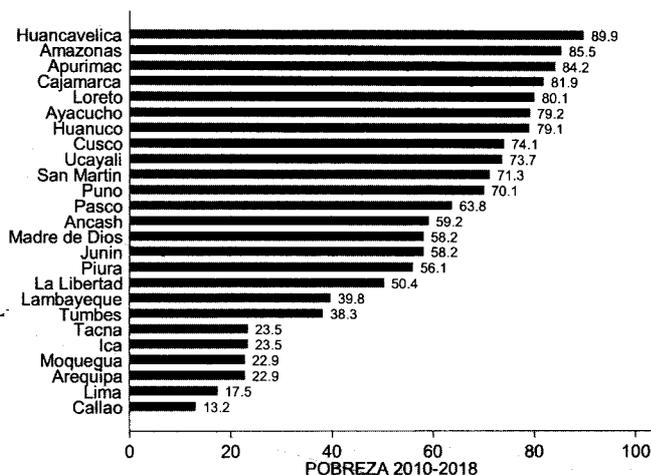


Figura 4. Promedio de pobreza por regiones en el Perú 2010 - 2018

La edad de la madre en un niño menor de 3 años es importante, se observa en la siguiente figura 5 que las regiones con edad promedio más altas son: Arequipa (29.8 años), Apurímac (29.7 años) y Moquegua (29.6 años), al mismo tiempo, son regiones de la costa y sierra del Perú, por otra parte, las regiones con madres de menor edad promedio son: Loreto (27.5 años), Ucayali (27.8 años) y San Martín (28.1 años).

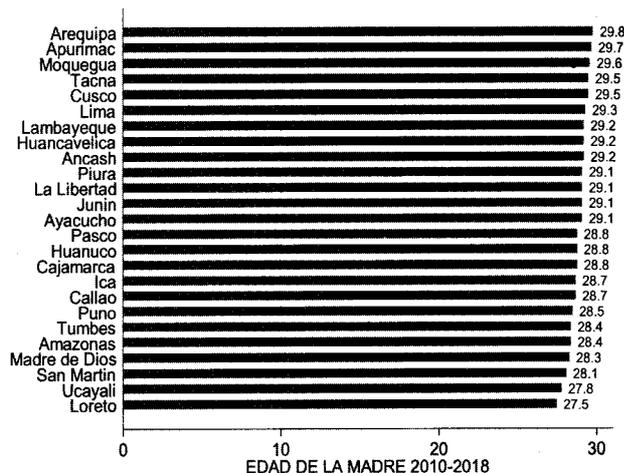


Figura 5. Promedio de edad de las madres por regiones en el Perú 2010 - 2018

El gráfico 6 muestra una correlación negativa (-0.353) de la tasa de anemia y la cobertura de agua potable por región en el Perú durante el periodo 2010-2018, infiriendo así que las regiones con menor cobertura de agua potable presentan mayores tasas de anemia. Asimismo, existe una correlación positiva (0.341) de la tasa de anemia y la prevalencia de enfermedades diarreicas agudas (EDAS) en niños menores de 3 años en las regiones del Perú durante el periodo 2010-2018, estos resultados nos indican que a mayores índices de prevalencia de enfermedades diarreicas agudas existe mayor proporción de niños con anemia. Esto se debe a que las EDAS son enfermedades estomacales e intestinales por lo que dificultan la absorción del hierro de los alimentos, es así que las EDAS se relacionan de manera directa con la anemia.

Respecto a la pobreza y la tasa de anemia en el Perú existe una correlación positiva (0.510), confirmando así que a mayores niveles de pobreza mayores serán las tasas de anemia. También se aprecia que las edades de las madres tienen una correlación negativa (-0.346) con respecto a la tasa de anemia, con lo que podemos apreciar que las regiones con madres de mayor edad tienen niños menos propensos a sufrir de anemia.

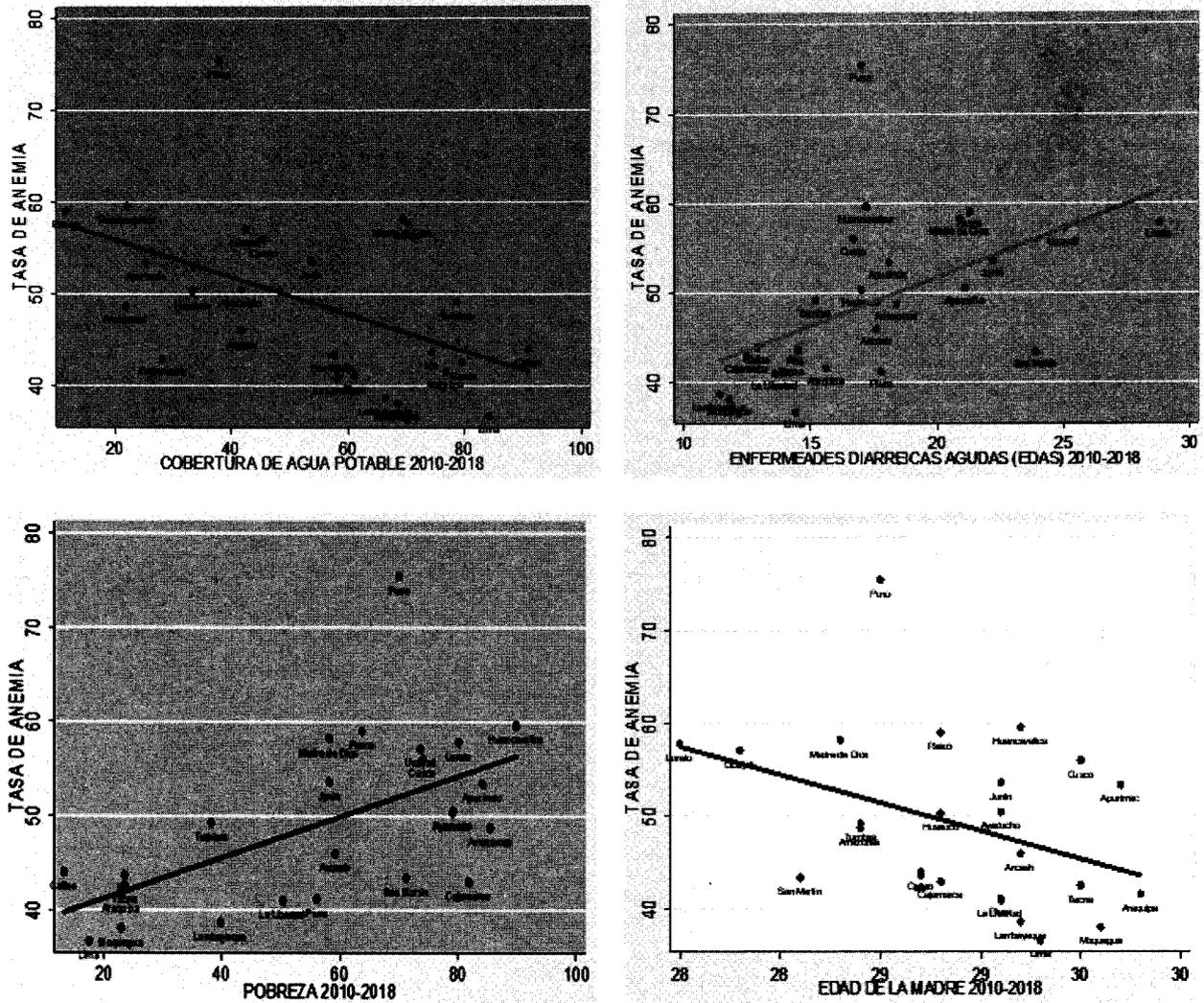


Figura 6: Correlación de la tasa de anemia con respecto al agua potable, EDAS, pobreza y edad de la madre por regiones en el Perú 2010 - 2018

Realizando una estimación por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) se observa que un incremento del 1% de cobertura de agua potable reduciría la tasa de anemia en un 0.079%, asimismo el incremento del 1% de enfermedades diarreicas agudas (EDAS) incrementaría en 0.06% la tasa de anemia, por otra parte, un incremento de la pobreza también incide en la anemia se observa que por cada punto porcentual de incremento de pobreza la anemia aumenta en un 0.31% (Tabla 7)

Tabla 7
Estimación de la anemia por Mínimos Cuadrados Ordinarios

Anemia	Coefficiente	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AGUAPO	-0.0363	0.0215	-1.6900	0.0930	-0.0787 0.0061
EDAS	0.1143	0.1184	0.9700	0.3350	-0.1190 0.3476
POBREZA	0.1583	0.0278	5.7000	0.0000	0.1036 0.2130
EDAD	-2.9623	0.7416	-3.9900	0.0000	-4.4238 -1.5009
_cons	125.7095	22.4609	5.6000	0.0000	81.4435 169.9756

Conclusiones

La anemia es un trastorno que afecta al 49.14% de niños menores de 3 años y mayores de 6 meses en el Perú, en el periodo 2010 – 2018, presentándose la mayor tasa en el año 2010 (54.19%); según el promedio nacional uno de cada dos niños tiene anemia. Del mismo modo, la región con mayor tasa de anemia es Puno (75.4%), es decir, siete de cada diez niños tienen anemia. Además, según los resultados las regiones con altas tasas de anemia se encuentran ubicados en la sierra y selva del Perú.

La cobertura promedio de agua potable en el Perú es de 53.70% en el periodo de estudio, presentándose la mayor cobertura durante el año 2017 (67.26%). La anemia con la cobertura de agua potable presenta una correlación negativa (-0.35), por lo que a mayor cobertura de agua potable las tasas de anemia disminuirán, por ejemplo, la región Pasco tiene baja cobertura de agua potable (11.6%) y presenta una alta tasa de anemia (59.0%).

Las enfermedades diarreicas agudas (EDAs), limitan la absorción de hierro de los alimentos, generando con ello mayores tasas de anemia, según los resultados obtenidos la anemia tiene una relación directa (0.34) con las EDAs, considerando a la región Loreto con una incidencia de EDAs en un 28.8% (presenta la mayor tasa en el Perú), asimismo, esta región muestra una elevada tasa de anemia (57.8%).

Considerando la pobreza y la edad de la madre como variables de control, se tiene que la primera presenta una relación positiva con la anemia (0.51), lo que indica que a mayor pobreza en el país se presentaran mayores casos de anemia en los niños menores de tres años; por otra parte, la edad de la madre influye de forma negativa (-0.35) con la anemia, aquellas madres de menor edad (adolescentes) tendrán hijos anémicos, ello por la falta de madurez y orientación de las madres en la alimentación de un niño.

El gobierno deberá considerar las variables de estudio para disminuir la prevalencia de la anemia, deberá proveer mayor cobertura de agua potable considerando que un incremento del 1% de cobertura de agua potable reduciría la tasa de anemia en un 0.079%; se debe implementar un manejo adecuado de las EDAs en los centros de salud para una pronta recuperación y reducir el tiempo de la enfermedad puesto que reducir en 1% las enfermedades diarreicas agudas (EDAS) se reducirá en un 0.06% la tasa de anemia; se deberá incidir más en la lucha contra la pobreza, puesto que reducir en 1% la pobreza disminuirá la tasa de anemia en un 0.31%; debe implementarse centros de orientación en las instituciones educativas secundarias para evitar los embarazos en adolescentes, así mismo debe brindarse orientación sobre el cuidado y alimentación tanto de niños y adolescentes.

Referencias bibliográficas

- Alcaraz López, G. M., Bernal Parra, C., Aristizábal Gil, A., Ruiz Villa, M. B., & Fox Quintana, J. E. (2006). Anemia and iron deficit anemia in children under five years of age and their relation with iron consumption in alimentation, Turbo, Antioquia, Colombia [Spanish]. *Investigacion & Educacion En Enfermeria*, 24(2), 16–29. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cin20&AN=2010893650&site=ehost-live>
- Baltagi, B. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*.
- Blesa. (2016). Anemia ferropénica. *Pediatría Integral*.
- Costa, F., Sánchez, A., Hidalgo, N., Benavides, H., Gutierrez, C., & Romero, E. (2018). *Perú: Formas de Acceso a Agua y Saneamiento Básico*. 1–69. Retrieved from https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf
- Donato, H. (2009). Anemia ferropénica. Guía de diagnóstico y tratamiento. *Arch Argent Pediatr*.
- Ferro, G., & Logares, C. (2009). Agua, salud y analisis costo/beneficio social. *Instituto de Economía UADE y CONICET*, (16618).
- Florez, R. O. (2014). Analisis Del Problema Del Agua Potable Y Saneamiento: Ciudad De Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation*, 16(01), 5–8. <https://doi.org/10.18271/ria.2014.28>
- Garibay, E. M. V. (2003). *La anemia en la infancia*. 13(6), 349–351.
- Greene, William H. (1998). *Análisis econométrico* (p. 880). p. 880.
- Huamani, S. A. (2017). Estimación de la rentabilidad social de incrementar la cobertura de agua potable en Lima Metropolitana. *Repositorio de La Universidad Del Pacífico-UP, Escuela de Postgrado, Perú*, 84. Retrieved from <http://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/1734>
- INEI. (2016). Perú: formas de acceso al agua y saneamiento básico. Síntesis Estadística. *Perú: Formas de Acceso Al Agua y Saneamiento Básico*, 1–28.
- INEI. (2018). Perú: Formas De Acceso a Agua Y Saneamiento Básico. *Instituto Nacional de Estadística e Informatica*.
- Jimenez, D., Rodriguez, A., & Jimenez, R. (2010). Análisis de determinantes sociales de la desnutricion en Latinoamerica. *Current HIV Research*, 11(4), 321–325. <https://doi.org/10.2174/1570162x113119990045>
- León, B. E. M., Mendoza, R. W. D., Mundo, H. C., Tamariz, G. A. M., Bazalar, A. P., Espinoza, E. V., ... Andaviza, J. E. Z. (2018). Elaboración y aceptabilidad de morcilla de sangre de pollo, quinua y verduras, como apoyo nutricional en la anemia ferropénica. *Big Bang Faustiniiano*, Vol. 0. Retrieved from <http://revistas.unjfc.edu.pe/index.php/BIGBAN/G/article/view/143>
- Lluch, M. M. (2010). *Cambios fisiológicos de la eritropoyesis*. 655–665.
- Mendoza, W. (2014). *Cómo investigan los Economistas: Guía para elaborar y desarrollar un proyecto de investigación*. Lima. Perú: PONTIFICE UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ.
- Ministerio de Desarrollo e Inclusion Social. (2018). *Plan Multisectorial de Lucha Contra la Anemia*. 124. Retrieved from <http://www.midis.gob.pe/dmdocuments/plan-multisectorial-de-lucha-contra-la-anemia-v3.pdf>
- MINSA. (2017). *Plan Nacional para la reducción y control de la anemia Materno Infantil y la Desnutrición Crónica Infantil en el Perú*. 65. Retrieved from <http://www.minsa.gob.pe/>
- Morillo, Y. R., Rodríguez, Y., Gutierrez, E., Aparco, J. P., Sánchez, I., & Fiestas, F. (2014). Anemia en la población infantil del Perú: aspectos clave para su afronte. In *Revista panamericana de salud publica*.
- MVCS. (2017). Decreto Supremo que aprueba el Plan Nacional de saneamiento 2017-2021. *Diario Oficial*, 27–93. Retrieved from <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-plan-nacional-contra-la-trata-decreto-supremo-n-017-2017-in-1530366-1/>
- Organización mundial de la Salud. (2017). Anemia en niños menores de 5 años, estimaciones por región de la OMS. <https://doi.org/http://apps.who.int/gho/data/view.main.ANEMIACHILDRENREGV?lang=en>
- Organización Mundial de la Salud. (2007). *Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad VMNIS | 2*. 1–7. Retrieved from https://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin_es.pdf
- Organización Panamericana de la Salud. (2013). *Impacto económico de la anemia en el Perú*.
- Paredes, E. (2017). *Prevalencia Y Factores De Riesgo De Anemia Ferropénica En Niños Menores De Cinco Años, En La Comunidad De Zuleta, Provincia De Imbabura, Ecuador*. IV(1), 183–219. Retrieved from <http://geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2018/08/9.pdf>
- Quizhpe, E., Sebastián, M. S., & Hurtig, A. K. (2003). *Prevalencia de anemia en escolares de la zona amazónica de Ecuador*. 13(12), 355–361.
- Sandoval, W. (2018). *Mejoramiento del sistema de agua potable e instalacion de letrinas en el Departamento de Lambayeque*.
- Sobrinho, M., Gutiérrez, C., Cunha, A. J., & Dávila, M. (2014). *Desnutricion infantil*. 35(2), 104–112.
- SUNASS. (2004). *La calidad del agua potable en el Perú*.
- Tentoni, J., & Larregina, A. N. (2015). Prevalencia de anemia y sobrecarga de hierro en tres localidades del Sistema de Ventania. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 49(3), 335–341. Retrieved from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572015000300007&lang=pt

- Velásquez-Hurtado, J. E., Rodríguez, Y., Gonzáles, M., Astete-Robilliard, L., Loyola-Romaní, J., Vigo, W. E., & Rosas-Aguirre, Á. M. (2016a). Factores asociados con la anemia en niños menores de tres años en Perú: análisis de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar, 2007-2013. *Biomédica*.
<https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i2.2896>
- Velásquez-Hurtado, J. E., Rodríguez, Y., Gonzáles, M., Astete-Robilliard, L., Loyola-Romaní, J., Vigo, W. E., & Rosas-Aguirre, Á. M. (2016b). Factores asociados con la anemia en niños menores de tres años en Perú: análisis de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar, 2007-2013. *Biomédica*, 36(2), 220.
<https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i2.2896>

Agradecimientos

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, así mismo a la Escuela de Posgrado y la Facultad de Ingeniería Económica.