

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL ACCESO AL AGUA DE CALIDAD SOBRE
LA PREVALENCIA DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS,
INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS Y ANEMIA EN LA SALUD
INFANTIL EN EL PERÚ:
UN ENFOQUE PROBIT BIVARIADO**

Tesis para obtener el grado académico de Magíster en Economía
que presenta:

JOSE MANUEL ZAVALA MUÑOZ

ASESOR:

CHRISTIAM MIGUEL GONZALES CHÁVEZ

Lima, 2022

RESUMEN

El servicio de saneamiento en el Perú comprende entre otros el servicio de agua potable y alcantarillado los cuales son prestados por empresas prestadoras, municipalidades y organizaciones comunales en los ámbitos urbanos, pequeñas ciudades y rural, respectivamente. Dicha prestación es muy disímil en los ámbitos indicados, existiendo zonas geográficas de nuestro país que cuentan o no con al menos uno de dichos servicios. Se evidencia que la ausencia o precaria atención de agua potable y de alcantarillado tiene un impacto en la salud de la población manifestándose en la presencia de enfermedades infectocontagiosas sobre todo en niños menores de cinco años. La presente investigación tiene como objetivo estimar el impacto del acceso a agua de calidad en la prevalencia de enfermedad diarreica aguda-EDA, infecciones respiratorias aguda-IRA y anemia en niños menores de cinco años en un contexto de presencia de endogeneidad. Para ello se utilizó un modelo Probit Bivariado que permite identificar y corregir potenciales problemas de endogeneidad (subestimación del verdadero valor de los parámetros) mediante la incorporación de variables observables y no observables. Se concluye que el acceso a agua de calidad tiene un efecto positivo sobre el bienestar de la población, en particular disminuye la probabilidad que la población de niños menores de 5 años presente prevalencia de enfermedades como el EDA, IRA y anemia. Asimismo, la ausencia de la madre en el hogar por el número de horas que le toma recolectar el agua tiene un efecto negativo sobre la salud de los niños. Cuantos mayores sean los activos que tiene el hogar representado por la calidad del material de sus viviendas, menor es la probabilidad que los niños menores de cinco años desarrollen las enfermedades descritas.

Índice

1. Contenido.....	3
2. Introducción.....	9
2.1 Justificación.....	9
2.2 Pregunta de investigación.....	12
2.3 Objetivos de la tesis.....	12
2.3.1 Objetivo General:.....	12
2.3.2 Objetivos Específicos:.....	12
2.4 Hipótesis.....	13
3. Saneamiento y salud en el Perú.....	14
3.1 El sector saneamiento en el Perú.....	14
3.1.1 Marco Institucional.....	14
3.1.2 Prestación de los Servicios de Saneamiento.....	15
3.1.3 Hechos Estilizados.....	17
3.2 El sector salud en el Perú.....	24
3.2.1 Desnutrición Crónica en niños menores de 5 años.....	27
3.2.2 Anemia Infantil en niños menores a 5 años.....	29
3.2.3 Infección Respiratoria Aguda (IRA).....	31
3.2.4 Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA).....	32
4. Revisión de la literatura.....	34
4.1 Saneamiento y salud infantil: evidencia internacional.....	34
4.2 Saneamiento y salud infantil: Perú.....	44

5. Mecanismo de transmisión.....	51
6. Metodología	53
6.1 Modelo Microeconómico.....	54
6.2 El modelo probit bivariado.....	55
6.2.1 Estimación de los parámetros por Máxima Verosimilitud.....	57
6.2.2 El problema de la Endogeneidad desde el modelo Probit Bivariado.....	60
6.2.3 Test de Wald	61
7. Datos y estadísticas descriptivas	62
7.1 Datos y estadística descriptiva:.....	62
7.1.1 Variables:.....	62
7.1.2 Análisis Descriptivo	64
8. Resultados	69
8.1 Enfermedades Diarreicas Agudas	69
8.2 Infecciones Respiratorias Agudas	72
8.3 Anemia	76
8.4 Comparación de Estudios en el Perú	79
9. Conclusiones, recomendaciones y agenda pendiente	81
9.1 Conclusiones	81
9.2 Recomendaciones de Políticas.....	82
9.3 Agenda Pendiente.....	85
10. Bibliografía.....	87

Índice de Tablas

Tabla 1 Perú 2019 - Acceso al Servicio de Agua.....	11
Tabla 2 Prestadores de Servicios de Saneamiento según ámbito de competencia	15
Tabla 3 Administradores de la Prestación de Servicios de Saneamiento	15
Tabla 4 Clasificación de las Empresas Prestadoras según número de conexiones	19
Tabla 5 Índice de Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento de las Empresas Prestadoras por Grupo.....	23
Tabla 6 Clasificación de Enfermedades infecciosas relacionadas con el Agua.....	26
Tabla 7 Prevalencia de enfermedades en niños menores de 5 y 3 años - Periodo 2014 -2019.....	27
Tabla 8 Desnutrición Crónica – Área Urbana y Rural 2019.....	28
Tabla 9 Anemia – Área Urbana y rural 2019.....	29
Tabla 10 Efectos de la Calidad del Agua y el Saneamiento en la Salud en niños menores de 5 años.....	35
Tabla 11 Efectos de los indicadores de saneamiento en las hospitalizaciones.....	37
Tabla 12 La India, 2001 - Impactos del agua entubada en la prevalencia de diarrea y la duración de los niños menores de cinco años.....	40
Tabla 13 Indicadores socioeconómicos de la Población de Rural de la Amazonía.....	46
Tabla 14 Coeficientes Obtenidos del Modelo Logit.....	48
Tabla 15 Variables dependientes.....	63
Tabla 16 Resumen de estadísticas.....	66
Tabla 17 Regresión Bivariante para EDA	71
Tabla 18 Regresión Bivariante - Acceso al Agua de Calidad	71
Tabla 19 Efectos Marginales	72
Tabla 20 Regresión Bivariante - Infecciones Respiratorias Agudas – IRA.....	74
Tabla 21 Regresión Bivariante - Acceso al Agua de Calidad	75

Tabla 22 Efectos Marginales.....	75
Tabla 23 Regresión Bivariante – Anemia	77
Tabla 24 Regresión Bivariante - Agua de Calidad	78
Tabla 25 Efectos Marginales.....	78
Tabla 26 Cuadro Comparativo de estudios en el Perú	80



Índice de Figuras

Figura 1 Actores involucrados en el Sector Saneamiento de acuerdo con sus competencias.....	14
Figura 2 Operadores municipalidades y operadores especializados por departamento	16
Figura 3 24 531 Organizaciones comunales por departamento.....	16
Figura 4 Población Total, Urbana y Rural.....	17
Figura 5 Población que consume Agua Proveniente de red pública por departamento en el 2019.....	18
Figura 6 Cobertura de Agua: Periodo 2014-2019	20
Figura 7 Cobertura de Alcantarillado: Periodo 2014-2019.....	21
Figura 8 Agrupación de empresas prestadoras según los indicadores de cobertura de agua potable y cobertura de alcantarillado, 2018.....	22
Figura 9 Árbol de Problemas – Modelo del Problema Público – Política Nacional Multisectorial de Salud al 2030 “Perú, País Saludable”	25
Figura 10 Porcentaje de Menores de 5 años de edad con desnutrición crónica, según región natural ...	28
Figura 11 Porcentaje de Menores de 5 años de edad con desnutrición crónica, según ámbito	29
Figura 12 Porcentaje de Menores de 5 años con anemia, según región Natural.....	30
Figura 13 Porcentaje de Menores de 5 años con anemia, según región Natural.....	30
Figura 14 Perú: Porcentaje de niños menores de 36 meses de edad que en las dos últimas semanas anteriores a la encuesta tuvieron ira, según área de residencia	31
Figura 15 Perú: porcentaje de niños menores de 36 meses de edad que en las dos últimas semanas anteriores a la encuesta tuvieron ira, según región natural.....	32
Figura 16 Perú: porcentaje de niños menores de 36 meses de edad que en las dos últimas semanas anteriores a la encuesta tuvieron EDA, área de residencia	33
Figura 17 Perú: porcentaje de niños menores de 36 meses de edad que en las dos últimas semanas anteriores a la encuesta tuvieron EDA, según región natural	33

Figura 18 Mecanismo de Transmisión de la mejora del acceso a los servicios de agua y alcantarillado en menores costes del estado	37
Figura 19 Residuos	43
Figura 20 Índice de Densidad del Estado – IDE 2017	47
Figura 21 Esquema de trasmisión	51
Figura 22 Comportamiento de las variables en el Grupo Tratamiento	68
Figura 23 Comportamiento de las variables en el Grupo Comparación	68



2. Introducción

2.1 Justificación

La calidad de la prestación de los servicios de agua y saneamiento constituyen un elemento primordial en la reducción de enfermedades infecciosas relacionadas con el agua, ante un contexto de escasos recursos presupuestales se requiere realizar un trabajo que estime la reducción de estas enfermedades cuando se cuenta con acceso al agua de calidad lo cual impactará en la reasignación de los recursos a otros sectores cuyo objetivo sea maximizar el bienestar de los niños menores de cinco años en el Perú.

Los trabajos empíricos existentes para nuestro país sobre los impactos en la salud del acceso al agua y saneamiento no prestaron la debida atención a las variables no observables y los problemas que puede causar la existencia de endogeneidad en las estimaciones de las mismas. Las estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) o de regresiones logísticas puede arrojar estimaciones insesgadas de los parámetros que capturan los efectos marginales de la calidad del agua y del saneamiento. Asimismo, los métodos de emparejamiento se basan en el supuesto de que la selección se da únicamente en variables observables, por lo tanto, controlan únicamente por el sesgo en esta dimensión (Bernal y Peña, 2011). Podríamos analizar como varía el comportamiento de los agentes económicos frente a cuestiones como el nivel de ingreso, riqueza, nivel de estudios, composición del hogar, características de la vivienda, lugar de origen del individuo evaluado, etc.; pero todo ello en el marco de variables explicativas del modelo. Sin embargo, no todos los agentes toman sus decisiones de igual modo, inclusive individuos o agentes que comparten las mismas características observables pueden tomar decisiones distintas. Esto nos obliga a evaluar la existencia de efectos no observables, específicos de agente o individuo encuestado y que generalmente es constante en el tiempo, lo cual influye en la toma de sus decisiones. Por lo tanto, es necesario primero aceptar la existencia de estos efectos latentes que no se recogen de manera explícita en el modelo y su no atención producirá un problema de variables omitidas; es decir, los coeficientes estimados de las variables explicativas incluidas estarán sesgados, por recoger

parcialmente los efectos individuales no observables (Greene, 1999). En ese sentido, se utilizará un modelo que corrija el problema de endogeneidad; para esta investigación debido a las variables omitidas; mediante la construcción de un modelo probit bivariado ya que este posee un resultado binario de dos ecuaciones simultáneas con alteraciones de error que están correlacionadas. Dicho modelo incluirá una variable latente no observada que mida la utilidad indirecta que se obtiene al contar con una vivienda que cuenta con acceso de agua de calidad.

En nuestro país, tenemos la presencia del fenómeno del niño relacionado a un incremento de la temperatura de las aguas de la costa norte peruana y que representa, entre otras, una de las manifestaciones que tiene el cambio climático en el Perú. Este fenómeno ha generado impactos negativos en los aspectos de la salud y los servicios de saneamiento (colmatación de reservorios, salinización de suelos, exceso de lluvias que impactan en el saneamiento básico en diversas regiones del país) a la población incidiendo en la presencia de enfermedades infecciosas relacionadas con la ausencia de agua de calidad.

Asimismo, cada año existe un incremento de la población mundial que requiere entre otros de una suficiente disponibilidad de agua segura que actualmente los países en el mundo no cuentan. Existe una práctica asociada a este problema y es la defecación al aire libre, que es la práctica que tienen las personas de defecar en lugares abiertos. De acuerdo con lo indicado por el programa conjunto entre la OMS /UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento del Agua, Saneamiento y la higiene- Indicadores de Desarrollo Mundial, entre el año 2000 y el 2017 la cantidad de personas que realizaban esta práctica se ha reducida aproximadamente en la mitad, es decir de 1300 millones a 670 millones (9% de la población mundial), siendo la India el país con más casos respecto a este problema. De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud casi 15,5 millones de personas practican la defecación al aire libre en América Latina y el Caribe.

En nuestro país, de acuerdo con el INEI, en la encuesta nacional de programas presupuestales el 94.9% de la población urbana accede a servicios de agua proveniente de la red pública y el 89.9% accede a red de alcantarillado urbano, en tanto en el ámbito rural el 75.3% de la población accede a servicios de agua proveniente de la red pública y el 19% accede a red pública de alcantarillado tal como se muestra en la Tabla N°1.

La defecación al aire libre es un problema que en nuestro país es realizada por aproximadamente el 7.3% de la población nacional, es decir aproximadamente 2, 345, 692 personas y es quizás uno de los elementos de contaminación del agua y de presencia de enfermedades que impactan negativamente en la salud sobre todo de los niños menores de cinco años. A continuación, se muestran las estadísticas descritas:

Tabla 1

Perú 2019 - Acceso al Servicio de Agua

ACCESO AL AGUA – A NIVEL POBLACIONAL	%	POBLACIÓN
Población de Perú (*)		32,131,400
Población en zonas urbanas que accede al servicio de agua proveniente de red pública	94.9	30,492,699
Población en zona rural que accede al servicio de agua proveniente de red pública	75.3	
Población que accede a agua para consumo humano proveniente de red pública	90.7	
Población que utiliza agua de superficie		
Población que accede a red pública de alcantarillado nacional	74.4	23,905,762
Población que accede a red pública de alcantarillado urbano	89.9	
Población que accede a red pública de alcantarillado rural	19	
Población que practica defecación al aire libre	7.3	2,345,592

Nota. (*) INEI Población Nacional a diciembre 2019. Fuente: Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (ENAPRES, 2019).

En este contexto, en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS, los cuales son 17 y se encuentran integrados, es el ODS 6: Garantizar la disponibilidad de Agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, en el que circunscribe la problemática descrita en los párrafos precedentes. Si bien se ha conseguido progresar de manera sustancial a la hora de ampliar el acceso a agua potable y saneamiento, todavía existen miles de millones de personas (principalmente en áreas rurales) que aún carecen de estos servicios básicos. De acuerdo a la OMS- PNUD, en todo el mundo, una de cada tres personas no tiene acceso a agua potable salubre, dos de cada cinco personas no disponen de una instalación básica destinada a lavarse las manos con agua y jabón, y más de 673 millones de personas aún defecan al aire libre(Objetivos de desarrollo sostenible)¹.

2.2. Pregunta de investigación

¿Cuál es el impacto del acceso al agua de calidad sobre la prevalencia de enfermedades diarreicas agudas (EDA), infecciones respiratorias agudas (IRA) y anemia en niños menores de cinco años del Perú, en un contexto probable de presencia de endogeneidad?

2.3 Objetivos de la tesis

2.3.1 Objetivo General:

Estimar el impacto del acceso al agua de calidad en la prevalencia de enfermedades diarreicas agudas (EDA), infecciones respiratorias agudas (IRA), y anemia en niños menores de cinco años del Perú.

2.3.2 Objetivos Específicos:

- Formular un modelo micro econométrico que permita estimar el efecto causal de acceso al agua de calidad considerando la existencia potencial de endogeneidad.
- Determinar factores adicionales que determinen la prevalencia de enfermedades EDA,

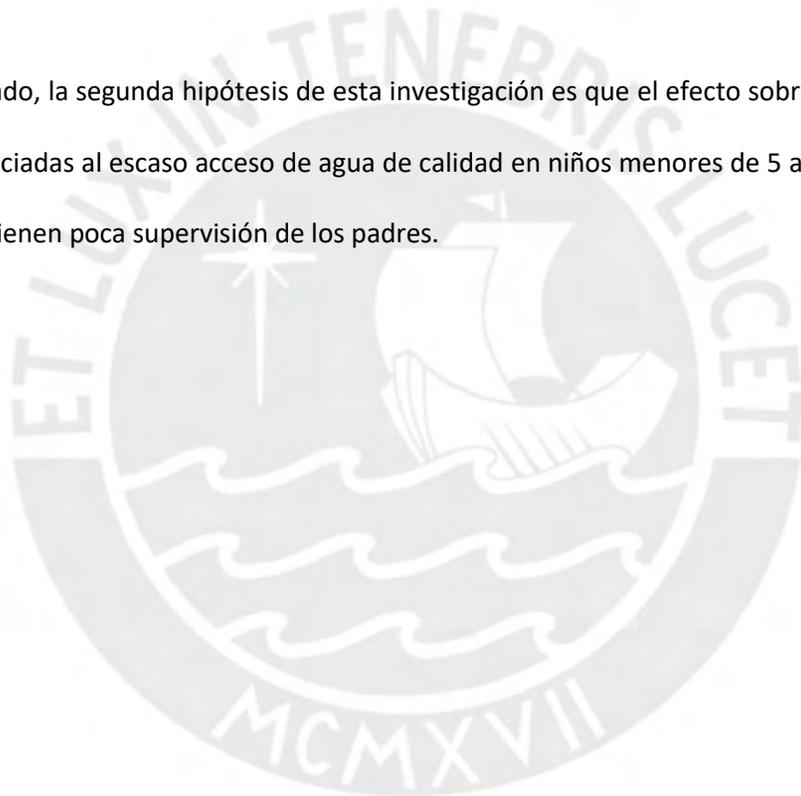
¹ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

IRA y anemia en niños menores de cinco años.

2.4 Hipótesis

Este estudio manifiesta que en el Perú hay una disminución sustancial en la prevalencia de enfermedades diarreicas agudas (EDA), infecciones respiratorias agudas (IRA) y anemia a partir de un mayor acceso a los servicios de agua de calidad, debido al efecto que estos servicios tienen sobre las mencionadas. El presente trabajo intuye que, cuando los niños menores de 5 años disponen de los servicios de agua de calidad en su vivienda, existe una menor probabilidad de contraer estas enfermedades.

Por otro lado, la segunda hipótesis de esta investigación es que el efecto sobre la prevalencia de enfermedades asociadas al escaso acceso de agua de calidad en niños menores de 5 años es amplificado cuando los niños tienen poca supervisión de los padres.



3. Saneamiento y salud en el Perú

3.1 El sector saneamiento en el Perú.

3.1.1 Marco Institucional

Mediante el Decreto Legislativo N° 1280, la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento y mediante los Decretos Supremos N° 018-2017-VIVIENDA y 019-2017-VIVIENDA se aprobaron el Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021 y el reglamento del DL 1280, respectivamente. Dichas normas describen a los actores involucrados en el sector saneamiento según el ámbito de competencia y la función que realizan, tal como se indica a continuación:

FIGURA 1
ACTORES INVOLUCRADOS EN EL SECTOR SANEAMIENTO DE ACUERDO CON SUS COMPETENCIAS

	URBANO	RURAL
Rectoría	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento Viceministerio de Construcción y Saneamiento	
Regulación, supervisión y fiscalización	DIGESA (Ministerio de Salud) ANA (Ministerio de Agricultura y Riego) Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS	
Gestión y administración	Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento - OTASS	No
Prestación de servicios	Empresas prestadoras privadas, públicas o mixtas. Municipalidades: UGM. Operadores especializados	Organizaciones Comunes (JASS)
Formulación y ejecución	Programa Nacional de Saneamiento Urbano (PNSU) – Programa Agua Segura para Lima y Callao Gobierno Regional (Dirección Regional de Vivienda, Construcción y Saneamiento); Gobierno Local	Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR)
Otros sectores	Cooperación internacional, academia	

Nota. Fuente: Plan Nacional de Saneamiento- MVCS-DGPR

3.1.2 Prestación de los Servicios de Saneamiento

De acuerdo con el Plan Nacional de Saneamiento, la prestación de los servicios de saneamiento se puede realizar en los ámbitos urbanos y rural, de la siguiente manera:

Tabla 2

Prestadores de Servicios de Saneamiento según ámbito de competencia

PRESTADORES DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO	ÁMBITO				
	EMPRESAS PRESTADORAS		MUNICIPALIDADES		ORGANIZACIONES COMUNALES
	Urbano		Pequeñas ciudades		Rural
	Accionariado Municipal	Estatal	Unidad de Gestión Municipal - UGM	Operadores Especializados	Junta de Administradoras de Servicios de Saneamiento -JASS.

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el ámbito de competencia se cuenta con un número de administradores de los servicios de saneamientos los que se presentan a continuación:

Tabla 3

Administradores de la Prestación de Servicios de Saneamiento

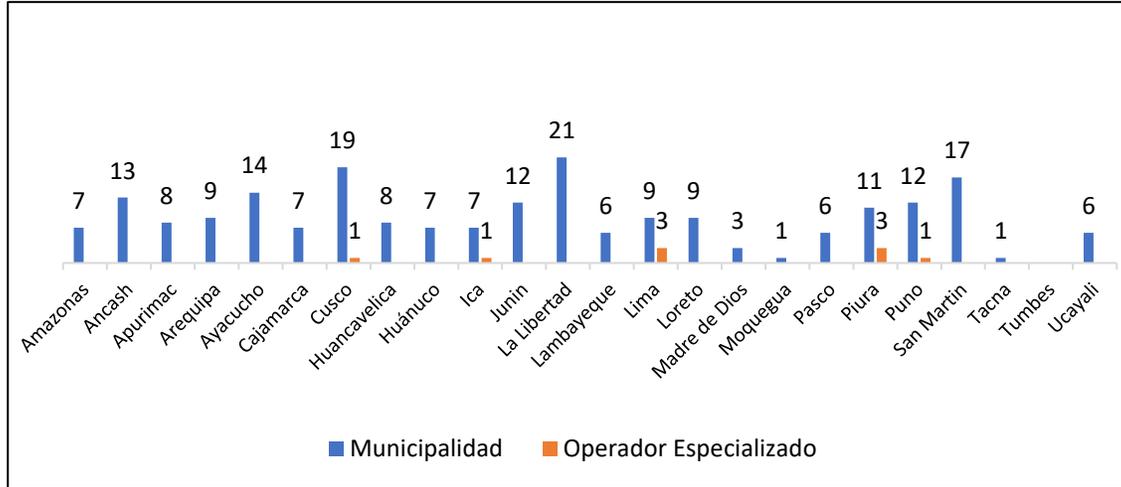
PRESTADORES	ÁMBITO		
	URBANO	PEQUEÑAS CIUDADES	RURAL
		Zonas urbanas con población entre 2,001 y 15,000 habitantes que se encuentren fuera del ámbito de responsabilidad de una EP (Reglamento Ley Marco)	Comprende los centros poblados (CP) que cuenten con una población no mayor a 2000 habitantes (Reglamento Ley Marco)
Municipalidades	48	212	
Unidad Ejecutora	1		
Empresa Estatal	1		
Unidades de Gestión Municipal			324
Operadores Especializados		9	84
Organizaciones Comunales		74	24,531
Otros		15	1,879
TOTAL	50	310	26,818

Nota. Diagnóstico del ámbito de pequeñas ciudades y zonas rurales. Fuente: DAASS-MVCS (2018).

A nivel de los ámbitos de pequeñas ciudades y ámbito rural, a nivel de las 24 regiones se cuenta con el siguiente número:

Figura 2

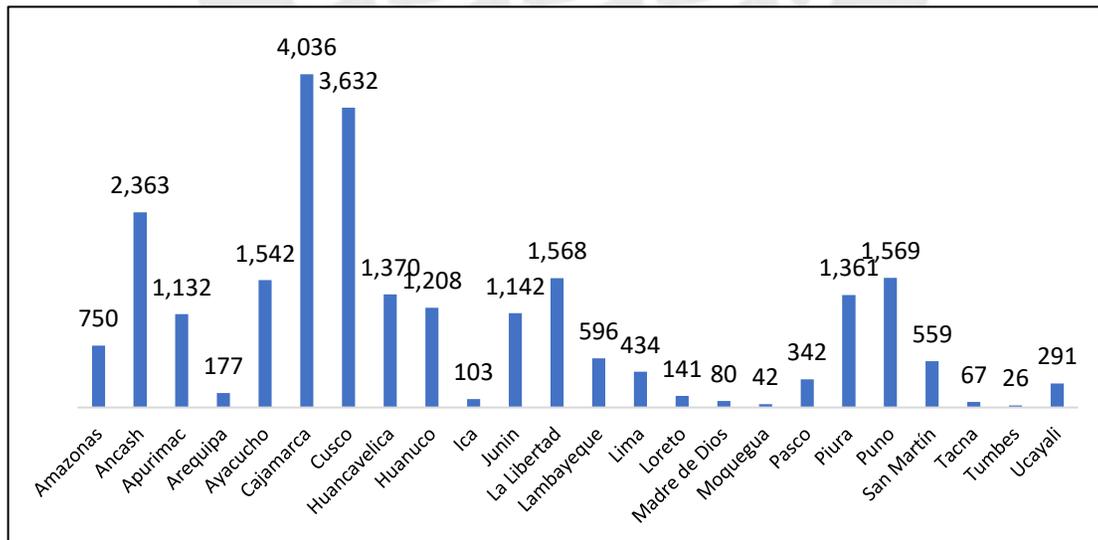
Operadores municipalidades y operadores especializados por departamento



Nota. Fuente: Diagnóstico Ámbito Pequeñas Ciudades y Rural - DATASS - MVCS (2018)

Figura 3

24 531 Organizaciones comunales por departamento



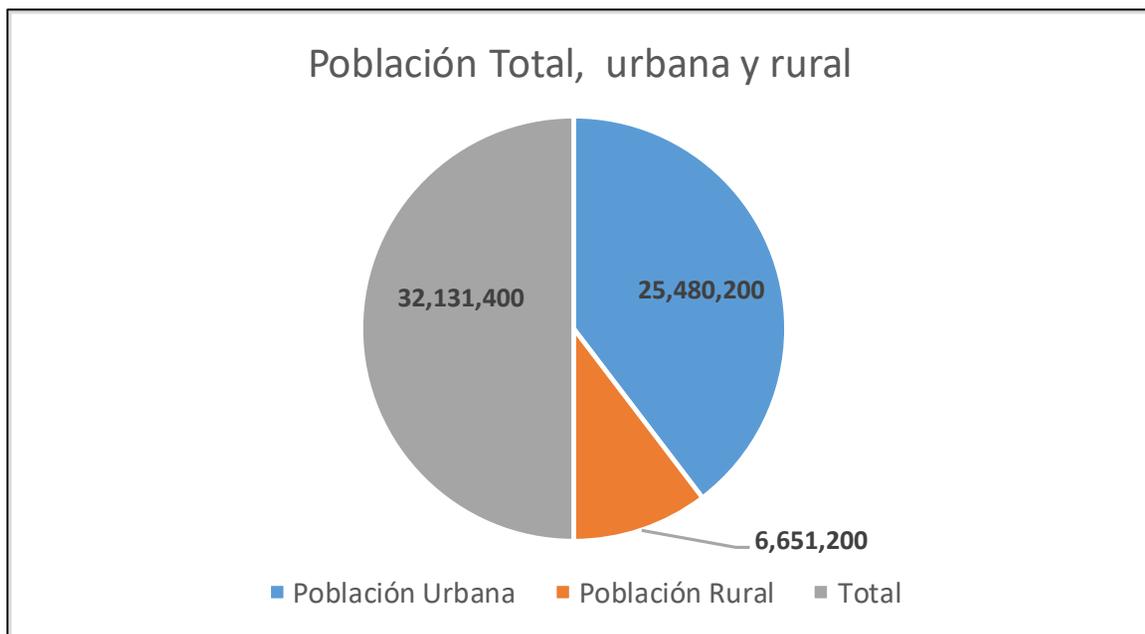
Nota. Fuente: Diagnóstico Ámbito Pequeñas Ciudades y Rural - DATASS - MVCS (2018)

3.1.3 Hechos Estilizados

Según el INEI para diciembre del 2019, la población peruana asciende a 32,131,400 en todo el Perú, se estima que el 79.3% de la población se encuentra ubicada en la zona urbana y el 20.7% en las zonas rurales.

Figura 4

Población Total, Urbana y Rural



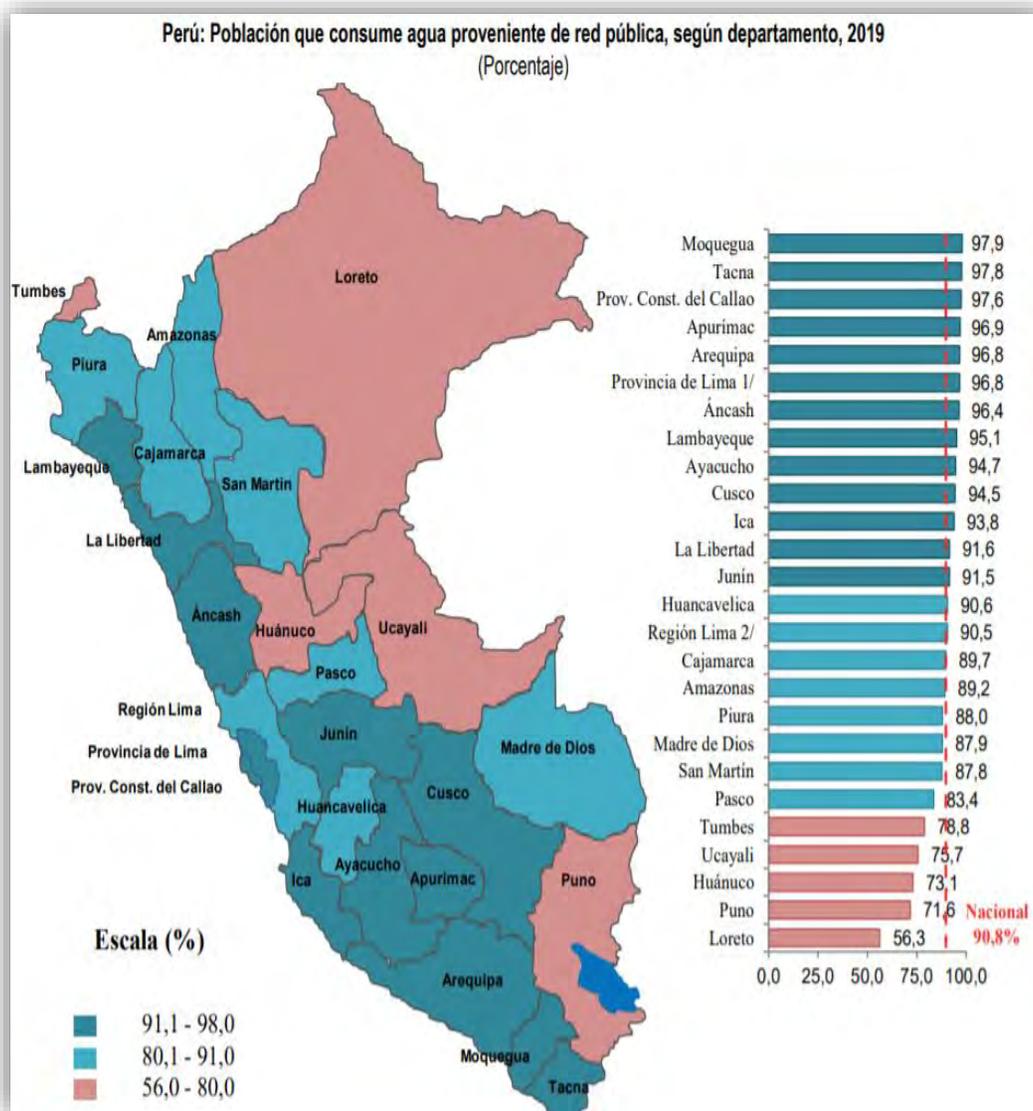
Nota. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

De acuerdo con el Plan Nacional de Saneamiento se puede decir que 12 regiones superan el millón de habitantes, concentrándose la población rural en las zonas de Cajamarca y Puno. Lima tiene el 31% aproximadamente de la población total.

A nivel nacional la cobertura de agua potable al mes de abril 2020 asciende 90.8% y el 74.8% cuenta con cobertura de alcantarillado.

Figura 5

Población que consume Agua Proveniente de red pública por departamento en el 2019.



Nota. Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico. Fuente: INEI (2020)

En el Perú, la prestación de los servicios de saneamiento en las zonas urbanas ha estado a cargo de las empresas prestadoras las cuales podemos clasificarlas en número de conexiones y por población atendida. Así se tiene una clasificación de empresa prestadora grande, mediana y pequeña, siendo todas de empresas municipales y una estatal que es Sedapal. Dicha empresa tiene más de un millón de

conexiones y atiende más de 9 millones de personas correspondiendo al 50% del total de la población atendida por las empresas prestadoras. A continuación, se muestra la clasificación de las EP por número de conexiones y por población atendida:

Tabla 4

Clasificación de las Empresas Prestadoras según número de conexiones

EMPRESA PRESTADORA	N°	CONEXIONES	POBLACIÓN ATENDIDA (A)	%	POBLACIÓN EN EL ÁMBTIO DE LA EP (B)	DIFERENCIA (A) - (B)
SEDAPAL	1	más de un millón de conexiones	9,122,814	49.59	9,787,928	-665,114
EP - Grande	4	de 100 mil a 1 millón de conexiones	7,432,836	40.40	8,352,215	-919,379
EP - Grande	14	de 40 mil a 100 mil conexiones				
EP - Mediana	16	de 15 mil a 40 mil conexiones	1,440,472	7.83	1,796,219	-355,747
EP - Pequeña	15	Menos de 15 mil conexiones	400,356	2.18	476,317	-75,961
TOTAL	50		18,396,478	100.00	20,412,679	-2,016,201

Nota. Fuente: SUNASS-Dirección de Fiscalización

El total de la población atendida corresponde aproximadamente al 57.25% de la población nacional y el 72.20% de la población del ámbito urbano. Las empresas prestadoras brindan los servicios de acuerdo con su ámbito de responsabilidad que es el espacio territorial en el cual los prestadores de los servicios están obligados a prestar el servicio de saneamiento de acuerdo un contrato de explotación celebrado por una o más municipalidades provinciales². En ese sentido, tal como se describe en la tabla anterior se tiene una brecha de población no atendida por las EP de 2,016,201 personas, correspondiendo a las EP grandes el 45.5% del total de dicha población.

A continuación, presentaremos algunos indicadores que describen la situación actual de la prestación de los servicios de saneamiento a nivel nacional en concordancia con las causas identificadas en el Plan Nacional de Saneamiento:

² Art.4 del Decreto Supremo N° 019-2017-VIVIENDA

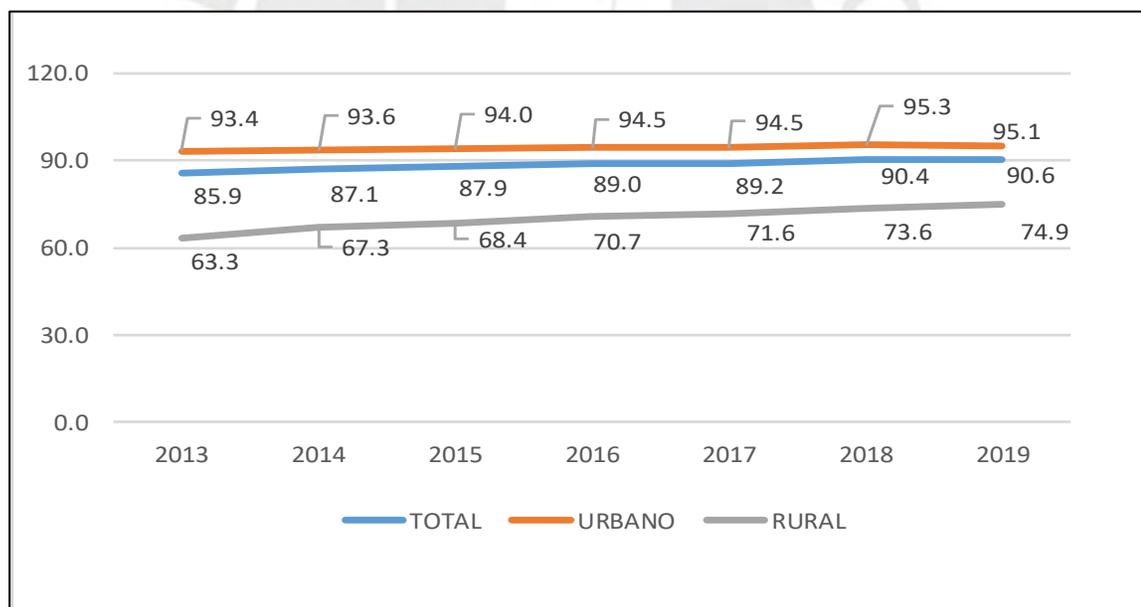
Índice de Cobertura.

El índice de cobertura descrito muestra cobertura de los servicios de agua y alcantarillado como el porcentaje de la población que accede a este servicio mediante conexión de agua potable o pileta pública.

Se puede observar en el figura N°06: que en el periodo 2013-2019 a nivel nacional este porcentaje se ha incrementado en 4,7%, en el sector urbano en 1.7% y en el sector rural en 11.6%. Si bien el sector rural es el que más ha crecido aún falta que el 25.1% de la población acceda a estos servicios a través de una conexión de agua potable o pileta pública.

Figura 6

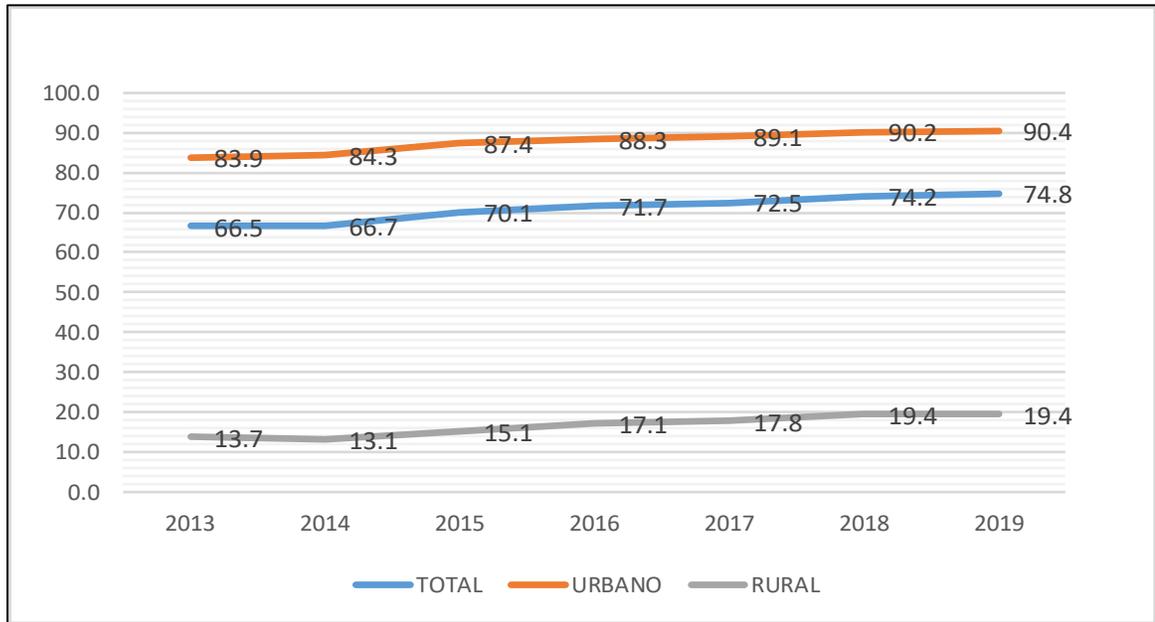
Cobertura de Agua: Periodo 2014-2019



Nota. ()* Se considera el abastecimiento de agua por red pública dentro de la vivienda, red pública fuera de vivienda, pero dentro del edificio y pilón de uso público. Fuente: INEI- Encuesta Nacional de Programas Presupuestales- ENAPRES

Figura 7

Cobertura de Alcantarillado: Periodo 2014-2019



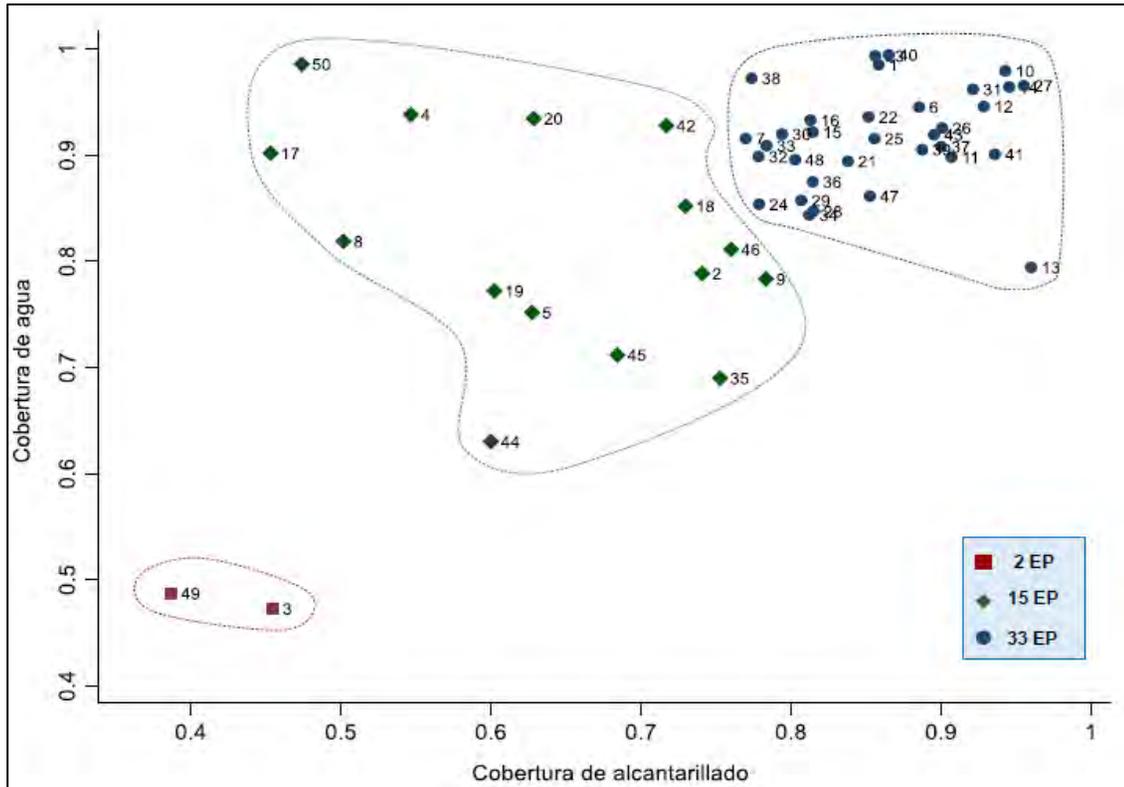
Nota. Fuente: INEI- Encuesta Nacional de Programas Presupuestales- ENAPRES

En la figura N°7 se muestra la cobertura de hogares que cuentan con red pública de desagüe dentro de la vivienda y fuera de la vivienda observándose que en el periodo 2014-2019 esta se incrementó en 8.3% a nivel nacional, 6.6% a nivel urbano y 5.7 a nivel rural.

Respecto a las empresas prestadoras que brindan el servicio en las zonas urbanas se tiene la siguiente distribución de la cobertura de agua y alcantarillado.

Figura 8

Agrupación de empresas prestadoras según los indicadores de cobertura de agua potable y cobertura de alcantarillado, 2018



■ 2 EP	(49) EMAPACOP S.A., (3) EMSAPA YAULI – LA OROYA S.R.L.
◆ 15 EP	(2) SEDA HUÁNUCO S.A., (4) EPS SEDALORETO S.A., (5) EMAPA CANETE S.A., (8) AGUA TUMBES, (9) EMAPA PASCO S.A., (17) EPS EMAPAT S.A., (18) EPS SEMAPACH S.A., (19) EPS SELVA CENTRAL S.A., (20) EPS MOYOBAMBA S.A., (35) EMAPAB S.A., (42) EPS MUNICIPAL MANTARO S.A., (44) EPS EMSAP CHANKA S.A., (45) EPS MARAÑÓN S.A., (46) EPS SEDAM HUANCAYO S.A., (50) EPS RIOJA S.A.
● 33 EP	(1) EMUSAP S.A., (6) EMSA - PUNO S.A., (7) EPSSMU S.A., (10) EMAPISCO S.A., (11) SEDACAJ S.A., (12) EPS TACNA S.A., (13) EMAPAVIGS S.A., (14) SEDACHIMBOTE S.A., (15) SEDA AYACUCHO S.A., (16) EMAPA SAN MARTÍN S.A., (21) EMAPA HUANCVELICA S.A., (22) EPS MOQUEGUA S.A., (23) EMAPA - Y S.R.L., (24) EMAPA HUARAL S.A., (25) EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A., (26) SEDAPAL, (27) EPS ILO S.A., (28) SEDALIB S.A., (29) EPSEL S.A., (30) SEDAPAR S.A., (31) EPS SEDACUSCO S.A., (32) EPS GRAU S.A., (33) EPS CHAVIN S.A., (34) EPS EMAQ S.R.L., (36) EPS BARRANCA S.A., (37) EMAPICA S.A., (38) EPS EMPSSAPAL S.A., (39) EPS SIERRA CENTRAL S.R.L., (40) EPS NOR PUNO S.A., (41) EPS SEDA JULIACA S.A., (43) EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C., (47) EPS EMSAPA CALCA S.A., (48) EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.

Nota. Benchmarking Regulatorio de las Empresas Prestadoras. Fuente: Dirección de políticas y Normas de SUNASS (2019)

Se observa que existen empresas cuya brecha en cobertura agua potable y alcantarillado es muy grande respecto a las que tuvieron un mejor desempeño, evidenciando un problema persistente de acceso a los servicios de saneamiento por parte de la población por lo que deben recurrir a otros medios de abastecimiento como la compra de agua de camiones cisterna privados que no tiene la misma calidad y cuyo precio es mayor debido al mercado informal que se genera.

A continuación, presentamos algunos indicadores de calidad, acceso y sostenibilidad de las empresas prestadoras:

Tabla 5

Índice de Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento de las Empresas Prestadoras por Grupo

EMPRESA PRESTADORA	ÍNDICES						IGPSS EPG (%)
	ACCESO A LOS SERVICIOS %	CALIDAD DEL SERVICIO %	SOSTENIBILIDAD FINANCIERA %	GOBERNABILIDAD Y GOBERNANZA %	GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRE %	SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL %	
Sedapal	91.93	63.2	95.01	100	100	92.17	89.5
Grande 1	83.69	40.97	66.82	79.7	88.02	80.5	72.05
Grande 2	86.48	43.3	63.91	44.14	64.87	74.17	62.83
Mediana	79.72	49.81	51.23	44.95	68.57	71.67	61.64
Pequeña	83.47	51.72	49.19	47.43	54.18	55.75	58.45
Promedio							75.46

Nota. Fuente: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento- SUNASS

La Sunass, publica anualmente el índice de gestión y prestación de los servicios de saneamiento de las empresas prestadoras a nivel nacional. Estos índices y sus respectivos pesos son: el acceso a los servicios (1.5), calidad del servicio (1.5), sostenibilidad financiera (1.0), gobernabilidad y gobernanza (1.5), gestión de riesgo de desastre (1.0) y sostenibilidad ambiental (1.5). Se observa que el índice global es de

75.46% por parte de las 50 empresas, obteniendo el mayor IGPS las empresas que conforman el grupo Grande 1 (Sedapar S.A, Eps Grau S.A, Sedalib S.A, Epsel S.A.). Sin embargo, aún en estas empresas se observa que el índice de menor nivel es el que corresponde a calidad del servicio (40.97%) que mide niveles de continuidad, presión, densidad de reclamos, densidad de roturas en red de agua, densidad de atoros en red de alcantarillado. Se observa que Epsel, en la región de Lambayeque es la que tiene el menor nivel de calidad del servicio con 25.65% reflejado por una baja cobertura de agua y alcantarillado, así como problemas a nivel de la cuenca por la presencia de actividad minera ilegal y de actividad intensiva de ganadería que impactan a través de la contaminación del agua superficial y subterránea (presencia de nitrato por excesivas cantidades de fertilizantes).

Asimismo, en el grupo de empresas Mediana, se tiene un 79.72% de acceso a los servicios respecto a la población a la que debe proveer el servicio y un 49.81% respecto a la calidad del servicio. Este grupo este compuesto por 16 empresas siendo EPS Emusap Abancay S.A.C la de mejor desempeño y EPS Barranca S.A la empresa que muestra los indicadores con menor valor.

Podemos inferir de acuerdo con los datos utilizados que las empresas aún no realizan la cobertura del 100% de la población de acuerdo con su contrato de explotación y ello impacta en la provisión de este servicio sobre en todos aquellos hogares más pobres que viven en las zonas periféricas de las grandes urbes de nuestro país.

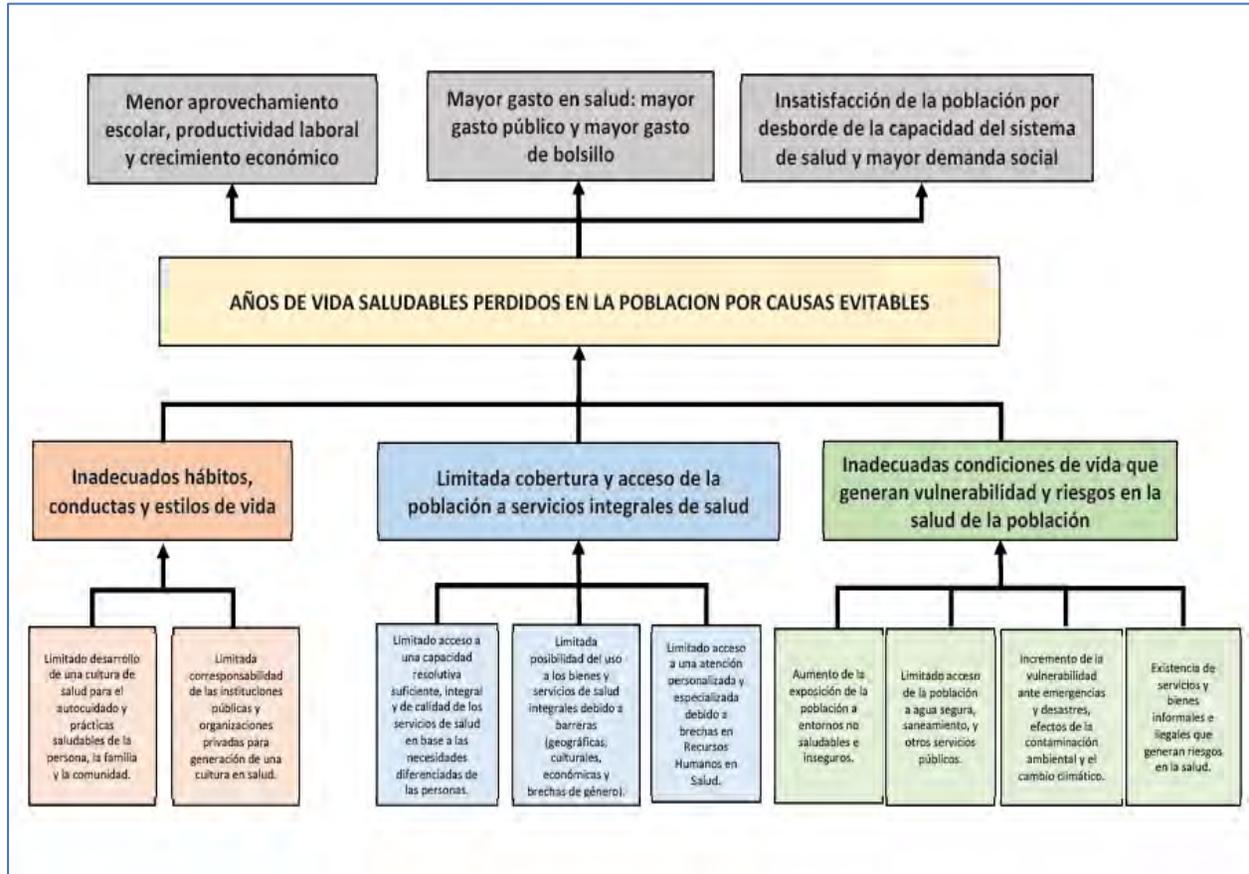
3.2 El sector salud en el Perú.

En el año 2020 mediante el Decreto Supremo N° 026-2020-SA, se aprobó la Política Nacional Multisectorial de Salud al 2030 “Perú, País Saludable”, en el cual se identifica como causa indirecta 3.2: Limitado acceso a la población a agua segura y saneamiento impactando en inadecuadas condiciones de vida que generan vulnerabilidad y riesgos en la salud de la población, tal como se muestra en el siguiente árbol de problemas:

Figura 9

Árbol de Problemas – Modelo del Problema Público – Política Nacional Multisectorial de Salud al 2030

“Perú, País Saludable”



El árbol de problemas de la mencionada política describe en la causa indirecta 3.2 Limitado acceso de la población a agua segura, saneamiento y otros servicios públicos, se denomina agua segura al agua apta para el consumo humano de acuerdo con los parámetros de calidad establecidos por el sector salud. Asimismo, tal como se describe en el programa presupuestal de saneamiento rural, el consumo de agua clorada aporta a la reducción de enfermedades diarreicas aguas, anemia, desnutrición crónica infantil, y enfermedades de la piel entre otras; por tanto, este indicador al medir la proporción de familias que

disponen de servicios de agua de calidad se está evaluando la calidad de salud de la población rural especialmente la más vulnerable, menores de 5 años³. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015)

A continuación, veamos algunas enfermedades relacionadas a la contaminación del agua:

Tabla 6

Clasificación de Enfermedades infecciosas relacionadas con el Agua

CLASIFICACIÓN	MECANISMOS	EJEMPLOS
Portadas o Transportadas por el agua	Contaminación Fecal	Cólera, tifoidea, enteropatógenos, VHA, VHE, enterovirus, parasitosis intestinal
Soportados por el Agua	Organismos que parte de su ciclo de vida pasan en el agua	Fasciolosis, paragonimiosis, leptospirosis
Vinculados con el agua	Vectores biológicos que parte importante de su ciclo de vida se da en el agua	Malaria, dengue, zika, fiebre amarilla, chikungunya
Lavadas por el agua	Relacionadas a pobre higiene personal y al contacto con agua contaminada	Pediculosis, rickettsiosis
Dispersadas por el agua	Organismos que proliferan en el agua y entran por el tracto respiratorio	Legionelosis

Nota. Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua – César Cabezas Sánchez. Adaptada de Yang K, LeJeune J, Alsdorf D, Lu B, Shum CK, Liang S (2012)⁴

De acuerdo con la clasificación descrita en la tabla precedente, el presente trabajo de investigación se centrará en aquellas enfermedades portadas o transportadas por el agua relacionada con la parasitosis intestinal que puede provocar problemas serios en la salud pública, ya que podrían causar anemia por deficiencia de hierro, mala absorción de nutrientes, diarrea entre las principales afecciones.

³ Anexo 2: Programa Presupuestal 083: Programa Presupuestal de Saneamiento Rural

⁴ Yang K, LeJeune J, Alsdorf D, Lu B, Shum CK, Liang S (2012) Distribución global de brotes de enfermedades infecciosas asociadas al agua. PLoS Negl Trop Dis 6 (2): e1483. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001483>

Una de las características observadas es que esto se debe a una mala calidad del agua para consumo y la presencia en el suelo de restos fecales debido a que no se cuenta con condiciones sanitarias suficientes y adecuadas, así como una mala práctica de higiene.

En ese sentido, presentamos algunas estadísticas relacionadas a este tipo de enfermedades:

Tabla 7

Prevalencia de enfermedades en niños menores de 5 y 3 años - Periodo 2014 -2019

INDICADOR	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2019 / 2014
Niñas y niños menores de 5 años con desnutrición crónica	10.7	10.2	9.3	9.1	8.8	8.7	-2.0
Niñas y niños menores de 5 años con desnutrición crónica	14.6	14.4	13.1	12.9	12.2	12.2	-2.4
Niñas y niños de 6 a 35 meses con prevalencia de anemia	46.8	43.5	43.6	43.6	43.5	40.1	-6.7
Niñas y niños menores de 36 meses que en las dos semanas anteriores a la encuesta tuvieron infección respiratoria aguda (IRA)	17.5	16.3	16.9	15.0	15.3	15.3	-2.2
Niñas y niños menores de 36 meses que en las dos semanas anteriores a la encuesta tuvieron enfermedad diarreica aguda (EDA)	15.3	15.5	15.0	14.4	14.1	15.0	-0.3

Nota. Fuente: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (2019)

3.2.1 Desnutrición Crónica en Niños Menores de 5 años

Según la encuesta demográfica y de salud familiar - ENDES 2019, se obtienen los siguientes resultados de la desnutrición crónica según ámbito de vivienda:

Tabla 8

Desnutrición Crónica – Área Urbana y Rural 2019

DESCRIPCIÓN	TOTAL	DESNUTRICIÓN	%
Nacional	22,143	1,873	8.5
Región Natural			
Lima Metropolitana	2,688	84	3.1
Resto Costa	6,627	341	5.1
Sierra	7,257	1,056	14.6
Selva	5,571	722	13.0
Población			
Urbano	15,633	788	5.0
Rural	6,510	1,188	18.2

Nota. Fuente: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (2019)

Figura 10

Porcentaje de Menores de 5 años de edad con desnutrición crónica, según región natural

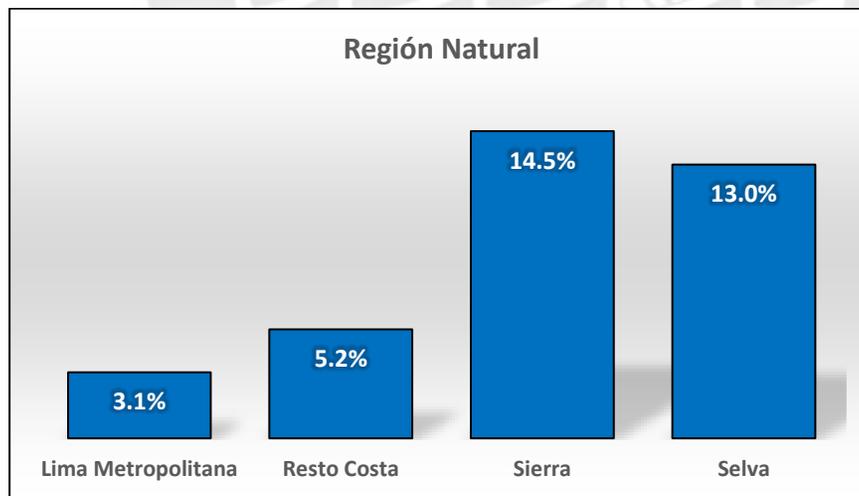
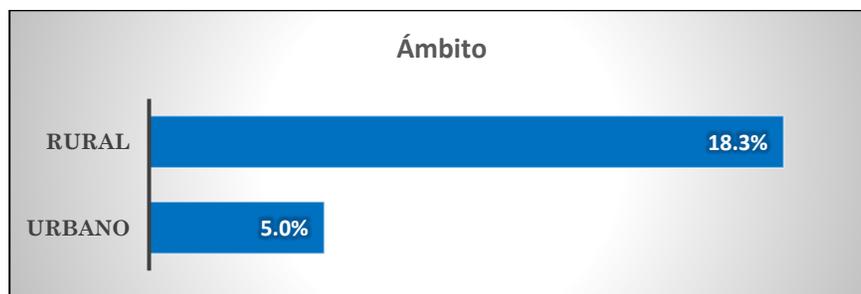


Figura 11

Porcentaje de Menores de 5 años de edad con desnutrición crónica, según ámbito



En el área rural, la desnutrición crónica en niños menores de cinco años continúa descendiendo, el patrón de referencia NCHS (National Center for Health Statistics) indica que para el 2019 este llega a ser 18.3% del total de la población nacional y 5.0% en el sector urbano.

Asimismo, se observa que el nivel de desnutrición crónica en la Sierra es de 14.5% y en la Selva es del 13%.

3.2.2 Anemia Infantil en niños menores a 5 años

Los resultados de la ENDES 2019 respecto a los porcentajes de anemia en niños menores a 5 años, son los siguientes:

Tabla 9

Anemia – Área Urbana y rural 2019

DESCRIPCIÓN	TOTAL	ANEMIA	%
Nacional	22,143	6,241	28.2
Región Natural			
Lima Metropolitana	2,688	589	21.9
Resto Costa	6,627	1,679	25.3
Sierra	7,257	2,759	38.0
Selva	5,571	1,959	35.2
Población			
Urbano	15,633	4,154	26.6
Rural	6,510	2,490	38.2

Nota. Fuente: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (2019)

Figura 12

Porcentaje de Menores de 5 años con anemia, según región Natural

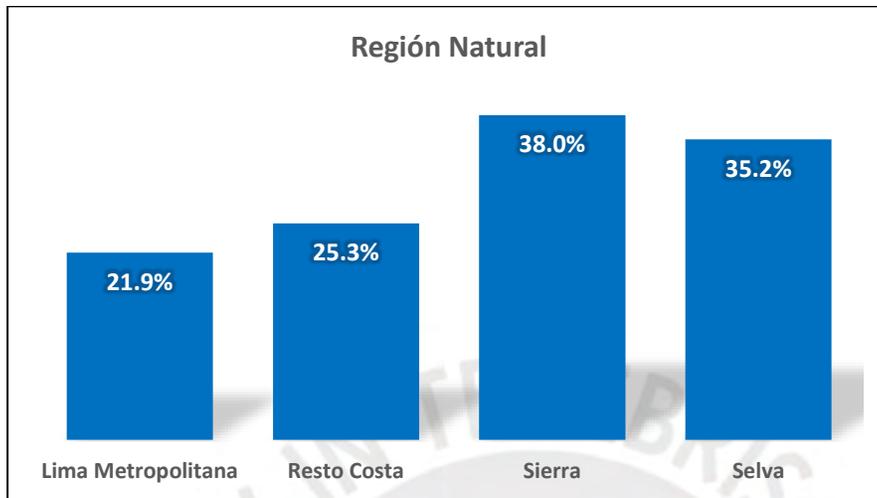
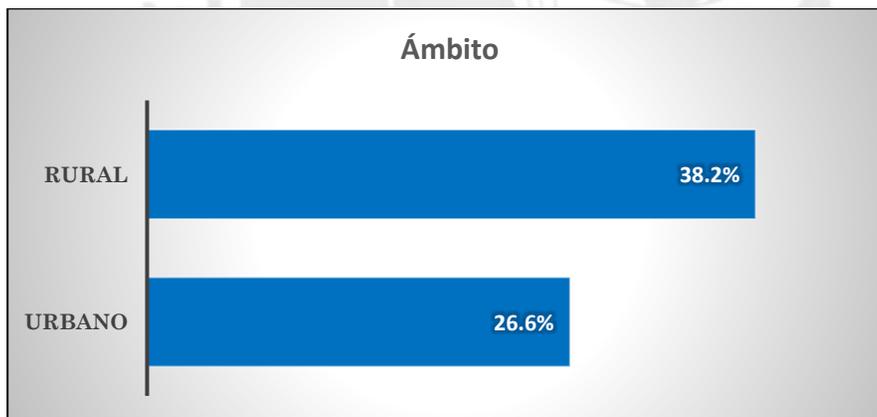


Figura 13

Porcentaje de Menores de 5 años con anemia, según región Natural



En el área rural el nivel de anemia para niños menores a 5 años es de 38.2% en el ámbito rural y de 26.6% en el ámbito urbano para el año 2019. Asimismo, los niños menores de 5 años en la Sierra y en la Selva tienen un 38% y un 35.2% de anemia.

3.2.3 Infección Respiratoria Aguda (IRA)

Estas enfermedades son aquellas que afectan las vías respiratorias ya sea por virus o bacterias.

Este tipo de enfermedades constituyen la principal causa de enfermedades y muerte en los niños menores de cinco años. Estas enfermedades son frecuentes ante cambios bruscos de temperatura y en ambientes muy contaminados que podrían estar relacionados a viviendas con un índice importante de hacinamiento.

A continuación, los principales resultados:

Figura 14

Perú: Porcentaje de niños menores de 36 meses de edad que en las dos últimas semanas anteriores a la encuesta tuvieron ira, según área de residencia

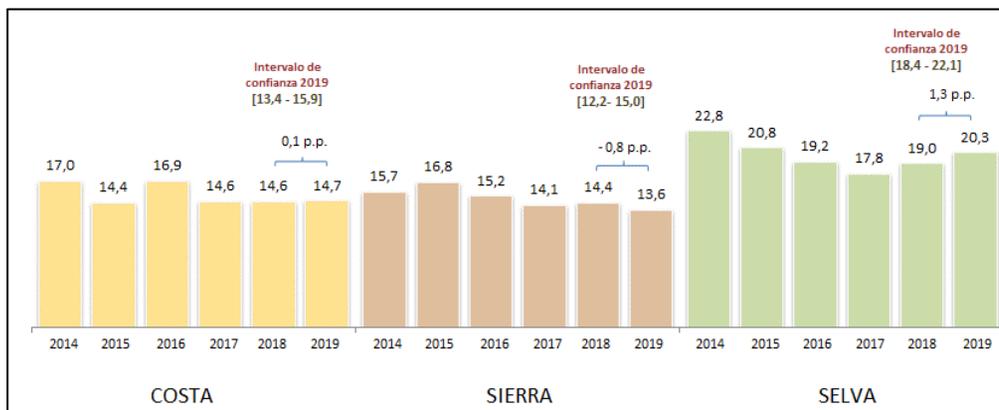


Nota. Fuente: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (2019)

Se observa que a nivel nacional en el periodo 2014 -2019, este indicador se ha reducido en 2,2 puntos porcentuales; sin embargo, en el ámbito urbano este se ha incrementado en 0,5 puntos porcentuales mientras que en el ámbito rural se observa una disminución de 1,2 puntos porcentuales respecto al año 2018.

Figura 15

Perú: porcentaje de niños menores de 36 meses de edad que en las dos últimas semanas anteriores a la encuesta tuvieron ira, según región natural



Nota. Fuente: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (2019)

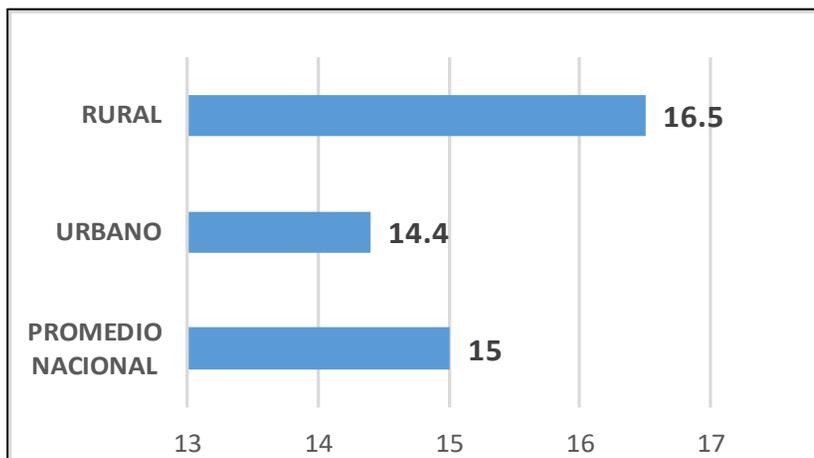
En la figura N° 15, se observa que en la selva el 20.3% de los niños menores de 36 meses tuvieron IRA siendo este un porcentaje mayor que en la costa y la sierra. Para las tres regiones naturales se observa una disminución en el periodo 2014-2019.

3.2.4 Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA)

Respecto a este tipo de enfermedades, se observa que el promedio nacional de niñas y niños menores a tres años que tuvieron EDA es del 15%, siendo la zona rural la de mayor prevalencia de esta enfermedad con 16.5%.

Figura 16

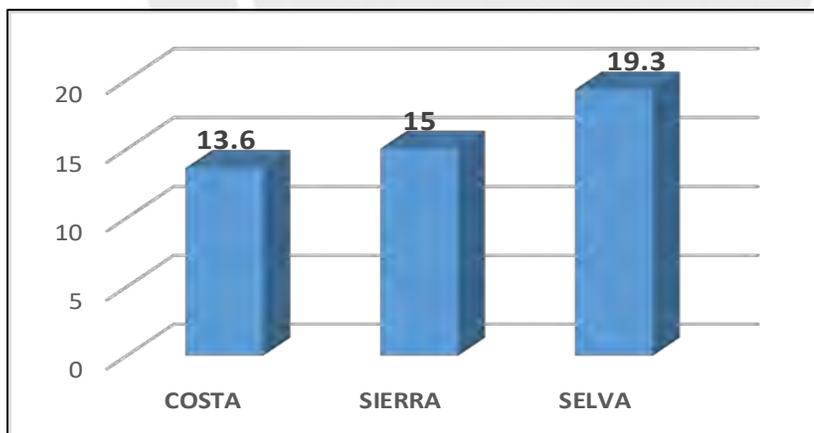
Perú: porcentaje de niños menores de 36 meses de edad que en las dos últimas semanas anteriores a la encuesta tuvieron EDA, área de residencia



Nota. Fuente: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (2019)

Figura 17

Perú: porcentaje de niños menores de 36 meses de edad que en las dos últimas semanas anteriores a la encuesta tuvieron EDA, según región natural



Nota. Fuente: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (2019)

Respecto a la región natural de estos niños, se evidencia q en la región de la selva el 19.3% de estos tuvieron diarrea, proporción mayor a la observada en la costa (13.6%) y en la sierra (15.0%).

4. Revisión de la literatura

4.1 Saneamiento y salud infantil: evidencia internacional.

Usman et al. (2018) estudiaron el impacto de la calidad del agua potable almacenada y el saneamiento, sobre la incidencia de diarrea en niños menores de cinco años, ubicados en áreas rurales de Etiopía.

El estudio utilizó una encuesta de hogares realizada en los distritos de Fogera y Mecha del estado regional de Amhara entre febrero y marzo del 2014. Los hogares se seleccionaron mediante un diseño de muestra de conglomerados en dos etapas, siendo las aldeas las unidades primarias de muestreo y los hogares como el muestreo de unidades secundario. Por lo tanto, se seleccionaron 61 aldeas y 454 hogares con 562 niños menores de cinco años.

El estudio encuentra que el vínculo entre el agua potable y la incidencia de diarrea infantil fue estadísticamente significativo, con un efecto marginal de 0.18; es decir, la probabilidad de diarrea infantil era 18 puntos porcentuales menor en los hogares con agua potable almacenada no contaminada que en los hogares con agua contaminada. Asimismo, la eliminación segura de las heces infantiles se asocia con una disminución de la diarrea infantil en 20 puntos porcentuales. Por el contrario, la concentración de letrinas de pozo en el vecindario muestra una mayor incidencia de diarrea infantil de 16 puntos porcentuales. Para proteger a los niños de las zonas rurales del riesgo de contraer diarrea, es necesario mejorar la calidad del agua potable en los hogares y cambiar el comportamiento de las personas hacia prácticas seguras de saneamiento.

Abastecimiento de agua, saneamiento, higiene y salud infantil Las excretas humanas y animales son las fuentes principales de la mayoría de los patógenos causantes de enfermedades. Estos patógenos pasan de un huésped infectado a uno nuevo a través de las vías fecal-oral a través de líquidos, contacto con las manos, moscas y alimentos. La diarrea es causada por la ingestión de agua contaminada con heces humanas y animales, que contienen agentes patógenos o por la ingestión de estos patógenos

directamente a través de diversas vías fecal-oral. Es probable que esto último ocurra cuando la disponibilidad de agua es limitada, lo que dificulta las prácticas de higiene adecuadas, como lavarse las manos después de defecar. Dentro los principales resultados obtenidos se tienen los siguientes:

Tabla 10

Efectos de la Calidad del Agua y el Saneamiento en la Salud en niños menores de 5 años

	(1) LPM	(2) PROBIT	(3) 2SLS	(4) 2SLS	(5) BP	(6) BP
Calidad del agua (1= sin E. coli)	-0,160 *** (0.026)	-0,181 *** (0.030)	-0,219 *** (0.071)	-0,187 *** (0.060)	-0,250 *** (0.089)	-0,196 *** (0.070)
Eliminación segura de heces infantiles (barrio medio)	-0,203 ** (0.091)	-0,200 ** (0.095)	-0,256 *** (0.082)	-0,205 ** (0.090)	-0,272 *** (0.094)	-0,204 ** (0.097)
Densidad de letrinas (barrio medio)	0,149 ** (0.066)	0,160 ** (0.062)	0,136 ** (0.068)	0,155 ** (0.065)	0,146 ** (0.070)	0,164 ** (0.065)
Explotación de ganado	0,025 ** (0.011)	0,022 ** (0.011)	0,021 ** (0.011)	0,022 ** (0.010)	0,023 ** (0.012)	0,021 * (0.011)
Hogar de riego (maniqui)	-0,012 (0.034)	-0,006 (0.036)	-0,027 (0.033)	-0,012 (0.034)	-0,031 (0.035)	-0,006 (0.036)
Ubicación de la fuente de agua (ficticia)	-0,087 * (0.044)	-0,106 ** (0.050)	-0,075 * (0.040)	-0,087 ** (0.044)	-0,082 * (0.046)	-0,107 ** (0.051)
Controles adicionales	SI	SI	NO	SI	NO	SI
Estadísticas F del modelo	12,72					
Modelo Chi2		208,52	38,20	201,63	192,62	759,27
Valor p del modelo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Probit rho Chi2					0,024	0,050
Valor p de rho probit					0,875	0,823

Nota. The Impact of Drinking Water Quality and Sanitation on Child Health: Evidence from Rural

Ethiopia. Fuente: Muhammed A. Usman, Nicolas Gerber & Joachim von Braun (2018).

Errores estándar robustos ajustados por agrupamiento a nivel de la aldea entre paréntesis; significación

*p < 0,10; **p < 0,05; *** p < 0,01. Probit y BP en efectos marginales medios.

Mattos et al. (2015) buscaron identificar los efectos de las políticas de saneamiento en las tasas de morbilidad infantil por determinadas enfermedades en las municipalidades brasileñas, estableciendo indicadores de saneamiento y métodos de acceso tradicionales mediante la cuantificación de la calidad del agua y el tratamiento de aguas residuales, y también considera como indicadores de salud la morbilidad total causada por enfermedades relacionadas con la escasez o calidad del agua.

El periodo de análisis fue del 2003 al 2010 utilizando un modelo de datos de panel con efectos fijos. A continuación, se muestra el modelo econométrico utilizado:

$$IndHealth_{it} = \beta_0 + \beta_1 IndWater_{it} + \beta_2 IndWater_{it-1} + \beta_3 IndWater_{it-2} + \alpha Controls_{it} + a_i + t\eta_{CO} + t\eta_N + t\eta_{NO} + t\eta_S + t\eta_{SU} + u_{it}$$

, donde $IndHealth(it)$ representa indicadores de salud para el municipio i en el período t , $IndWater$ representa todas las variables relacionadas con el acceso al agua, la calidad del agua, el tratamiento y la recolección de aguas residuales, y $Controls(it)$ representa otras variables explicativas modelo. Además, se incluyó un efecto fijo en el modelo para cada municipio (a_i), y se incluyó una tendencia no lineal por región brasileña. Esta tendencia está formada por la interacción entre una variable binaria que es igual a 1 si el municipio i está en la región j y una tendencia lineal (T). Estas tendencias pueden capturar diferentes trayectorias de variables de salud entre las regiones brasileñas.

El estudio encuentra evidencia relacionada a que el acceso al agua y el tratamiento de aguas residuales reducen las causas de hospitalización por disentería. Del mismo modo, se observó un fuerte efecto de la implementación de políticas de acceso al agua sobre la reducción de hospitalizaciones. El mecanismo de transmisión encontrado fue el siguiente:

Figura 18

Mecanismo de Transmisión de la mejora del acceso a los servicios de agua y alcantarillado en menores costes del estado



Los resultados obtenidos son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 11

Efectos de los indicadores de saneamiento en las hospitalizaciones

	Bias Corrected Model – Morbidity indicators							
	<i>diarrhoea</i>		<i>dysentery</i>		<i>hepatitis-B</i>		<i>acute respiratory infection</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Wateraccess (<i>t</i>)	0.0122* (0.00641)	0.00638 (0.014)	-0.0299*** (0.00624)	-0.0333*** (0.010000)	-0.00061 (0.00050)	-0.00064 (0.001)	-0.0237 (0.0155)	-0.0372** (0.017)
Wateraccess (<i>t</i> - 1)	-0.00697 (0.00693)	-0.00261 (0.006)	0.00293 (0.00674)	0.00383 (0.007000)	-0.00026 (0.00054)	-0.000735 (0.00054)	-0.0376** (0.0168)	-0.0345** (0.015)
Wateraccess (<i>t</i> - 2)	0.000608 (0.00637)	-0.000734 (0.007)	-0.000717 (0.00619)	-0.0136** (0.006000)	0.000699 (0.00049)	-0.000538 (0.00049)	0.0116 (0.0154)	-0.0206 (0.019)
Sewage (<i>t</i>)	0.00173 (0.00541)	0.00785 (0.007)	0.00142 (0.00526)	-0.00746 (0.005000)	-0.000314 (0.00042)	-0.000182 (0.00042)	-0.0107 (0.0131)	0.00962 (0.013)
Sewage (<i>t</i> - 1)	0.00667 (0.00485)	0.0100* (0.005)	0.00276 (0.00471)	-0.000904 (0.004000)	-0.00019 (0.00038)	8.74E-05 (0.00038)	0.00964 (0.0117)	0.0172 (0.012)
Sewage (<i>t</i> - 2)	0.00251 (0.00457)	0.00664*** (0.003)	0.00657 (0.00444)	0.00119 (0.003000)	-9.47E-06 (0.00035)	9.17E-05 (0.00035)	0.00586 (0.0111)	0.00338 (0.009)
Sewagetreatment (<i>t</i>)	0.000164 (0.00486)	0.00368 (0.005)	-0.00158 (0.00473)	-0.0102** (0.005000)	-8.75E-05 (0.00038)	6.14E-05 (0.00038)	-0.000638 (0.0118)	0.00501 (0.010)
Sewagetreatment (<i>t</i> - 1)	-0.00179 (0.00479)	0.00231 (0.004)	0.00478 (0.00466)	0.000728 (0.004000)	0.000294 (0.00037)	-9.65E-05 (0.00037)	0.015 (0.0116)	0.016 (0.010)
Sewagetreatment (<i>t</i> - 1)	-0.00165 (0.00443)	-0.00262 (0.003)	0.000711 (0.00431)	-0.00106 (0.003000)	-4.40E-05 (0.00034)	0.000353 (0.00034)	-0.0134 (0.0107)	0.00786 (0.011)
WaterLosses (<i>t</i>)	-0.00182 (0.00355)	0.00117 (0.002)	-0.00112 (0.00345)	0.00244 (0.003000)	0.000274 (0.00028)	0.000387 (0.00028)	-0.00497 (0.0086)	-0.000396 (0.007)
WaterLosses (<i>t</i> - 1)	-0.00339 (0.00355)	-0.00103 (0.004)	0.00297 (0.00345)	-0.00101 (0.004000)	0.000217 (0.00028)	0.000564 (0.00028)	0.00104 (0.0086)	0.00199 (0.009)
WaterLosses(<i>t</i> - 2)	0.00467 (0.00401)	0.00283 (0.005)	-0.00358 (0.00390)	-0.00585 (0.006000)	-2.92E-05 (0.00031)	-0.000437 (0.00031)	-0.00804 (0.0097)	-0.0352* (0.018)
chlorine (<i>t</i>)	-0.00831 (0.00663)	0.000744 (0.003)	-0.00489 (0.00645)	0.000845 (0.004000)	-0.000225 (0.00051)	-2.48E-05 (0.00051)	-0.0127 (0.0161)	-9.00E-05 (0.008)
chlorine (<i>t</i> - 1)	-0.00292 (0.00644)	-0.00619 (0.005)	0.00186 (0.00627)	0.00047 (0.007000)	-2.50E-05 (0.00050)	-0.000166 (0.00050)	0.00145 (0.0156)	-0.00937 (0.013)
chlorine (<i>t</i> - 2)	0.00732 (0.00843)	-0.00978 (0.010)	0.00526 (0.00820)	0.018 (0.013000)	9.49E-05 (0.00065)	-0.000107 (0.00065)	0.00491 (0.0204)	0.0132 (0.019)
turbidity (<i>t</i>)	-0.00768 (0.00760)	-0.00535 (0.005)	0.00706 (0.00740)	-0.00273 (0.005000)	-5.09E-05 (0.00059)	8.40E-05 (0.00059)	-0.000934 (0.0184)	-0.00488 (0.013)
turbidity (<i>t</i> - 1)	-0.00292 (0.00644)	-0.00619 (0.005)	0.00186 (0.00627)	0.00047 (0.007000)	-2.50E-05 (0.00050)	-0.000166 (0.00050)	0.00145 (0.0156)	-0.00937 (0.013)
turbidity (<i>t</i> - 2)	0.0014 (0.00784)	-0.00435 (0.004)	-0.00543 (0.00763)	-0.00275 (0.005000)	-0.000446 (0.00061)	-0.000685** (0.00061)	-0.00195 (0.0190)	-0.00489 (0.012)
TotalColiforms (<i>t</i>)	0.00784 (0.01370)	0.0054 (0.008)	-0.0134 (0.01330)	-0.00349 (0.009000)	0.000962 (0.00106)	0.000944 (0.001)	-0.0353 (0.0331)	0.0192 (0.016)
TotalColiforms (<i>t</i> - 1)	0.0054 (0.00777)	0.0034 (0.004)	-0.0150** (0.00756)	-0.0086 (0.005000)	-0.000454 (0.00060)	-0.00044 (0.00060)	-0.000424 (0.0188)	-0.000286 (0.012)
TotalColiforms (<i>t</i> - 2)	-0.00821 (0.01470)	-0.0099 (0.017)	-0.00914 (0.01430)	-0.00826 (0.023000)	0.000396 (0.00114)	0.00241 (0.002)	-0.00785 (0.0355)	-0.00408 (0.046)

Notes: The model with bias correction was estimated in first differences. Current period means the difference between variable's value at *t* and variable's value at *t* - 1. The previous period *t* - 1 refers to the difference between variable's value at *t* - 1 and *t* - 2, and so on.

Los resultados obtenidos sugieren un efecto limitado de las políticas de saneamiento en la salud. La menor calidad del agua (coliformes totales) se asocia con un aumento de la mortalidad infantil y la morbilidad (hasta los doce meses de edad). El acceso al agua no está asociado con la reducción de la mortalidad infantil, aunque se asocia con la disminución de las hospitalizaciones de niños de cinco y nueve años y hospitalizaciones para la disentería y la IRA. A su vez, el saneamiento de las aguas residuales se asocia con la reducción de la mortalidad y las hospitalizaciones de los niños de entre uno y cuatro años y las hospitalizaciones por disentería. Por último, en el estudio se proporcionan pruebas de que el efecto de saneamiento de aguas residuales es más fuerte en los municipios que tienen los peores indicadores de mortalidad y morbilidad en este grupo de edad.

Jalan y Ravallion (2001), ellos abordan los impactos de la salud infantil en términos de la enfermedad diarreica que tiene el agua entubada en los niños de las zonas rurales de la India. La principal contribución de este trabajo es que argumentan que la expansión del agua entubada no es una condición suficiente para mejorar el estado de salud infantil, observando que el comportamiento de las miembros de las familias desempeña un papel importante en el cuidado de la salud de los infantiles. Sin embargo, si bien el agua entubada es una de las formas más seguras que muchas fuentes alternativas, es necesario filtrarla, hervirla, almacenarla pudiendo esto significar una carga adicional a una familia pobre o muy pobre. Dentro de sus principales conclusiones indican que el impacto medio de contar con acceso al agua entubada reduce significativamente la prevalencia de diarrea en la salud infantil en un 23%.

Ellos utilizaron la información de una encuesta de hogares a nivel nacional realizada entre 1993 y 1994, a 33 000 hogares rurales de 1765 aldeas que abarcan 16 estados de la India. Se utilizó el método de evaluación de impacto propensity matching score – PSM.

La Tabla N°12 informa de estadísticas descriptivas para la muestra completa de hogares con agua entubada, así como cuando la muestra es estratificada tanto por los ingresos como por el nivel más alto de educación entre las mujeres. (Aquí y en otros lugares utilizamos los pesos de muestreo proporcionados en los datos). La prevalencia general de diarrea es del 1.1% en la muestra, con un promedio de 0,33 días de enfermedad y un gasto medio de 0,74 rupias por episodio de diarrea. La prevalencia de la enfermedad y la duración de la enfermedad disminuyen con mayores ingresos y educación. Por ejemplo, la prevalencia de diarrea entre los lactantes en familias con agua entubada es dos veces mayor para los del quintil más pobre que para los más ricos.

Hay poca diferencia general en el impacto en la prevalencia de diarrea entre los hogares con agua entubada dentro del hogar en comparación con aquellos que utilizan un grifo público. Sin embargo, la duración de la enfermedad es casi un 40% mayor en los hogares donde la fuente de agua potable es un grifo público en lugar de un grifo dentro de las instalaciones del hogar, lo que sugiere menos contaminación debido al almacenamiento y, por lo tanto, una enfermedad menos grave en este último caso.

Tabla 12

La India, 2001 - Impactos del agua entubada en la prevalencia de diarrea y la duración de los niños menores de cinco años

	Prevalencia de la diarrea		Duración de la enfermedad	
	Significancia para aquellos con tuberías Agua (st. dev.)	Impacto del agua entubada (st. error)	Significancia para aquellos con tubería Agua (st. dev.)	Impacto del agua entubada (st. error)
Muestra completa	0.0108 (0.046)	-0.0023* (0.001)	0.3254 (1.650)	-0.0957* (0.021)
Estratificado por el ingreso familiar per capita				
Inferior 20o Percentil	0.0155 (0.055)	0.032* (0.001)	0.4805 (2.030)	0.0713 (0.053)
20-40' Percentil	0.0136 (0.051)	0.0007 (0.001)	0.4170 (1.805)	0.0312 (0.051)
40-60' Percentil	0.0083 (0.038)	0.0039 (0.001)	0.2636 (14.18)	-0.1258* (0.042)
60'-80 Percentil	0.0100 (0.044)	-0.0036* (0.001)	0.3195 (1.703)	-0.1392* (0.048)
Top 20'	0.0076 (0.042)	-0.0068* (0.001)	0.1848 (1.254)	-0.2682* (0.036)
Estratificado por el nivel educativo más alto de una mujer				
Analfabeto	0.0131 (0.053)	-0.0000 (0.001)	0.3588 (1.710)	-0.0904* (0.03d)
En la mayoría de las primarias escuela educada	0.0074 (0.038)	-0.00t5 (0.001)	0.3502 (1.739)	-0.0465 (0.036)
Como máximo Matrícula Educado	0.0050 (0.027)	-0.0065* (0.001)	0.2573 (1.476)	-0.1708* (0.039)
Secundaria más alta or more	(0.027)	-0.0080* (0.002)	0.1880 (1.158)	0.2077* (0.07G)

Notas: * Indica significancia en el nivel del 5% o inferior.

Nota. Tomado de Jalan J. y Ravallión, M. (August 2001)

Virgilio Galdo y Bertha Briceño (2005) exploran el impacto que una expansión del suministro de agua y alcantarillado tuvo en la mortalidad de infantil en Quito, Ecuador. Construyeron un índice de mortalidad infantil a nivel de la maternidad y de la educación de las madres. Dada las limitaciones de información dicho índice incorpora todas las causas de muerte infantil. Asimismo, se incorporó en el análisis las características de los jefes de familia, los años de escolaridad, estado civil de la pareja y lengua materna. Observándose que los jefes de familias migrantes tenían más posibilidades de ser beneficiarios del programa, así como aquellos que tenían una relación de pareja más permanente y hablaban con fluidez el español.

Dichos autores, tratan de medir el impacto mediante la identificación de las ganancias medias o distributivas bajo algunos supuestos:

$$\Delta^{ATT} = E(Y_1 | X, T = 1) - E(Y_0 | X, T = 1) = E(Y_1 - Y_0 | X, T = 1)$$

Para ello, se evalúa la diferencia entre el grupo de tratados si existe el programa y la variable de resultado entre el grupo de tratados si no se hubiera implementado el programa. Claramente no es posible observar ambos resultados al mismo tiempo. Se debe tener en cuenta que existen características observables y no observables de los participantes al programa que causan que unos individuos participen y otros no. Probablemente, las diferencias en estas características entre individuos participantes e individuos no participantes también originen diferencias en la variable resultado entre un grupo y otro. Por lo tanto, es muy probable que la variable de resultado del grupo de tratamiento y la variable de resultado del grupo de control sean diferentes aun si el programa o intervención no existiera. Esto se conoce como sesgo de selección.

Por lo tanto, dado que los q participan podrían diferir sistemáticamente de los que no lo hacen, necesitamos un estimador que tenga en cuenta el tiempo invariablemente. Por lo tanto, mediante el uso de datos de sección transversal repetidos y la estimación de diferencias en diferencias, se compara los

resultados antes y después de un cambio de política (por ejemplo, el suministrar agua potable) para ambos grupos (tratamiento y control).

La presente investigación demuestra que el impacto promedio del programa, es decir que el impacto de suministrar agua y alcantarillado reduce la mortalidad infantil entre el 7.2% y 9.0 %. Asimismo, encontraron un hallazgo clave del estudio cuando los impactos variaban entre los beneficiarios y esto debido al nivel de educación femenina (acceso a la información) y de ingresos que se observa inclusive entre los cuartiles más pobres.

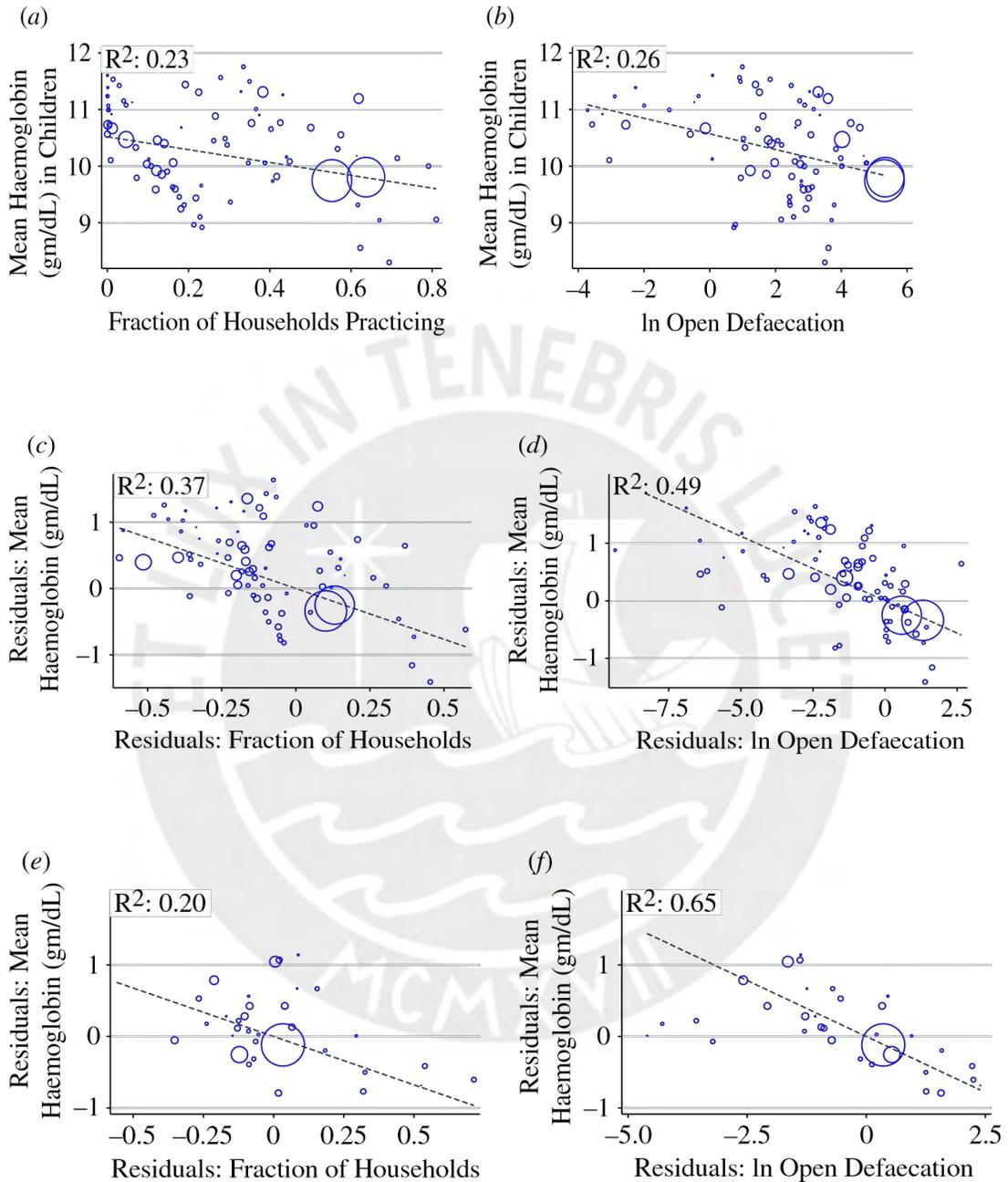
Diane Coffey, Michael Geruso y Dean Spears (2014), estos autores desarrollan la hipótesis desarrollaron el estudio del Saneamiento, externalidades de enfermedades y Anemia: Evidencia Nepal. Ellos analizaron el impacto del saneamiento en los niveles de hemoglobina de Nepal. La selección de Nepal es porque es un país que tiene muy poco paludismo, la presencia de este podría confundir los resultados del impacto sobre la anemia. En la anemia relacionada a la malaria se observa una inadecuada respuesta eritropoyética con alteración con el número de reticulocitos producidos a pesar de que pueda haber niveles adecuados de hierro y ácido fólico⁵.

Asimismo, Nepal ha tenido tasas relativamente altas de defecación al aire libre (superiores a países del África) y también una rápida mejora en el saneamiento. Algunos datos estilizados de las comparaciones internacionales de hemoglobina y defecación abierta:

⁵ Mecanismo de generación de anemia en Malaria; Cesar Llanos, María Helena Florez, Myriam Arevelo-Herrera y Socrates Herrera. Colombia Médica. Universidad del Valle. Colombia.

Figura 19

Residuos



La conclusión de que el entorno de saneamiento local es un bien público que afecta a la hemoglobina sugiere nuevas vías políticas para abordar la anemia y plantea nuevas consideraciones para futuras investigaciones. Una de esas implicaciones políticas es que la reducción de la anemia en los niños

puede lograrse en parte cambiando el comportamiento de salud de los miembros de la comunidad (vecinos) que no son ni niños ni padres. Mejorar el saneamiento plantea su propio conjunto de dificultades precisamente porque el saneamiento es un bien público y, por lo tanto, está sujeto a una inversión privada inadecuada (Guiteras et al., 2014), lo que sugiere un papel de mejora del bienestar para el gobierno. Con respecto a futuras investigaciones, nuestros hallazgos implican que cualquier investigación del papel de la difamación abierta en la determinación de la anemia requiere una variación que surge a nivel de un barrio o región (como lo hace en nuestro análisis empírico), más que a nivel de persona.

4.2. Saneamiento y salud infantil: Perú.

En nuestro país, la salud infantil ha estado influenciada por el saneamiento tanto en el ámbito urbano como el rural. Tal como se mostró en el capítulo II, las familias con un índice de pobreza mayor, caracterizados por tener un limitado acceso a servicios básicos como el agua y alcantarillado, están conformados generalmente por un mayor número de personas y dentro de ello niños menores de cinco años. Estos niños tienden a ser susceptibles de enfermarse con mayor facilidad además de vivir en un ambiente hacinado. Muchas de estas familias viven en zonas periféricas a las urbes o capitales de provincias o distritos y es en estas zonas donde la atención del prestador del servicio de saneamiento es limitada ya que todavía existe una brecha por cerrar de infraestructura de este servicio dentro de sus zonas de explotación. Un caso particular es la amazonia peruana, ya que se tiene características geográficas muy particulares, encontrando dos zonas: selva alta y selva baja (inundable, mayor dispersión y mayor porcentaje de comunidades nativas)⁶. La población rural en la amazonia se divide en: mancomunidad amazónica conformado por las regiones: Loreto, Amazonas, San Martín, Ucayali, Huánuco

⁶ La Amazonía peruana hoy, Miguel Figallo y Karla Vergara (Pag. 47-100) del libro: Amazonia Peruana y desarrollo económico (Grade). 2014

y Madre de Dios (1,560,377 habitantes) que representan el y la amazonia oriental (Loreto, Ucayali y Madre de Dios).

Dentro de las características de la población rural en la Amazonía es que se encuentra dispersa, existen centros poblados con menos de 20 viviendas generalmente distantes constituidos por clanes familiares de comunidades nativas; y aquellos centros poblados con más de 20 y menos de 60 viviendas están lejos de la agrupación sin posibilidad que pueda ser atendida por medio de la red. Tomando como referencia a la Región de Loreto es la empresa Sedaloreto S.A.⁷, la que realiza la prestación de los servicios en el ámbito de esta región y lo hace en las ciudades de Iquitos (Maynas) y las localidades de Yurimaguas (Alto Amazonas) y Requena (Requena), 15 municipalidades distritales brindan el servicio a través de Unidades de Gestión Municipal – UGM y en el ámbito rural se tienen 57 áreas técnicas municipales – ATM, 10 unidades de gestión municipal-UGM, 70 juntas administradoras de servicios de saneamiento - JASS⁸. De acuerdo con el Plan Regional de Saneamiento de Loreto 2015-2021, este tiene una densidad poblacional de 2.87 hab/Km, esto debido a que Loreto tiene una superficie de 368 852 km², constituyendo el 28.70% del territorio del Perú. Asimismo, debemos comentar que, en esta zona de la Amazonía, de acuerdo al mismo plan regional, existen peligros de contaminación de cuencas por derrames de petróleo y mercurio, por lo que se dificulta la prestación de servicio de agua con calidad. Respecto al servicio de en las zonas rurales las organizaciones comunales a través de las JASS tienen una capacidad de gestión muy baja sólo el 10% de han alcanzado resultados buenos, 20% resultados regulares y el 70% han tenido una mala gestión⁹.

Esta inadecuada prestación del servicio ha significado un impacto en la salud de la población sobre todo de aquellos menores de 5 años, se observa que el en el quinquenio 2014-2019 habría caído

⁷ Plan Maestro Optimizado de la EPS Sedaloreto S.A, Segundo Quinquenio 2015-2019

⁸ Plan Regional de Saneamiento Loreto 2018-2021. GORE Loreto.

⁹ Idem.

solamente 0.5 y del ejercicio 2018-2019 se ha incremento en 2.5¹⁰. A continuación, mostramos algunos indicadores socioeconómicos de la población rural de la Amazonía¹¹:

Tabla 13

Indicadores socioeconómicos de la Población de Rural de la Amazonía

Nivel Educativo
Sólo el 3.7% de la población económica tiene educación superior EL 26.1% tiene como máximo nivel educativo la secundaria completa El 23% no sabe leer y escribir
Salud Infantil
El 16.2% de niños menores de 5 años tuvieron EDA El 23.4% de niños menores de 5 años tuvieron IRA El 31.6% de los niños de la Amazonía oriental rural padece de desnutrición crónica infantil.
Pobreza
El 34.5% de los hogares rurales de la amazonia oriental viven en pobreza 8% en pobreza extrema. Loreto es la región con mayor nivel de pobreza en los hogares rurales.
Índice de Densidad del Estado - IDE (*) : Refleja la disponibilidad de una canasta de servicios públicos necesarios para el desarrollo humano como salud, educación, saneamiento, electricidad e identidad. Loreto Puesto 25 Ucayali puesto 24

Nota. Situación de los Servicios de Agua y Saneamiento en el ámbito rural disperso- Jesús Vidalón.

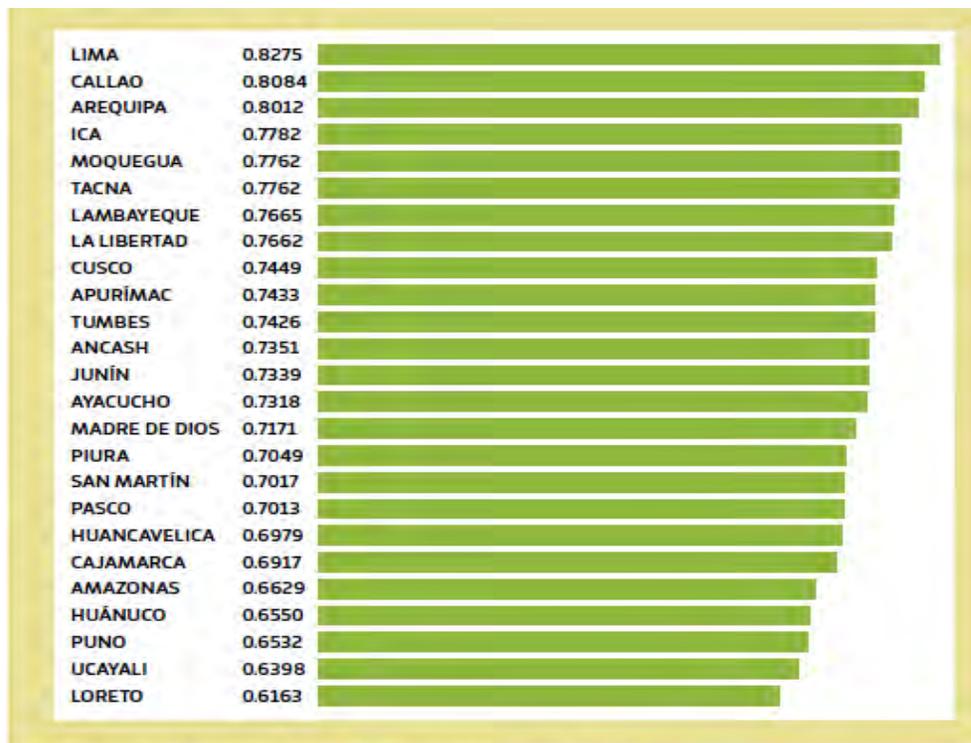
Fuente: (*) PNUD Perú – IDE: Índice de Densidad del Estado

¹⁰ Endes 2014-2019

¹¹ Tomado de la Mesa de Lucha contra la pobreza - Situación de los Servicios de Agua y Saneamiento en el ámbito rural disperso – Jesús Vidalón Orellana.

Figura 20

Índice de Densidad del Estado – IDE 2017



Fuente: INEI. Censo de Población y Vivienda 2017. Elaboración: PNUD Perú.

Sotelo (2016), estudia el impacto del acceso a los servicios de agua y saneamiento sobre la desnutrición infantil: Evidencia del Perú.

La estrategia econométrica utilizada es la metodología del “propensity score matching-(PSM)”, utilizada en estudios no experimentales en los cuales los datos disponibles no provienen de una asignación aleatoria al programa, requiriéndose ciertos supuestos de identificación que nos permitan el sesgo de selección¹².

Los resultados obtenidos, encuentran que el nivel de riqueza de los hogares en donde viven los niños menores de edad tiene una relación significativa con el acceso a los servicios de agua y saneamiento,

¹² Guía Práctica para la Evaluación de Impacto – Raquel Bernal y Ximena Peña. Uniandes (2011)

por lo tanto, si la pobreza se concentra en las zonas rurales de nuestro país entonces los niños que viven en estas zonas están más expuestos a contraer enfermedades como el EDA y su relación con la desnutrición crónica infantil-DCI.

Tabla 14

Coefficientes Obtenidos del Modelo Logit

Variable Dependiente:	Agua	Saneamiento	Agua y Saneamiento
Tratada=1			
Control = 0	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
Características del Niño			
Menor de 6 meses	-0.1085496	-0.02992234	-0.03989049
Niña	0.00034288	-0.00787715	-0.02661146
Orden de nacimiento	-0.02606685 **	-0.0772549800	-0.02661146
Características de la Madre			
Educación Superior	0.14677735*	1.4532689*	1.3578302 ***
Características de la Vivienda y el hogar			
Rico	.3687279***	3.1530631***	3.1454091***
Rural	-0.32560765***	-1.6403006***	-1.4895602***
Tiene electricidad	1.5731382***	1.6951889	2.4984703***
Constante	0.02801981	-0.3018943***	-0.20456596*
N	23437	23437	16750
LR Chi2 (7)	1678.41	8280.79	5170.98
Prob > Chi2	0.0000	0.0000	0.0000
Pseudo R2	0.0684	0.2792	0.3255

Nota. Fuente: ENDES (2015)

Asimismo, se muestra que el área rural en el que viven los niños de hogares con menores ingresos tiene menor acceso a los servicios de agua y saneamiento reduciendo la oportunidad de desarrollarse en comparación con aquellos que viven en el ámbito urbano. Además, esto se ve impactado negativamente porque se trata de comunidades que se encuentran dispersas y existen largas distancias a los puntos de abastecimiento y un mayor tiempo para acceder a ellos.

Sotelo, indica que las estimaciones de los efectos de tratamiento promedio de los tratados (ATT) indican que en el 2015 que los servicios de agua potable y saneamiento en conjunto reducen la

probabilidad de contraer desnutrición crónica en -7.53% con niños de similares características que no tuvieron acceso a ninguno de los dos servicios. Encontró que para el año 2010 este impacto fue altamente significativo alcanzando un valor de -13.27% y en el 2015 la incidencia de contar con solo agua potable reduce la incidencia de desnutrición en -1.83%. Respecto a no contar con servicio de saneamiento, este reduce la incidencia en la desnutrición crónica en -7.10% en el año 2015. Observándose finalmente que es el servicio de saneamiento el que tiene mayor nivel de incidencia en la desnutrición crónica infantil. Asimismo, el resultado general de disminución de incidencia de esta enfermedad lo determina en mayor medida los efectos que tendría en el ámbito rural.

Hildegarde et al.¹³, estudian el efecto de la brecha en el acceso de los servicios de agua y saneamiento sobre la salud de los niños del ámbito rural en el Perú.

Los resultados de esta investigación evidencian que el acceso al servicio público de saneamiento es otro determinante muy significativo de la desnutrición crónica infantil- DCI.

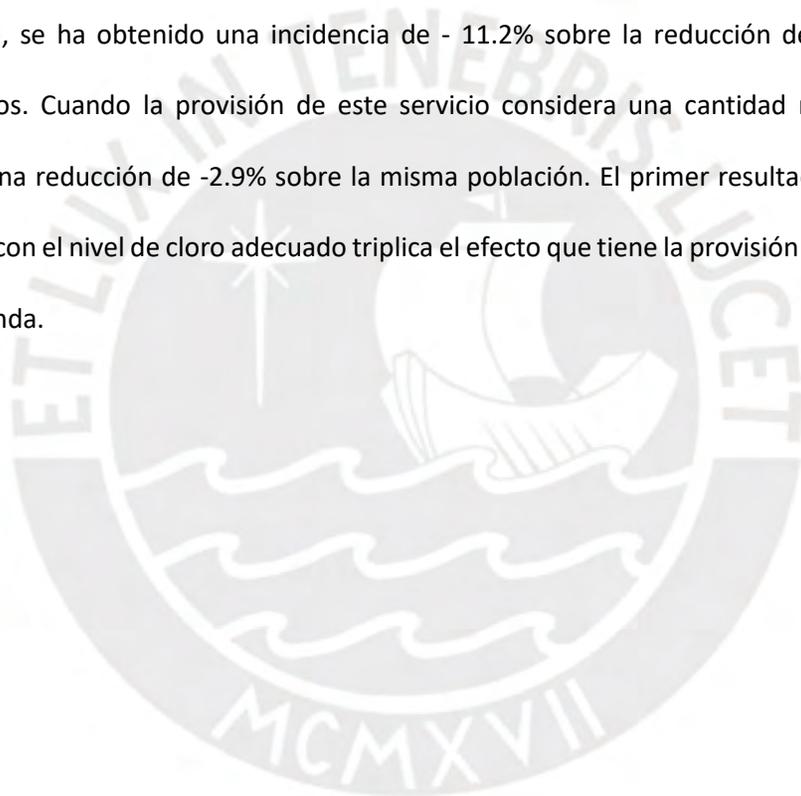
Asimismo, dicha investigación concluye que los niños cuya lengua materna es de origen indígena tienen mayores probabilidades de sufrir DCI, como también lo determina el tener a una madre con menor nivel educativo o un menor nivel de riqueza del hogar, así como el orden de nacimiento ya que los últimos hijos en la familia son más propensos a tener DCI. El nivel de hacinamiento dado por un gran número de personas en el hogar también determina que en las familias haya más probabilidad de que los niños adquieran la enfermedad.

Max Carbajal, en el documento de trabajo N°01-2014 de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento-SUNASS, elaboró el estudio Evaluación de Impacto del Saneamiento en el Perú: Efectos sobre la salud, en el cual busca cuantificar el efecto de la provisión de los servicios de saneamiento en la salud de los hogares peruanos, especialmente en la incidencia de casos de diarrea en niños menores de cinco años de edad. Se utilizó la técnica de estimación del Propensity Score Matching (PSM) y con

¹³ SEPIA XVI, Perú: El problema agrario en debate. Tema III-Salud, nutrición, ambiente y desarrollo rural

información del año 2013 de la encuesta de demográfica y salud de hogares (ENDES), encontrando los siguientes resultados: una reducción de la incidencia de la diarrea en 3.6% cuando se cuenta con el servicio de agua y una reducción de 4.5% cuando se tiene acceso a los servicios de saneamiento. El estudio complementa los efectos que tendrían la cantidad de cloro en el agua, el tratamiento en el agua, la disponibilidad del agua durante el día, el tipo de empresa que provee el servicio y sobre grupo de edad de los niños.

Respecto a los resultados sobre el efecto que tendría la cantidad de cloro en el agua (al menos 5 partes por millón), se ha obtenido una incidencia de - 11.2% sobre la reducción de diarrea en niños menores de 5 años. Cuando la provisión de este servicio considera una cantidad menor de cloro la incidencia es de una reducción de -2.9% sobre la misma población. El primer resultado indicaría que la provisión de agua con el nivel de cloro adecuado triplica el efecto que tiene la provisión de agua por medio de redes a la vivienda.

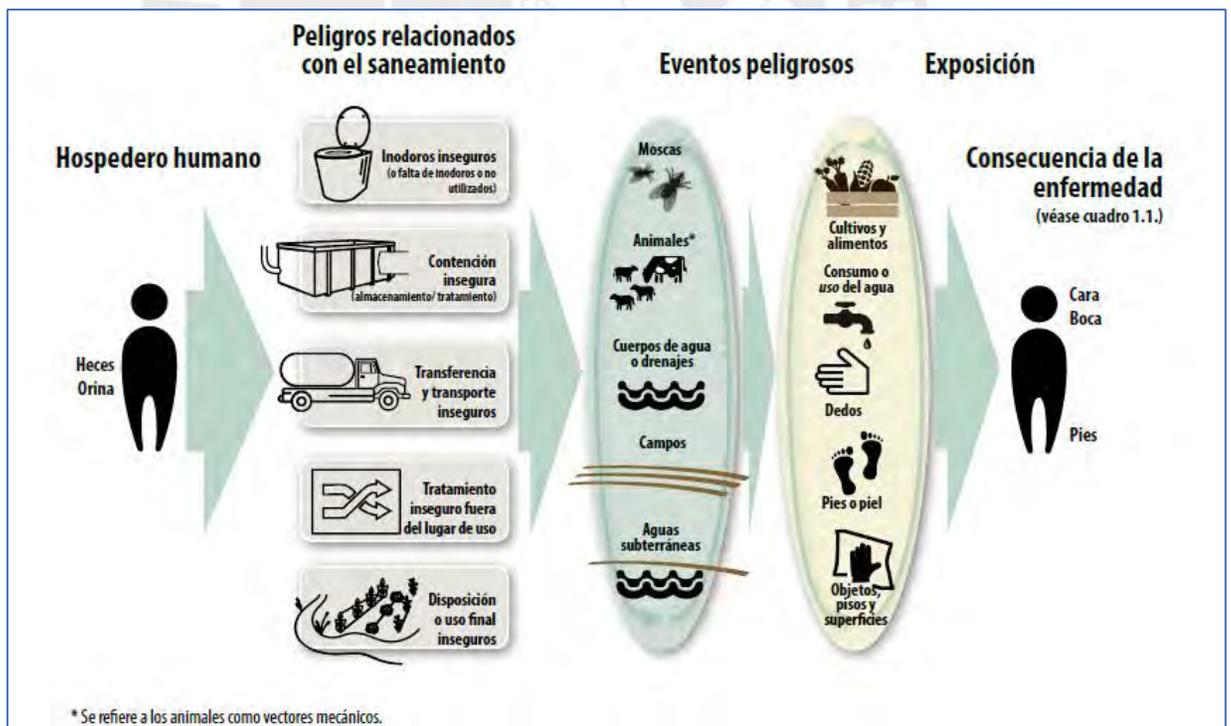


5. Mecanismo de transmisión

De acuerdo con la guía para el saneamiento y la salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), se tiene el siguiente mecanismo de transmisión de enfermedades fecal-oral que es el proceso por el cual se trasmite por medio de las heces de una persona contagiada hasta la boca de otra persona vulnerable como pueden ser los niños menores de cinco años de edad. De acuerdo a la guía mencionada esta transmisión podría darse por falla en los servicios de saneamiento en sus diferentes etapas (ausencia de alcantarillado – Inodoros, inadecuado almacenamiento de los residuos fecales, transferencia y transporte inseguro, tratamiento inseguro fuera del lugar de uso e inadecuada e insegura disposición final). A continuación, se muestra el esquema de transmisión:

Figura 21

Esquema de transmisión



Nota. Fuente: OMS (2018)

Se pueden presentar fallas en la cadena de los servicios de saneamiento, desde la existencia o no de un inodoro que sirve para la captación o contención de la materia fecal hasta la disposición o uso final. Se debe tener en cuenta además que un sistema adecuado de saneamiento contribuye no sólo a una adecuada evacuación de las excretas sino también de aguas grises que se generan por otros procesos dentro del hogar como el proceso de preparación de alimentos o limpieza. Asimismo, debe estar complementado con una adecuada práctica de higiene, sobre todo por los desechos que se generan al no eliminar adecuadamente los materiales de limpieza anal.

El presente estudio desarrollará los peligros relacionados de no contar con un servicio de saneamiento adecuado dentro de la vivienda de los hogares a nivel nacional.



6. Metodología

Tal como se indicó en la justificación del presente trabajo de investigación, la metodología utilizada aborda el problema de endogeneidad debido a la existencia de variables no observables que pueden modificar los resultados en los impactos que tendría el contar con acceso a agua de calidad. Los agentes no toman necesariamente sus decisiones del mismo modo a pesar de tener características observables similares por lo que no son recogidos en las especificaciones de los modelos de investigaciones similares en nuestro país, obteniendo estimaciones con resultados que podrían estar sesgados. En ese sentido, la presente investigación utilizará un modelo Probit Bivariado (PB) con alteraciones de error correlacionadas distribuidas como normal bivariada estándar con estimaciones simultáneas de los modelos. Por lo tanto, para tener en cuenta los posibles efectos de selección, la endogeneidad del tratamiento (acceso a agua de calidad) y el resultado (prevalencia de enfermedad) se pueden modelar conjuntamente basándose en el supuesto de que el tratamiento tiene un impacto causal directo en el resultado y ambos están influenciados por factores observables comunes. Así, el resultado de salud observado de un niño puede tomar el valor de uno si el niño estuvo enfermo en las dos semanas anteriores de la encuesta y cero si no, por lo que la variable resultado observada (prevalencia de enfermedad) está relacionada con una variable latente no observable con variables de control que se encuentra en las dos ecuaciones a estimar.

La estimación de estos modelos no puede ser realizada por mínimos cuadrados ordinarios ya que la variable dependiente es dicotómica por lo que se utiliza el método de máxima verosimilitud. En ese sentido, el supuesto que se hace sobre la distribución de los errores es que tienen el comportamiento de una distribución normal.

Para el caso de la presente investigación, la prevalencia de una enfermedad que tiene un niño o no al contar con el servicio de agua de calidad es definida como una variable dicotómica (y), mientras que ocupar una vivienda mide la utilidad (T) que un hogar experimenta por contar con el servicio de agua de

calidad. Dada la complejidad de las decisiones, existen factores no observables que influyen tanto a la salud del niño como a la decisión de ocupar una vivienda con acceso a saneamiento. Por lo que estas variables (y , T) no son independientes. Teniendo en cuenta la posible correlación entre las características no observables en las mencionadas decisiones, se considera emplear la metodología indicada.

6.1 Modelo Microeconómico

Sea un niño “k” del hogar “i”, con características del hogar y niño contenidas en el vector de variables x_{ki} y T_i una variable dicotómica que indica si el hogar “i” tiene acceso a agua de calidad, tal que:

$$y_{ki}^* = \beta_1 x_{ki} + \delta T_i + \epsilon_{1ki}$$

Donde:

y_{ki}^* es un índice de morbilidad (variable no observable) del niño “k” del hogar “i”.

y_{ki} es la prevalencia de una enfermedad en el niño “k” del hogar “i”.

$$y_{ki} = \begin{cases} 1 & \text{si } y_{ki}^* > 0 \\ 0 & \text{si } y_{ki}^* \leq 0 \end{cases}$$

$$E(\epsilon_{1ki}) = 0 \text{ y } V(\epsilon_{1ki}) = 1 .$$

De otro lado, para cada hogar “i” se tiene

$$T_i^* = \beta_2 x_{ki} + \alpha z_i + \epsilon_{2i}$$

Donde:

z_i es un vector de variables instrumentales, correlacionadas con T_i pero no con ϵ_{1ki} .

T_i^* es la utilidad indirecta (**variable no observable**) que experimenta el hogar “i” al ocupar una vivienda con acceso a agua de calidad, dado un nivel de ingreso y otras características del hogar.

T_i es una variable dicotómica que indica que el hogar “i” tiene acceso a agua segura.

$$T_i = \begin{cases} 1 & \text{si } T_i^* > 0 \\ 0 & \text{si } T_i^* \leq 0 \end{cases}$$

$$E(\epsilon_{2i}) = 0 \text{ y } V(\epsilon_{2i}) = 1 .$$

Modelo final Probit bivariado:

$$y_{ki}^* = \beta_1 x_{ki} + \delta T_i + \epsilon_{1ki}$$

$$T_i^* = \beta_2 x_{ki} + \alpha z_i + \epsilon_{2i}$$

$$E(\epsilon_{1ki}) = 0, V(\epsilon_{1ki}) = 1$$

$$E(\epsilon_{2i}) = 0, V(\epsilon_{2i}) = 1$$

$$cov(\epsilon_{1ki}, \epsilon_{2i}) = \rho$$

Donde:

- Rho (ρ) mide la correlación entre los términos de perturbación de las ecuaciones de salud y calidad del agua.
- Nótese que testar la existencia de endogeneidad equivale a testar $H_0: \rho = 0$ vs $H_1: \rho \neq 0$.

6.2. El modelo probit bivariado

La metodología utilizada en la presente investigación, como alternativa a los modelos de variables instrumentales será el modelo de probit bivariado (PB). El PB es un modelo de resultado binario de dos ecuaciones con errores correlacionados. Se supone que los términos de perturbación de las dos ecuaciones están distribuidos conjuntamente como normal bivariada estándar estimándose de manera simultánea mediante el método de máxima verosimilitud.

La forma funcional del modelo general es el siguiente:

$$y_1^* = X_1' B_1 + \epsilon_1$$

$$y_1 = 1(y_1^* > 0) \text{ , "0" en otro caso}$$

$$y_2^* = X_2' B_2 + \epsilon_2$$

$$y_2 = 1(y_2^* > 0) \text{ , "0" en otro caso}$$

$$\begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \end{pmatrix} | \mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2 \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{pmatrix} \right]$$

Es decir que se cumple:

$$E[\varepsilon_1 / x_1, x_2] = E[\varepsilon_2 / x_1, x_2] = 0$$

$$Var[\varepsilon_1 / x_1, x_2] = Var[\varepsilon_2 / x_1, x_2] = 1$$

$$Cov[\varepsilon_1, \varepsilon_2 / x_1, x_2] = \rho$$

Greene (2018)¹⁴ presenta una versión del modelo, estableciendo que el modelo general puede ser utilizado en los casos que un efecto de tratamiento o influencia endógena tiene lugar en un contexto de elección binaria. Por lo tanto, el modelo probit bivariado proporciona una especificación para analizar un caso en el que dicho modelo contiene una variable endógena en una de las ecuaciones. La representación del modelo ampliado que plantea Greene es la siguiente:

$$\begin{aligned} T^* &= \mathbf{x}'_1 \boldsymbol{\beta}_1 + \varepsilon_1, & T &= \mathbf{1}(T^* > 0), \\ y^* &= \mathbf{x}'_2 \boldsymbol{\beta}_2 + \gamma T + \varepsilon_2, & y &= \mathbf{1}(y^* > 0), \\ \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{pmatrix} | \mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2 &\sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{pmatrix} \right]. \end{aligned}$$

Obsérvese la presencia de la variable endógena T al lado derecho de la segunda ecuación. En el caso del modelo propuesto en la presente investigación, implica que, dado que las funciones de utilidad no son observables, las decisiones y/o los impactos pueden ser definidas por variables latentes. En nuestro caso la variable "T" es una variable dicotómica que indica si un hogar tiene acceso al agua de calidad, en tanto que "T*", la utilidad indirecta esperada (no observable) que experimenta un hogar con acceso a agua de calidad. En la presente investigación al utilizar un modelo probit bivariado se reconoce explícitamente que la variable T podría ser endógena.

¹⁴ Greene, W. (2018). *Econometric Analysis*.

6.2.1 Estimación de los parámetros por Máxima Verosimilitud

La estimación de los parámetros se realiza mediante el método de máxima verosimilitud con información completa que permite la estimación conjunta del modelo, cumpliendo con las condiciones de consistencia y eficiencia¹⁵.

Greene (2019) plantea la siguiente función de distribución acumulada es:

$$\text{Prob}(X_1 < x_1, X_2 < x_2) = \int_{-\infty}^{x_2} \int_{-\infty}^{x_1} \phi_2(z_1, z_2, \rho) dz_1 dz_2,$$

La cual denotamos: $\phi_2(x_1, x_2, \rho)$. La función de densidad es:

$$\phi_2(x_1, x_2, \rho) = \frac{e^{-(1/2)(x_1^2 + x_2^2 - 2\rho x_1 x_2)/(1 - \rho^2)}}{2\pi(1 - \rho^2)^{1/2}}.$$

Para la construcción de la probabilidad del logaritmo, hacemos:

$$q_{i1} = 2y_{i1} - 1$$

$$q_{i2} = 2y_{i2} - 1$$

$$Z_{ij} = \mathbf{x}'_{ij} \boldsymbol{\beta}_j \quad \gamma \quad w_{ij} = q_{ij} Z_{ij} \quad j=1,2 \quad \rho_i^* = q_{i1} q_{i2} \rho$$

Nótese que el índice 2 se utiliza para indicar la distribución normal bivariada en la función de densidad ϕ_2 y la función de densidad acumulativa Φ_2 . En todos los demás casos el subíndice 2, indica las variables de la segunda ecuación. Como antes $\phi(\cdot)$ y $\Phi(\cdot)$ sin subíndices denotan la densidad normal estándar univariada y la función de densidad acumulativa.

Las probabilidades que aparecen en la función de probabilidad de máxima verosimilitud son:

$$\text{Prob}(Y_1 = y_{i1}, Y_2 = y_{i2} | \mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \Phi_2(w_{i1}, w_{i2}, \rho_i^*)$$

¹⁵ Alfonso Novales. 2000. Econometría 2da Edición.

que explica todos los cambios de signo necesarios para calcular las probabilidades de “y” es igual a cero y uno. Así tomando logaritmos a las funciones de verosimilitud para “n” observaciones:

$$\ln L = \sum_{i=1}^n \ln \Phi_2(w_{i1}, w_{i2}, \rho_{i^*})$$

Las derivadas de la probabilidad se reducen a:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta_j} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{ij} g_{ij}}{\Phi_2} \right) \mathbf{x}_{ij}, \quad j = 1, 2,$$

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \rho} = \sum_{i=1}^n \frac{q_{i1} q_{i2} \phi_2}{\Phi_2},$$

Donde:

$$g_{i1} = \phi(w_{i1}) \Phi \left[\frac{w_{i2} - \rho_{i^*} w_{i1}}{\sqrt{1 - \rho_{i^*}^2}} \right]$$

Los estimadores de máxima verosimilitud, se obtienen igualando a cero simultáneamente las derivadas. Luego obtenemos las segundas derivadas para estimar el máximo valor de dichos estimadores.

En nuestro modelo, considerando las dos ecuaciones y considerando la distribución normal de los errores podemos obtener las derivadas conjuntas.

Entonces desarrollando, según Greene y considerando que se trata de un modelo recursivo el Log-Verosimilitud se construye a partir de probabilidades conjuntas de los resultados observados. Los cuatros posibles resultados y sus probabilidades asociadas son obtenidas de las probabilidades marginales. Así, $P(y=1, T=1) = P(y=1/T=1)P(T=1)$ por lo que en nuestro modelo la probabilidad de que la prevalencia de enfermedad de un niño en su hogar y el acceso de dicho hogar a una vivienda con agua segura ocurran, es la siguiente:

$$y_2^* = X_2' B_2 + \alpha y_1 + \varepsilon_2$$

$$y_1^* = X_1' B_1 + \varepsilon_1$$

$$P(y_1=1; y_2=1) = P(y_2=1 / y_1=1) P(y_1=1)$$

$$P(y_2=1 / y_1=1) = \frac{\phi_2(X_1' B_1, X_2' B_2 + \alpha, \rho)}{\phi(X_1' B_1)}$$

$$P(y_1=1) = \phi(X_1' B_1)$$

Por lo tanto, la probabilidad conjunta de este evento queda determinada por:

$$P(y_1=1; y_2=1) = \phi_2(X_1' B_1, X_2' B_2 + \alpha, \rho)$$

Este resultado es equivalente al que se obtendría con el método de máxima verosimilitud si no se incluyera la variable endógena. Por lo tanto, la consideración de la variable de acceso a una vivienda con agua de calidad como determinante de la variable de prevalencia de enfermedad, no modifica la función de verosimilitud, por lo que podría ignorarse la endogeneidad del modelo aplicando este método de estimación.

Operando de manera análoga para el resto de las probabilidades se obtiene la distribución conjunta de y_1 y y_2 :

$$P(y_1=1; y_2=0) = \phi_2(X_1' B_1, -X_2' B_2 - \alpha, -\rho)$$

$$P(y_1=0; y_2=1) = \phi_2(-X_1' B_1, X_2' B_2, -\rho)$$

$$P(y_1=0; y_2=0) = \phi_2(-X_1' B_1, -X_2' B_2, -\rho)$$

En este caso el log de verosimilitud estaría dado por:

$$\ln L(\beta, \alpha, \rho) = \sum \ln \text{Prob}(y=y_i, T=T_i | \mathbf{x}, \mathbf{z})$$

6.2.2 El problema de la Endogeneidad desde el modelo Probit Bivariado

El problema de endogeneidad en un modelo Probit univariado es equivalente a la existencia de variables omitidas. (Wooldridge, 2011, p. 594) Entonces de acuerdo con Cramer (2005) los estimadores obtenidos a través de un modelo Probit univariado, cuando existe problemas de endogeneidad, convergen a cero y, por lo tanto, subestima el verdadero valor de los parámetros.

Se supone que los términos de perturbación de las dos ecuaciones están distribuidos conjuntamente como normal bivariada estándar, y los modelos se estiman simultáneamente utilizando la estimación de máxima verosimilitud. Para tener en cuenta los posibles efectos de selección, la endogeneidad del tratamiento (W) y el resultado (H) se pueden modelar conjuntamente basándose en el supuesto de que el tratamiento tiene un impacto causal directo en el resultado y ambos están influenciados por factores observables comunes. Como se discutió anteriormente, una comparación simplista del estado de salud infantil entre hogares con agua contaminada y hogares con agua no contaminada conduciría a resultados sesgados si W es una variable endógena

Si el acceso a agua de calidad por parte de un hogar “i” no es independiente de la prevalencia de enfermedades diarreicas agudas (EDA) en el niño “k” del hogar “i”, entonces el estimador del efecto causal del acceso a agua segura sobre la prevalencia a EDA en el niño “k” es sesgado.

Por lo tanto, estimar el efecto del acceso a agua segura sobre la prevalencia de EDA en niños menores de cinco años a través de un modelo Probit univariado subestimaría dicho efecto. Al respecto, Wooldridge (2011), sugiere corregir la endogeneidad a través de la estimación de un Probit bivariado. Lo anterior implicaría estimar las ecuaciones (1) y (2) de forma conjunta asumiendo $cov(\epsilon_{1ki}, \epsilon_{2i}) = \rho \neq 0$.

6.2.3 Test de Wald

La opción más utilizada en la literatura es la prueba de Wald que contrasta la endogeneidad basándose en la significación del coeficiente de correlación ρ . En el presente trabajo se utilizará esta opción para contrastar la exogeneidad de la variable

Test:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

$$\hat{\rho}^2 / V(\hat{\rho}) \xrightarrow{H_0} \chi^2$$

En caso de rechazar la hipótesis nula se encuentra evidencia que apoya la existencia de endogeneidad, por lo tanto, las estimaciones realizadas a partir de modelos probit univariados son inconsistentes. En este caso, el parámetro rho sería significativamente distinto de cero por lo que existen elementos correlacionados no incluidos en el modelo. Si se rechaza la existencia de endogeneidad, las estimaciones pueden realizarse a partir de modelos univariados.

7. Datos y estadísticas descriptivas

7.1 Datos y estadística descriptiva:

En este estudio se utilizó la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), con inferencia nacional por ámbito geográfico para Perú, realizada durante los meses de enero a diciembre del 2019. Dicha encuesta, llevada a cabo por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), alcanzó las 36,760 viviendas; ello permitió obtener los datos de 22,143 niños menores a 5 años.

7.1.1 Variables:

Variables dependientes: Prevalencia de enfermedades diarreicas agudas (EDA), infecciones respiratorias agudas (IRA), y anemia en niños menores de cinco años (ver Tabla N° 15).

Variables de intervención/Tratamiento: La principal variable de interés en la investigación es la calidad del agua que beben en la vivienda del niño menor de 5 años. Dicha variable indica si la fuente principal de abastecimiento de agua para beber está dentro de la vivienda, fuera de ella, pero dentro del edificio o cuentan con un pilón/grifo público, además, se debe cumplir que el agua se encuentre correctamente clorada (Prueba de cloro: Mayor o Igual a 0.5 mg/Lt.).

Variables socioeconómicas: Se incluyeron características del niño y del hogar. Se espera que un niño que viva en la sierra peruana o se encuentre en ámbito rural tenga mayor probabilidad de prevalencia de las enfermedades en estudio. Asimismo, el acceso a electricidad, paredes de ladrillo/cemento, piedra/sillar, adobe/tapia o quincha, pisos con un material distinto a la tierra/arena y techos de concreto o de tejas, indicarían que en la vivienda contarían con los recursos necesarios para prevenir o tratar las enfermedades en los niños menores de 5 años. Por otro lado, el hacinamiento podría conllevar a una rápida propagación de cualquier virus entre los miembros del hogar. Finalmente, las estadísticas indicarían que, el hecho de tener un jefe de hogar hombre disminuye la probabilidad de la prevalencia de las enfermedades indicadas.

Tabla 15

Variables dependientes

Variable	Abr.	Definición	Preguntas utilizadas	Construcción de Variable
Enfermedades Diarreicas Agudas	eda	Se define como diarrea la deposición, tres o más veces al día (o con una frecuencia mayor que la normal para la persona) de heces sueltas o líquidas.	Se utilizó la pregunta "H11: En los últimos 14 días, ¿Ha tenido diarrea la niña(o)?",	Resultó una variable dummy: 1= Si las últimas 2 semanas y 0= En otros casos.
Infecciones Respiratorias Agudas	ira	Las infecciones respiratorias agudas (IRA) constituyen un grupo de enfermedades que se producen en el aparato respiratorio, causadas por diferentes microorganismos como virus y bacterias, que comienzan de forma repentina y duran menos de 2 semanas.	Se utilizaron las preguntas "H31: ¿Ha tenido tos en las últimas dos semanas?" y "H31B: Cuando estuvo enfermo con tos, ¿Respiraba más rápido con respiraciones cortas y rápidas?"	Resultó una variable dummy: 1= Ha tenido tos en las últimas dos semanas, y respiraba más rápido con respiraciones cortas y rápidas, y 0= En otros casos.
Anemia	anemia	Es la condición en la cual el contenido de hemoglobina en la sangre está por debajo de valores considerados normales, los cuales varían con la edad, el sexo, el embarazo y la altitud. Las causas de la anemia incluyen: la pobre ingesta diaria de macro y micronutrientes, la excesiva pérdida de sangre, la destrucción de los eritrocitos y el incremento de los requerimientos durante ciertos estadios de la vida.	Se utilizaron las preguntas "HV040: Altitud del conglomerado en metros.", "HC53: Nivel de hemoglobina (g/dl-1 decimal)" y "HV103: ¿Durmió aquí anoche?"	Resultó una variable dummy: 1: Si el niño pasó la noche en la vivienda y su nivel de hemoglobina, ajustada a la altitud del conglomerado se encuentra entre 1 y 11, y 0=En otros casos.
Desnutrición Crónica	desn	La desnutrición crónica es el estado en el cual los niños tienen baja estatura con relación a una población de referencia.	"HV103: ¿Durmió aquí anoche?" y "HC5: Talla/Edad Desviación Estándar" (medido por el Ministerio de Salud-MINSA).	Resultó una variable dummy: 1: Si el niño pasó la noche en la vivienda y su desviación estándar Talla/Edad es menor a -200, y 0=En otros casos.

Desnutrición Crónica (según OMS)	desnwho	La desnutrición crónica es el estado en el cual los niños tienen baja estatura con relación a una población de referencia.	"HV103: ¿Durmió aquí anoche?" y "HC70: Talla/Edad de la Desviación Estándar de la mediana de referencia (según la OMS)"	Resultó una variable dummy: 1: Si el niño pasó la noche en la vivienda y su desviación estándar Talla/Edad (medida por la OMS) es menor a -200, y 0=En otros casos.
----------------------------------	---------	--	---	---

VARIABLES RELACIONADAS AL AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE (ADEMÁS, AGRICULTURA Y GANADERÍA):

Existen variables tales como el tiempo de recolección del agua, el cual reduce el tiempo disponible para el cuidado de los menores o que la encargada del recojo de agua sea la madre (mama recoge); así como las características de la vivienda (materiales de pisos, paredes, techos). También, encontramos vínculos claros con la ganadería, puesto que, dejar que los niños compartan espacios con animales que contaminan el suelo de materias fecales los llevaría a enfermarse mucho más rápido. Se observa que no se encuentran una relación tan clara con la agricultura, debido que el agua de regadío aumenta la disponibilidad hídrica en los hogares, sin embargo, esta relación positiva está determinada por la buena calidad que debería tener el agua de riego. Asimismo, el acceso a agua es un factor claramente relevante para aumentar las buenas prácticas de higiene.

Otras variables relacionadas: También resultó importante evaluar el efecto que tiene el hervir el agua que se beberá y si se cuenta con una fuente de agua privada (es decir, dentro del hogar), para evitar la contaminación de esta en el camino hacia el hogar.

7.1.2 Análisis Descriptivo

En la Tabla N° 16 podemos visualizar las estadísticas de todas las variables usadas en el estudio. Los datos revelan que el 42% de niños menores de 5 años se encontraban en la costa del país, el 30% se encontraba en la sierra y el 28% restante, en la selva. Del total de aquellos niños en estudio, el 11.9%

padecía de enfermedades diarreicas agudas, el 14% se encontraba con una infección respiratoria aguda, el 32% tenía la hemoglobina por debajo de los niveles normales, y el 8.9% se encontraba en condición de desnutrición (medido por le MINSA), a comparación del 12.6% que resultaría de la medición de la OMS. Un hecho importante a tener en cuenta en el estudio es que, si bien el 87% de los hogares accedían al recurso hídrico y el 70% contaba con una fuente de agua privada, solo el 25% del total de hogares tenía agua de calidad. A su vez, solo un 29.4% se encontraba en un ámbito rural; de la misma manera, un 21.9% del total tenía tierras agrícolas, sin embargo, un mayor porcentaje (40%) criaba rebaños o animales de granja.

Los datos de la encuesta también dan a conocer que, en la mayoría de los casos, el jefe del hogar, en donde se encuentran los niños, es hombre (76.6%), frente a un 23.4% de jefes de hogar femeninos. Además, en la mayoría de esos hogares se cuenta con electricidad (94%), paredes de ladrillo/cemento, piedra/sillar, adobe/tapia o quincha (80%), pisos con un material distinto a la tierra/arena (75%), sin embargo, solo un 37.5% de niños menores de 5 años cuentan con techos de concreto o de tejas.

Por otro lado, un 19.65% de la población afirma que tomarían hasta 120 minutos para recoger agua, y del total de las madres de los niños menores de 5 años en estudio, solo el 12.6%, se dedicaría a realizar esta labor.

Tabla 16*Resumen de estadísticas*

Variables	N° Obs	Media	Desviación Estándar
Variables Dependientes			
EDA	20,976	0.12	0.32
IRA	20,976	0.14	0.35
Anemia	19,508	0.32	0.47
Desnutrición Crónica	21,172	0.09	0.28
Desnutrición Crónica (según OMS)	21,186	0.13	0.33
Variable de Intervención			
Agua de calidad	22,143	0.25	0.43
Variables Socioeconómicas			
Costa	22,143	0.42	0.49
Sierra	22,143	0.30	0.46
Jefe de hogar: Hombre	22,143	0.77	0.42
Rural	22,143	0.29	0.46
Pared	22,143	0.80	0.40
Piso	22,143	0.75	0.44
Techo	22,143	0.38	0.48
Electricidad	22,143	0.94	0.25
Ratio de Hacinamiento	22,143	2.91	1.38
Variables WASH, agricultura y ganadería			
Acceso al agua	22,143	0.87	1.38
Agricultura	22,143	0.22	0.41
Ganadería	22,143	0.40	0.49

Tiempo de Recojo	22,143	2.25	8.72
Mamá encargada del Recojo de Agua	22,143	0.13	0.33
Otras variables			
Agua se hierve antes de beber	22,143	0.78	0.41
Fuente privada de agua	22,143	0.70	0.46

Nota. Fuente: ENDES. Elaboración Propia.

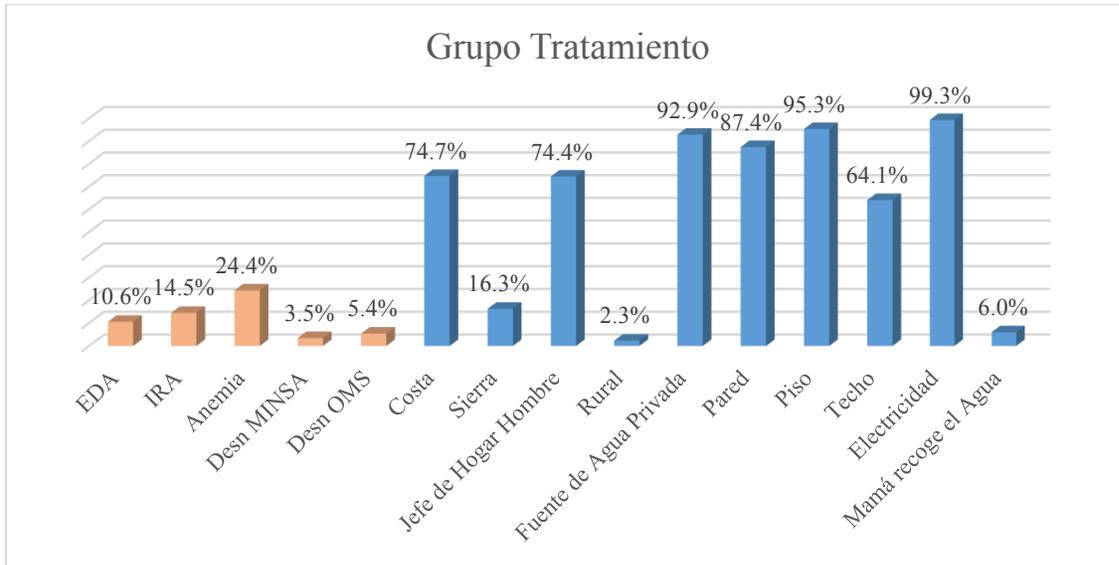
Si observamos por separado el grupo tratamiento, es decir, los niños que acceden a agua de calidad y el grupo comparación (los que no tienen acceso a agua de calidad), podríamos notar que la cantidad de niños con EDA, IRA, anemia, y, sobre todo, con desnutrición crónica, es mayor en el grupo que no cuenta con agua de calidad. (ver figuras 22 y 23). Asimismo, el grupo de tratamiento tiene al 74.7% ubicado en la costa y un 97.7% en zonas urbanas, mientras que, el grupo de comparación tiene un mayor porcentaje de niños ubicados en la sierra y selva del país (55.1%), como una mayor presencia en zonas rurales (37.9%, a comparación del 2.3% del grupo tratamiento).

En cuanto a variables socioeconómicas, podemos observar que el grupo comparación, casi en su totalidad, cuentan con electricidad (91.7%), paredes de ladrillo/cemento, piedra/sillar, adobe/tapia o quincha (79.0%), pisos con un material distinto a la tierra/arena (68.2%), techos de concreto o de tejas (35.0%) y una fuente privada de agua (63.9%). En comparación, el grupo tratamiento, cuenta con electricidad el 99.3%, solo un 64.1% cuenta con un techo de concreto o tejas, un 87.4% con una pared apropiada, un 95.3% con un piso adecuado y un 92.9% con una fuente de agua privada.

Finalmente, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al jefe de hogar, sin embargo, en el grupo de comparación, existe una mayor probabilidad de que la madre sea la responsable del recojo de agua para el hogar.

Figura 22

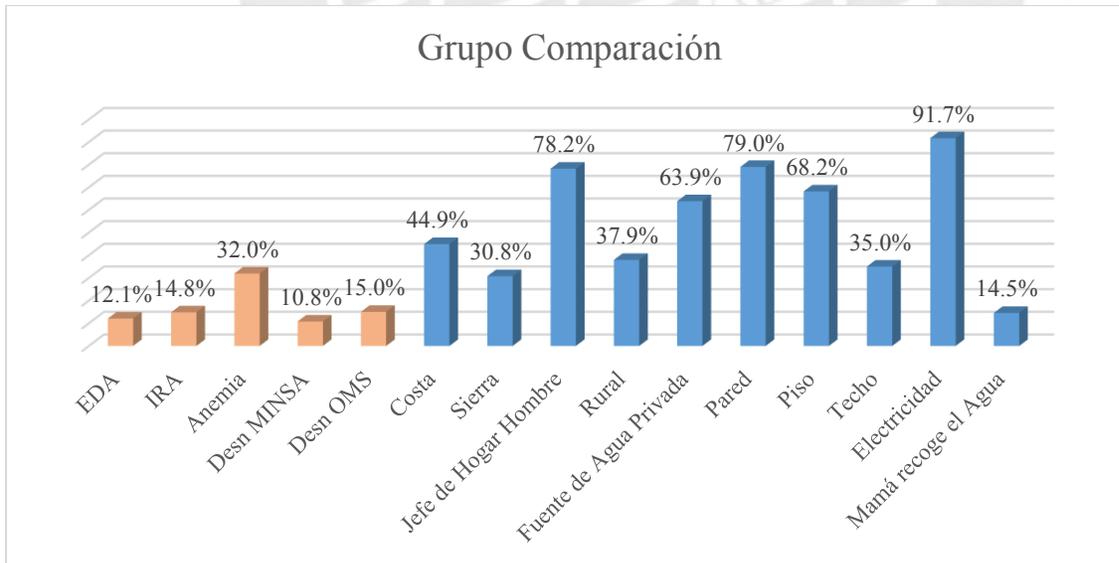
Comportamiento de las variables en el Grupo Tratamiento



Nota. Elaborado a partir de ENDES

Figura 23

Comportamiento de las variables en el Grupo Comparación



Nota. Elaborado a partir de ENDES.

8. Resultados

En esta sección se mostrarán los resultados de la estimación del modelo Probit bivariado para estimar el impacto del acceso al agua de calidad en la prevalencia en las enfermedades EDA, IRA, y Anemia en los niños menores de cinco años en nuestro país.

De acuerdo con los objetivos del presente trabajo de investigación se mostrará primero las relaciones que nos ayuden a identificar la existencia o no de causalidad en las variables analizadas y segundo el efecto marginal que tiene el acceso al agua de calidad en la prevalencia de las enfermedades descritas.

8.1 Enfermedades Diarreicas Agudas

Resultados de la Regresión

De acuerdo con los resultados de la Tabla N°17, las variables explicativas en conjunto son significativas pues la prueba de significancia conjunta tiene un p-valor menor que 0.05 por lo que en conjunto las variables son significativas al 95% de confianza. Asimismo, la variable acceso a agua de calidad es significativa al 95% de confianza. Dado el signo negativo del parámetro estimado asociado al acceso al agua de calidad, se concluye que al acceder a agua de calidad se reduce la probabilidad que un niño menor de 5 años tenga EDA.

De otro lado, se observa que el nivel de hacinamiento de los integrantes en un hogar tiene una relación positiva con el EDA, entendiendo el hacinamiento como la ratio entre el número de integrantes de un hogar y el espacio disponible lo cual lleva a un problema de sobrecarga habitacional. Esto puede producir alteraciones en la salud física al facilitarse la trasmisión de enfermedades infectocontagiosas como la parasitosis intestinal que unida a una probable presencia de animales en viviendas pequeñas exige un mayor cuidado en la higiene de sus integrantes.

El coeficiente de correlación de los términos de error del modelo probit bivariado estimado es $\rho = 0.107$ y es estadísticamente significativo al 95% de confianza. Con lo que, se rechaza la hipótesis nula de exogeneidad en de la variable acceso a agua de calidad, por lo que al estimar los parámetros a través de un modelo probit bivariado se obtendrían estimadores insesgados y consistentes.

Asimismo, se observa en la primera regresión que la variable “mama recoge” tiene signo positivo respecto al EDA (aunque no significativo), lo cual podría evidenciar una relación inversa entre la ausencia de la madre y el cuidado y atención de los niños menores de edad.

Del mismo modo, con relación a la presencia del hombre como jefe de hogar este tiene un impacto inverso con la prevalencia del EDA que podría explicarse por los ingresos del hogar que son potencialmente mayores cuando el jefe de hogar es hombre, distinto a un hogar donde el jefe no es hombre, muy probablemente un hogar uniparental, siendo la madre quien asume la generación de ingresos y al mismo tiempo el cuidado de los hijos.

Resultados Marginales

En la tabla N° 19 se muestran los efectos marginales donde se puede observar que el tener agua de calidad resulta significativo al 95% de confianza, y reduce en 3.4% la probabilidad de presentar enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en los niños peruanos menores de 5 años.

Tabla 17

Regresión Bivariante para EDA

Seemingly unrelated bivariate probit		Number of obs	=	20,721		
Log pseudolikelihood = 16044.664		Wald chi2 (25)	=	3726.62		
		Prob > chi2	=	0.0000		
	Robust					
	Coef.	Std. Err.	Z	P > Z	[95% Conf.	Interval]
eda						
agua_q	-.1688735	.0784492	-2.15	0.031	-.322631	-.015116
rhacinamiento	.0081548	.0084371	0.97	0.334	-.0083816	.0246911
costa	-.0738199	.0455719	-1.62	0.105	-.1631392	.0154994
sierra	-.0507312	.046894	-1.08	0.279	-.1426418	.0411795
piso	.0102803	.0314347	0.33	0.744	-.0513307	.0718912
pared	-.1220809	.0303011	-4.03	0.000	-.1814699	.0626919
techo	-.0173962	.0291675	-0.60	0.551	-.0745635	.0397711
jefe_hombre	-.0506584	.0268093	-1.89	0.059	-.1032038	.0018869
mama_recoge	.0136419	.0345384	0.39	0.693	-.0540522	.081336
agricultura	-.0551467	.0325132	-1.70	0.090	-.1188714	.0085779
ganadería	-.0094092	.0292684	-0.32	0.748	-.0667743	.0479558
agua_hervida	-.0057631	.02999417	-0.19	0.847	-.0644476	.0529215
_cons	-.9631095	.0550102	-17.51	0.000	-1.070927	-.8552916

Tabla 18

Regresión Bivariante - Acceso al Agua de Calidad

	Robust					
	Coef.	Std. Err.	Z	P > Z	[95% Conf.	Interval]
agua_q						
rhacinamiento	-.0060778	.0091988	-0.66	0.509	-.0241072	.0119515
costa	.6249162	0.32218	19.40	0.000	.5617701	.6880623
sierra	-.7810412	.032688	-23.89	0.000	-.8451085	-.7169739
piso	.4348589	.0377784	11.51	0.000	.3608145	.5089033
pared	.0128021	.0347072	0.37	0.712	-.0552228	.080827
techo	.2453721	0.254219	9.65	0.000	.1955461	.295198
jefe_hombre	-.0180788	.0255287	-0.71	0.479	-.0681141	.0319565
mama_recoge	1.231362	.061565	20.00	0.000	1.110697	1.352027
agricultura	-.2013753	.0381594	-5.28	0.000	-.2761663	-.1265843
ganadería	-.1718905	.0290877	-5.91	0.000	-.2289014	-.1148795
rural	-1.110751	.0441548	-25.16	0.000	-1.197292	-1.024209
Fuente_priv	1.581795	.0518882	30.48	0.000	1.480096	1.683494
electricidad	.2891224	.086498	3.34	0.001	.1195894	.4586555
_cons	-2.555041	.1100132	-23.22	0.000	-2.770663	-2.339419
/athrho	.1073978	.0487969	2.20	0.028	.0117576	.203038
rho	.1069868	.0482384			.0117571	.2002932
Wald test of rho = 0;		chi2 (1) = 4.84402	Prob > chi2 =		0.0277	

Tabla 19

Efectos Marginales

Average marginal effects		Number of obs = 20,721				
Model VCE : Robust						
Expression : Pr (edad=1), predict (pmarg1)						
Dy/dx w. r. t.: agua_q rhacinamiento costa sierra piso pared techo jefe_hombre mama_recoge agricultura ganadería agua_hervida rural fuente_priv electricidad						
	Delta -method					
	Dy/dx	Std. Err.	Z	P > Z	[95% Conf.	Interval]
agua_q	-.0335767	.0157164	-2.14	0.033	-.0643804	-.0027731
rhacinamiento	.0016214	.0016774	0.97	0.334	-.0016663	.0049091
costa	-.0146774	.0090348	-1.62	0.104	-.0323854	.0030305
sierra	-.0100868	.0093424	-1.08	0.280	-.283976	.008224
piso	.002044	.0062524	0.33	0.744	-.0102105	.0142986
pared	-.0242731	.0060201	-4.03	0.000	-.0360722	.0124739
techo	-.0034589	.0057955	-0.60	0.551	-.0148179	.0079002
jefe_hombre	-.0100723	.0053314	-1.89	0.059	-.0205216	.0000377
mama_recoge	.0027124	.0068663	0.40	0.693	-.0107453	.0161701
agricultura	.0109647	.0064713	-1.69	0.090	-.0236482	.0017188
ganadería	-.0018708	.005821	-0.32	0.748	-.0132798	.0095381
Agua_hervida	-.0011459	.0059518	-0.19	0.847	-.0128112	.0105195
rural	0	(omited)				
Fuente_priv	0	(omited)				
electricidad	0	(omited)				

8.2 Infecciones Respiratorias Agudas

Resultados de la Regresión

El acceso a agua de calidad tiene un efecto negativo sobre la prevalencia de Infecciones Respiratorias Agudas en los niños peruanos menores de 5 años.

En la Tabla N° 20, las variables en su conjunto son significativas pues en la prueba de significancia conjunta se obtiene un p-valor menor que 0,05, por lo que en conjunto son significativas al 95% de confianza. Asimismo, la variable “acceso al agua de calidad” en este modelo es significativa al 95% de confianza. Dicha variable reduce la probabilidad que un niño menor de cinco años desarrolle una IRA cuando accede a agua de calidad.

En este caso, el nivel de hacinamiento, si bien tiene un p-valor de 0.378 presenta un signo positivo tal como se esperaría de acuerdo con el mecanismo de transmisión propuesto. Altos niveles de hacinamiento facilitan la trasmisión de enfermedades infectocontagiosas entre sus integrantes. La

transmisión de las enfermedades respiratorias ocurre cuando las gotitas que contienen los microorganismos son expulsados a corta distancia por el aire y se depositan en mucosas conjuntivales y nasales o en la boca del huésped, para lo que se requiere que exista un contacto cercano, y los espacios reducidos contribuyen a ello, entre la persona infectada y la susceptible de infectarse.

Las variables de control que resultaron significativas al 5% de nivel de significancia fueron: (i) las variables dummy Costa y Sierra, que indican la región de residencia del hogar, (ii) Comp1, que es una combinación lineal de las variables estandarizadas de las características de la vivienda tales como piso, techo y paredes¹⁶, y (iii) Jefe Hombre, que como fue comentado estaría relacionado a que su presencia como jefe del hogar genera los ingresos que se requiere para atender las necesidades de salud o de acceso al agua de calidad. En cuanto a la variable mama_recoge tiene el signo correcto, aunque no significativo.

El coeficiente de correlación de los términos de error del modelo probit bivariado estimado es $\rho = 0.074$, la cual es significativa a un nivel de confianza de casi 90%. Lo cual indica que al estimar los parámetros a través del modelo probit bivariado se obtienen estimadores insesgados y consistentes.

Resultados Marginales

Que el niño viva en la costa del país se asocia con un aumento de la prevalencia de IRA en 2.6 puntos porcentuales, y vivir en la sierra disminuye la prevalencia de IRA en 3.3 puntos porcentuales. La prevalencia de esta enfermedad está relacionada con las características climatológicas de temperatura y las características físicas del hogar (es decir viviendas con paredes exteriores de estera o de quincha, piedra con barro o madera y piso de tierra). Según el INEI el porcentaje de la población en viviendas con características físicas inadecuadas es mayor en la Costa que en la Sierra. Asimismo, las características climatológicas en las épocas de menor temperatura en la Costa se manifiestan con altos niveles de

¹⁶ Esta combinación lineal se obtiene por el método multivariado de componentes principales.

humedad que aunado a las condiciones precarias de la vivienda impactarían en una mayor prevalencia de IRA en esta región en comparación de la Sierra.

De acuerdo con lo descrito en el párrafo precedente, se observa que el efecto marginal de la variable “comp1” (que es la combinación lineal de las características de la vivienda tales como piso, techo y paredes) resulta significativo al 95% de confianza y reduce en 0.77% la probabilidad de prevalencia de esta enfermedad.

Asimismo, en los efectos marginales podemos observar que el tener acceso a agua de calidad, resulta significativo al 95% de confianza y reduce en 3.34% la probabilidad de presentar Infecciones Respiratorias Agudas en los niños peruanos menores de 5 años.

Tabla 20

Regresión Bivariante - Infecciones Respiratorias Agudas – IRA

Seemingly unrelated bivariate probit		Number of obs	=	20,710	
Log pseudolikelihood = 11317.099		Wald chi2 (24)	=	89848.90	
		Prob > chi2	=	0.0000	
	Coef. Interval]	Robust Std. Err.	Z	P > Z	[95% Conf.
ira					
agua_acceso	-.1511624	.0594295	-2.54	0.011	-.2676421 -.0346827
rhacinamiento	.0074996	.0086607	0.87	0.387	-.0094751 .0244743
costa	.1188275	.0377894	3.14	0.002	.0447616 .1928933
sierra	-.1497665	.0366657	-4.08	0.000	-.22163 -.0779031
comp1	-.0349449	.0122764	-2.85	0.004	-.0590061 -.0108837
jefe_hombre	-.0535176	.0258204	-2.07	0.038	-.1041246 -.0029106
mama_recoge	.0217721	.0380751	0.57	0.567	-.0528538 .096398
agricultura	.0322862	.0309066	1.04	0.296	-.0282897 .0928621
ganadería	.0196665	.0276554	0.71	0.477	-.0345371 .0738701
riqueza	-.0083895	.0212577	-0.39	0.693	-.0500538 .0332748
Tiempo_recojo	-.0014521	.0015276	-0.95	0.342	-.0044461 .001542
_cons	-.9549193	.0676506	-14.12	0.000	-1.087512 -.8223266

Tabla 21

Regresión Bivariante - Acceso al Agua de Calidad

agua_acceso						
rhacinamiento	-.0060778	.0091988	-0.66	0.509	-.0241072	.0119515
costa	.6249162	0.32218	19.40	0.000	.5617701	.6880623
sierra	-.7810412	.032688	-23.89	0.000	-.8451085	-.7169739
comp1	.4348589	.0377784	11.51	0.000	.3608145	.5089033
jefe_hombre	-.0180788	.0255287	-0.71	0.479	-.0681141	.0319565
mama_recoge	1.231362	.061565	20.00	0.000	1.110697	1.352027
agricultura	-.2013753	.0381594	-5.28	0.000	-.2761663	-.1265843
ganadería	-.1718905	.0290877	-5.91	0.000	-.2289014	-.1148795
riqueza	-1.110751	.0441548	-25.16	0.000	-1.197292	-1.024209
Tiempo_recojo	1.581795	.0518882	30.48	0.000	1.480096	1.683494
rural	.2891224	.086498	3.34	0.001	.1195894	.4586555
electricidad						
Fuente_priv						
_cons	-2.555041	.1100132	-23.22	0.000	-2.770663	-2.339419
/athrho	.1073978	.0487969	2.20	0.028	.0117576	.203038
rho	.1069868	.0482384			.0117571	.2002932
Wald test of rho = 0;	chi2 (1) =	2.63669			Prob > chi2 =	0.1044

Tabla 22

Efectos Marginales

Average marginal effects		Number of obs = 20,710				
Model VCE : Robust						
Expression : Pr (ira=1), predict (pmarg1)						
dy/dx w. r. t.:		agua_acceso rhacinamiento costa sierra comp1 jefe_hombre mama_recoge agricultura ganadería riqueza tiempo_recojo rural electricidad fuente_priv				
Delta -method						
	dy/dx	Std. Err.	Z	P > Z	[95% Conf. Interval]	
agua_acceso	-.0334147	.0131474	-2.54	0.011	-.059183	-.0076463
rhacinamiento	.0016578	.0019144	0.87	0.387	-.0020943	-.0054099
costa	.026267	.0083512	3.15	0.002	.0098989	-.0426351
sierra	-.0331061	.0081029	-4.09	0.000	-.0489876	-.0172247
comp1	-.0077246	.0027128	-2.85	0.004	-.0130416	-.0024077
jefe_hombre	-.0118302	.0057074	-2.07	0.038	-.0230165	-.0006439
mama_recoge	.0048128	.0084159	0.57	0.567	-.011682	.0213076
agricultura	.0071369	.0068316	1.04	0.296	-.0062527	.0205265
ganadería	.0043473	.0061132	0.71	0.477	-.0076344	.016329
riqueza	-.0018545	.004699	-0.39	0.693	-.0110643	.0073553
tiempo_recojo	-.000321	.0003377	-0.95	0.342	-.0009829	.0003409
rural	0	(omitted)				
electricidad	0	(omitted)				
fuente_priv	0	(omitted)				

8.3 Anemia

Resultados de la Regresión

Las variables del modelo son significativas de forma conjunta dado que presentan un p-valor menor a 0.05 por lo que no es posible aceptar la hipótesis nula de no significancia conjunta. En tanto la variable acceso a agua de calidad es significativa y presenta signo negativo, por lo que el acceso a agua de calidad reduciría la anemia en niños menores de 5 años (ver Tabla N° 23).

El mecanismo de transmisión de enfermedades infecciosas relacionadas con el consumo de agua contaminada por residuos fecales impacta en la parasitosis intestinal que es una de las causas de la anemia al no permitir una adecuada absorción de los nutrientes manifestándose un bajo nivel de hemoglobina.

Las variables de control que resultaron significativas al 95% de confianza, son: (i) ratio de hacinamiento (ii) Costa, la cual es una variable dummy que indica si el hogar se ubica en la Costa o no (iii) comp1, que es una combinación lineal de las variables estandarizadas de Piso, Techo y Paredes¹⁷, (iv) Jefe Hombre (v) mamá recoge, la cuál es una variable dummy que indica si la mamá es la persona responsable de recolectar agua, labor que en ciertos hogares puede tomar algunas horas del tiempo que tienen las madres para otras actividades del hogar, como el cuidado de los niños, y (vi) agua hervida, variable dummy que indica si en el hogar se hierve el agua antes de consumirla. Del mismo modo que en el caso de la prevalencia de EDA, se observa que las variables relacionadas a la ausencia de la madre y los ingresos que genera la presencia del hombre como jefe de hogar impactan de manera negativa y positiva respectivamente, sobre la prevalencia de esta enfermedad.

El coeficiente correlación estimado de los términos de error es $\rho = 0.127$ y es significativamente diferente de cero al 95% de confianza, con lo que se comprueba que es correcto estimar las dos

¹⁷ Esta combinación lineal se obtiene por el método multivariado de componentes principales.

ecuaciones conjuntamente con un enfoque probit bivariado usando la estimación de máxima verosimilitud, produciendo estimadores insesgados y consistentes.

Es interesante resaltar, que al contrario que en el caso de IRA, la relación de la prevalencia de anemia con el vivir en la costa es negativo, es decir, vivir en la costa del país se asocia con una disminución de la prevalencia de anemia en 9.8 puntos porcentuales en relación con vivir en la sierra o en la selva.

El componente 1 (comp1), que, como se repite, es la combinación lineal de las variables estandarizadas de Piso, Techo y Paredes, disminuye la probabilidad de tener anemia en 1.4 puntos porcentuales.

Resultados Marginales

En los efectos marginales podemos observar que el tener agua de calidad, reduce en 9.6% la probabilidad de presentar Anemia en los niños peruanos menores de 5 años. Este es un resultado que reviste vital importancia, dado los persistentes altos niveles de anemia que presenta el Perú.

Tabla 23

Regresión Bivariante – Anemia

Seemingly unrelated bivariate probit		Number of obs	=	18,964	
Log pseudolikelihood = 19387,468		Wald chi2 (21)	=	3998.61	
		Prob > chi2	=	0.0000	
	Coef.	Robust Std. Err.	Z	P > Z	[95% Conf. Interval]
anemia					
agua_q	-.276013	.070488	-3.89	0.000	-.4150701 -.1369559
rhacinamiento	.0470821	.0071762	6.56	0.000	.0330171 .0611472
costa	-.2847442	.0407121	-6.99	0.000	-.3645385 -.2049499
sierra	.0246193	.0417127	0.59	0.555	-.0571362 .1063747
comp1	-.0390418	.0097694	-4.00	0.000	-.0581894 -.0198942
jefe_hombre	-.0489886	.0228549	-2.14	0.032	-.0937834 -.0041937
mama_recoge	.0794899	.02896908	2.74	0.006	.0227278 .1362521
agricultura	.0056652	.0267582	0.21	0.832	-.04678 .0581103
ganadería	-.0084012	.024118	-0.35	0.728	-.0556715 .0388692
agua_hervida	.0634806	.0250724	2.53	0.011	.0143365 .1126248
_cons	-.4609854	.039197	-11.76	0.000	-.5378102 -.3841607

Tabla 24

Regresión Bivariante - Agua de Calidad

agua_q						
rhacinamiento	-.0180473	.0096695	-1.87	0.062	-.0369992	.0009045
costa	.6747533	.0334141	20.19	0.000	.6092629	.7402437
sierra	-8.8325641	.0337805	-24.65	0.000	-.8987726	-.7663557
comp1	.154626	.0108092	14.31	0.000	.1334404	.1758117
jefe_hombre	-.0214505	.0266857	-0.80	0.421	-.0737535	.0308524
mama_recoge	1-241719	.0654272	18.98	0.000	1.113484	1.369954
agricultura	-.2106405	.0396982	-5.31	0.000	-.2884475	-.1328335
ganadería	-.2067363	.0300892	-6.87	0.000	-.2657277	-.1477449
rural	-1-177931	.0454507	-25.92	0.000	-1.267012	-1.088849
Fuente_priv	1.573617	.0557533	28.22	0.000	1.464342	1.682891
electricidad	.2594594	.0885142	2.93	0.003	.0859747	.4329442
_cons	-2.020243	.1066177	-18.95	0.000	-2.22921	-1.811276
/athrho	.128257	.0447231	2.87	0.004	.0406014	.2159126
rho	.1275584	.0439954			.0405791	.2126189
Wald test of rho = 0; chi2 (1) = 8.2243				Prob > chi2 = 0.0041		

Tabla 25

Efectos Marginales

Average marginal effects		Number of obs = 18,964				
Model VCE : Robust						
Expression : Pr (anemia=1), predict (pmarg1)						
dy/dx w. r. t.: agua_q rhacinamiento costa sierra comp1 jefe_hombre mama_recoge agricultura ganadería agua_hervida rural fuente_priv electricidad						
	Delta -method					
	dy/dx	Std. Err.	Z	P > Z	[95% Conf. Interval]	
agua_q	-.0957192	.0244942	-3.91	0.000	-.1437269	-.0477115
rhacinamiento	.0163277	.0024814	6.58	0.000	.0114642	.0211913
costa	-.0987471	.0141182	-6.99	0.000	-.1264182	-.071076
sierra	.0085378	.0144696	0.59	0.555	-.0198222	.0368977
comp1	-.0135394	.0033898	-3.99	0.000	-.0201833	-.0068955
jefe_hombre	-.0169889	.0079225	-2.14	0.032	-.0325167	-.0014611
mama_recoge	.027565	.0100403	2.75	0.006	.0078878	.0472452
agricultura	.0019646	.0093799	0.21	0.832	-.0162236	.0201529
ganadería	-.0029135	.008363	-0.35	0.728	-.0193047	.0134778
agua_hervida	.0220146	.008685	2.53	0.011	.0049923	.0390369
rural	0	(omitted)				
fuente_priv	0	(omitted)				
electricidad	0	(omitted)				

8.4 Comparación de Estudios en el Perú

La evidencia nacional sobre salud y saneamiento si bien no utiliza el método probit bivariado obtienen resultados similares a los obtenidos en el presente estudio.

En todos los casos los resultados obtenidos indican que existe una relación inversa entre prevalencia de enfermedades en niños menores de cinco años y el acceso a los servicios de agua y saneamiento. Así el estudio de Marisela Sotelo sobre el impacto del acceso a los servicios de agua y saneamiento sobre la desnutrición crónica infantil: evidencia del Perú, muestra que la evaluación del impacto del acceso al agua, para el 2015 disminuye la incidencia o prevalencia de enfermedad en 1.83%.

En la investigación que realizan Sotelo y Venero, Brechas en el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento: ¿cómo afecta la salud de los niños rurales del Perú?, muestran que el impacto del acceso al agua en las enfermedades EDA y Anemia disminuyen en 2,5% y 1,8% respectivamente.

Asimismo, Max Carbajal en su estudio Evaluación del Impacto del Saneamiento en el Perú: Efectos Sobre la Salud, encuentra que el acceso al agua de calidad disminuye en 3.60% la prevalencia de enfermedad diarreica aguda.

A continuación, se muestra un cuadro comparativo de los estudios realizados en nuestro país, indicados en la presente investigación los cuales utilizan diversos métodos de estimación:

Tabla 26

Cuadro Comparativo de estudios en el Perú

Estudio	Enfermedades	Autor	Método		Resultados - Efecto Marginal Relacionado sólo al Acceso de Agua de Calidad con Prevalencia de Enfermedad	
			Denominación	Tipo de Variables de Control	Enfermedad Diarreica Aguda - EDA	Anemia
El Impacto del Acceso a los Servicios de Agua y Saneamiento sobre la Desnutrición Crónica Infantil: evidencia del Perú	Desnutrición Crónica Infantil - DCI	Marisela Sotelo	Propensity Matching Score - PMS	Sólo incorpora variables observables. Por lo tanto, un potencial problema de Endogeneidad	-	-
Brechas en el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento: ¿cómo afecta la salud de los niños rurales del Perú?	Desnutrición Crónica Infantil - DCI, Enfermedad Diarreica Aguda - EDA y Anemia	Hildegarde Venero, Julio Venero y Marisela Sotelo	Regresión Logística - Logit	Sólo incorpora variables observables. Por lo tanto, un potencial problema de Endogeneidad	2.50%	8.20%
Evaluación del Impacto del Saneamiento en el Perú: Efectos Sobre la Salud	Enfermedad Diarreica Aguda - EDA	Max Carbajal	Propensity Matching Score - PMS	Sólo incorpora variables observables. Por lo tanto, un potencial problema de Endogeneidad	3.60%	-
Evaluación del impacto del acceso al agua de calidad sobre la prevalencia de enfermedades diarreicas agudas, infecciones respiratorias agudas y anemia en la salud infantil en el Perú: un enfoque probit bivariado	Enfermedad Diarreica Aguda - EDA, Infecciones Respiratoria Agua - IRA y Anemia	José Zavala Muñoz	Probit Bivariado	Incorpora Variables Observables y No Observables. Por lo tanto, corrige potenciales problemas de endogeneidad	3.35%	9.50%

9. Conclusiones, recomendaciones y agenda pendiente

9.1 Conclusiones

1. De acuerdo con el objetivo principal planteado en la presente investigación, considerando abordar el problema de endogeneidad por la presencia de variables omitidas, de la estimación de los modelos econométricos del enfoque biprobit, se concluye que el acceso a agua de calidad tiene un efecto positivo sobre el bienestar de la población, en particular el acceso al agua de calidad disminuye la probabilidad que la población de niños menores de 5 años presente prevalencia de enfermedades como el EDA, IRA y anemia.
2. La ausencia temporal de la madre en el hogar, medido por el número de horas que le toma recolectar el agua, tiene un efecto negativo sobre la salud de los niños menores de 5 años, en particular sobre enfermedades como el EDA, IRA y anemia. A través de los modelos econométricos estimados se obtiene evidencia que la ausencia temporal de la madre para realizar actividades de recolección de agua perjudica la salud de los niños menores de 5 años. Una posible causa de este efecto es que cuando la madre debe ausentarse del hogar para recolectar agua, los niños permanecen sin supervisión adulta, lo que incrementaría la probabilidad de desarrollar enfermedades.
3. Cuanto mayores son los activos de los hogares y la calidad de los materiales con los que se ha construido la vivienda donde reside el hogar, menor es la probabilidad que los niños menores de 5 años desarrollen enfermedades como la EDA, IRA y anemia. Estas variables capturarían el efecto de la riqueza del hogar.
4. El nivel de hacinamiento en las viviendas donde reside el hogar influye positivamente en la prevalencia de enfermedades como el EDA, IRA y anemia en niños menores de 5 años. En parte se explica este efecto por relación positiva entre el hacinamiento y la tasa de propagación de enfermedades infectocontagiosas. En particular la EDA y el IRA tienen una naturaleza

infectocontagiosa. Asimismo, una de las causas de la anemia es la parasitosis la cual también es de naturaleza infectocontagiosa. Adicionalmente, este efecto se incrementa en presencia de animales en el hogar.

5. El clima y las condiciones geográficas también tienen efectos sobre la prevalencia de enfermedades como el EDA, IRA y anemia. Por ejemplo, si un hogar reside en la Costa disminuye en 1.4% y 9.85 la probabilidad que niños menores de 5 años desarrollen EDA y anemia, respectivamente, mientras que incrementa en 2.6% la probabilidad que desarrolle IRA. Por otro lado, en el caso que el hogar resida en la Sierra, disminuye la probabilidad en 1% y 3.3% que niño de 5 años desarrollen EDA e IRA, respectivamente.
6. En el caso que las familias realicen actividades ganaderas o agrícolas tiene un efecto positivo sobre la prevalencia de IRA en menores de 5 años, pero negativo sobre la prevalencia de EDA y anemia. Una posible explicación al respecto es el compartir espacios comunes entre los integrantes del hogar y los animales quienes contaminan el suelo y lo propagan (medio de transporte de restos fecales), termina siendo un vector de transmisión en el contagio del IRA. Por otro lado, si bien la presencia de animales de granja también podría constituir un vector de transmisión para el contagio de EDA, estos animales de granja también constituyen una fuente de ingresos o de alimentación adicional, por lo cual el efecto podría ser negativo sobre el EDA y la anemia.

9.2. Recomendaciones de Políticas

El presente estudio evidencia la importancia y la prioridad que debe tener la atención de la política de acceso a los servicios de agua y saneamiento en el Perú por su incidencia en la salud Pública.

En nuestro país por muchos años, se ha observado el problema del acceso a los servicios de agua y saneamiento como el cierre de brechas de infraestructura física ponderando en mayor medida la

ejecución de proyectos de inversión sin evaluar el impacto que tiene en la salud pública la atención de este servicio. Recientemente en agosto del año 2020 se aprobó la Política Nacional Multisectorial de Salud al 2030 “Perú, país Saludable”, en la cual establece como una de las causas indirectas a las inadecuadas condiciones de vida que generan vulnerabilidad y riesgos en la salud de la población, el limitado acceso de la población a agua segura, saneamiento y otros servicios públicos.

Los diferentes ámbitos rural y urbano, así como las distintas regiones Costa, Sierra y Selva tienen características sociales, económicas y demográficas que deben ser tomadas en cuenta al momento de diseño de la política. Por ejemplo, el grado de atomización que tienen los prestadores de los servicios de agua y saneamiento en zonas no urbanas de nuestro país, se calculan en aproximadamente 25 mil a nivel nacional (empresas prestadoras, unidades de gestión municipal, organizaciones comunales, operadores privados) con distintos niveles en la calidad de la prestación de este servicio. En ese sentido el ente rector ha diseñado la política de integración de prestadores la cual busca generar la mejora en los procesos de estos y por lo tanto un servicio de mayor calidad en beneficio de los ciudadanos. Sin embargo, hay prestadores de las zonas rurales que no son afines a esta política por lo que deberá diseñarse un modelo que muestre en los diferentes indicadores de calidad, las mejoras del servicio al integrarse con el mayor prestador de su región.

La brecha de cobertura (acceso) si bien ha disminuido sustancialmente en el ámbito urbano, debemos indicar que en el ámbito rural aún es muy limitado, observándose el diseño de políticas que han estado centradas en el acceso al agua (conexiones domiciliarias) y de manera más limitada al saneamiento (cobertura de alcantarillado); esta evidencia es mayor en la Selva. Asimismo, la no atención de zonas urbanas periféricas dentro del contrato de explotación de una empresa prestadora ha generado un mercado negro de provisión de agua potable a través de camiones cisterna cuyo costo asciende en promedio a 15.25 soles el metro cúbico de agua, pagando al mes el poblador un promedio de S/. 60 soles mensuales. Debemos indicar que la atención a través de camiones cisterna no son considerados servicios

de saneamiento, dado que no está en el marco del acceso a una red pública. En ese sentido, es necesario evaluar por parte del ente rector la aplicación de un subsidio cruzado entre los servicios de saneamiento y la atención del servicio prestado a través de camiones cisterna.

No se ha tomado en cuenta los beneficios económicos derivados de mejores servicios de saneamiento los cuales se traducen en una mejora de la productividad de los futuros adultos al reducir, a través de este servicio, los impactos que pueden tener enfermedades como la anemia en el nivel cognoscitivo y problema de aprendizaje de los niños menores de edad.

Asimismo, debe estimarse la reducción del gasto en salud que puede significar la mejora de los servicios de agua y saneamiento. La presente investigación ha estimado el impacto en la prevalencia de enfermedades como el EDA, IRA y Anemia al contar con acceso a agua de calidad (agua clorada), pero el estudio debe complementarse con el análisis o impacto de contar con servicio de red de saneamiento (alcantarillado).

Es conocido que la construcción de las redes de agua y saneamiento son proyectos que pueden tener un ciclo de vida que significa una desatención de estos servicios, los cuales pueden ser mitigados con acceso a cloro para la adecuada desinfección del agua que puede estar almacenada, convirtiéndola en agua apta para consumo humano. Por lo tanto, se debería implementar una política intensiva de acceso a este insumo a través de las municipalidades de todo el país con un adecuado proceso de supervisión y monitoreo de la calidad de la prestación del servicio realizada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, que desde el año 2017 amplió sus competencias al ámbito periurbano y rural.

La atención de los servicios de agua y saneamiento deben fortalecer el componente del tratamiento de aguas residuales dadas las características de las actividades como la agricultura y la ganadería que pueden tener hogares en distintas regiones del país. En nuestro país existe un déficit de plantas de tratamiento a nivel nacional, de acuerdo al último estudio realizado por GIZ y la SUNASS se

identificaron 204 Plantas de Tratamiento de aguas residuales – PTAR construidas y en construcción. En el ámbito de las EPS existen 172 de las cuales están operando 144.

Desde las políticas de salud implementadas en nuestro país, para la atención de la anemia se ha priorizado su atención a través de la provisión de hierro, así como la deficiencia de folato y las vitaminas A y B12, pero es necesaria la atención que generan las infecciones como la parasitosis intestinal que afectan la absorción de los nutrientes de una adecuada alimentación.

9.3. Agenda Pendiente

Fortalecer una adecuada articulación de las políticas de los sectores de saneamiento, salud, vivienda y economía. La asignación de mayores recursos presupuestales al sector saneamiento es prioritario dada el retorno de cada sol invertido en los servicios de agua y saneamiento y su impacto en la reducción de gastos en salud que ello implica.

Fortalecer las labores del organismo regulador y fiscalizador con la finalidad de que pueda realizar una adecuada supervisión y fiscalización de la prestación de los servicios de agua y saneamiento a todos los prestadores a nivel nacional. Asimismo, otorgar a través del Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento el financiamiento correspondiente para la atención de proyectos de las empresas prestadoras bajo su responsabilidad.

Diseñar una adecuada política de cloración a nivel nacional que puede ser financiada por el gobierno central a todas las municipalidades provinciales o distritales de nuestro país para lo cual deberán fortalecer las capacidades de las que operan las áreas técnicas municipales – ATM, quienes conocen la realidad de la prestación del servicio en sus ámbitos de atención.

Asimismo, con relación a las características de las viviendas se observa que esta influye en la prevalencia de estas enfermedades sobre todo en la región de la Costa, por lo que es necesario que el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, a través del Viceministerio de Vivienda implementen

proyectos y mecanismos de financiamiento sostenible relacionados a otorgar bonos o créditos para mejorar la calidad de la vivienda de los barrios urbano-marginales y barrios rurales. Ello debe ir complementado con un proceso ordenado de crecimiento de los centros poblados reduciendo la tugurización manifestada en los niveles de hacinamiento que existe actualmente.

Diseñar una sola ruta de las inversiones en el sector saneamiento, es decir que los Planes Regionales de Saneamiento que formulen y aprueben los gobiernos regionales debe estar articulado al diagnóstico y líneas de acción de el Plan Nacional de Saneamiento. Dicha información debe ser recogida en instrumentos como la programación multianual de inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas-MEF, el plan regional de saneamiento del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento – MVCS y el Plan Maestro Optimizado de las Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento-SUNASS. Esto permitirá diseñar adecuadamente una estructura de financiamiento: a través de tarifas, transferencias y/o asignaciones presupuestales para un cierre brechas consistente, oportunos y sostenibles.

Es necesario, además un cambio en el diseño de las políticas a través de las consultas ciudadanas para que los usuarios de los servicios participen de la identificación de los problemas en este sector, lo cual ayudará a revelar, entre otros, el grado de valoración por este servicio. En ese sentido es necesario tener una adecuada política de comunicación de los diferentes sectores involucrados para crear conciencia y educación en el uso del recurso escaso como es el agua y de adecuadas prácticas de higiene que deben tener los hogares de nuestro país.

10. Bibliografía

- Arnold, B. F., & Colford, J. M. (2007). Treating water with chlorine at point-of-use to improve water quality and reduce child diarrhea in developing countries: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 76(2), 354–364.
- Bellido, J., Barcellos, C., Barbosa y Francisco Inacio Bastos (2010). Saneamiento ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública* 28(2).
- Bhattacharya, J., Currie, J. & Haider, S. (2004). 'Poverty, food insecurity, and nutritional outcomes in children and adults', *Journal of Health Economics*, 23(4), 839–62.
- Braind, A., Nauges, C., Strand, J., & Travers, M. (2010). The impact of tap connection on water use: The case of household water consumption in Dakar, Senegal. *Environment and Development Economics*, 15(01), 107–126.
- Cameron, L. (2009). Does "improved" sanitation make children healthier? Household pit latrines and child health in rural Ethiopia. *Working Paper* (42): University of Oxford. Department of International Development. Young Lives.
- Cameron, L., Olivia, S. & Shah, M. (2013). 'Impact evaluation of a large-scale rural sanitation project in Indonesia', *Working Paper World Bank*.
- Cameron, C. (s.f.). *Micro econometrics - Methods and Applications*. Cambridge University Press.
- Carrasco, F. (2013). *Impacto del Consumo de Agua potable sobre la salud de los hogares del Perú*. Scielo.org.pe.
- Carbajal, M. (2014). *Documento de trabajo N°01-2014*. Gerencia de Regulación Tarifaria. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento-SUNASS.

- Clasen, T., Cairncross, S., Haller, L., Bartram, J., & Walker, D. (2007). Cost-effectiveness of water quality interventions for preventing diarrheal disease in developing countries. *Journal of Water and Health*, 5(4), 599–608.
- Coffey, D., Gupta, A., Hathi, P., Khurana, N., Spears, D., Srivastav, N. and Vyas, S. (2014). 'Revealed preference for open defecation', *Economic and Political Weekly*, 49(38), 43.
- Coffey, D., Geruso, M. y Spears, D. (2017). Sanitation, disease externalities and anemia: evidence from Nepal. *The Economic Journal*, 1395-1432. John Wiley & Sons Ltd on behalf of Royal Economic Society.
- Decreto Supremo N° 018-2017- VIVIENDA. (2017). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento-MVCS. Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021.
- Ferreira Da Costa, M. (s.f.). *Os Impactos do Saneamento Básico nos estados brasileiros sobre os indicadores dominantes de saúde*. Teses de Mestrado, Escola de Graduados de Economia Fundação Getúlio Vargas.
- Figallo, M. y Vergara K. (2014). La Amazonía peruana hoy. *Amazonia peruana y desarrollo económico*, 47-100
- Galdo, V. y Briceño, B. (2005). An Impact Evaluation of a Potable Water and Sewerage Expansion in Quito: Is Water Enough? Office of Evaluation and Oversight, Inter- American Development Bank. *Working Paper: OVE/WP-01/05*.
- Greene, W. (2018). *Econometric Analysis*. The Stern School of Business, New York University.
- Jalan, J. & Ravallion, M. (2001). *Does Piped Water Reduce Diarrhea for Children in Rural India?* World Bank-Development Research Group.
- Jeffrey, G. y Wooldrige, M. (2010) *Introducción a la Econometría- Un enfoque Moderno* 4ta edición.
- Mattos, E., Pinto, C. & Teixeira, L. (2015). *Sanitation and Health: Empirical evidence for Brazilian Municipalities*. Sao Paulo School of Economics.

Ministerio de Salud MINSA. (2018). *Situación de Salud del Perú, Indicadores Básicos 2012*. Dirección General de Salud Ambiental.

Muhammed A. Usman, Gerber, N. & Braun, J. (2018). The Impact of Drinking Water Quality and Sanitation on Child Health: Evidence from Rural Ethiopia. *The Journal of Development Studies*.

Spears, D. (2012). '*Effects of rural sanitation on infant mortality and human capital: evidence from a local governance incentive in India*', Princeton University Working Paper.

Stock, J. y Watson, M. (2012). *Introducción a la Econometría*. 3ra. edición.

Venero, H., Venero J. y Sotelo, M. (s.f.). Brechas de Acceso a los servicios de Agua y Saneamiento: ¿Cómo afecta la salud de los niños rurales del Perú? *Sepia XVI-Perú: el problema agrario en debate*.

Vidalón, J. (dic. 2020). *Mesa de Lucha contra la pobreza - Situación de los Servicios de Agua y Saneamiento en el ámbito rural disperso*.

Whittington, D., Radin, M. & Jeuland, M. (2020). Evidence-based policy analysis? The strange case of the randomized controlled trials of community-led total sanitation. *Oxford Review of Economic Policy*, 36(1).

Yang, K., LeJeune, J., Alsdorf, D., Lu, B., Shum, CK., Liang, S. (2012) Distribución global de brotes de enfermedades infecciosas asociadas al agua. *PLoS Negl Trop Dis* 6 (2): e1483.