



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS,  
ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMÍA



**TESIS:**

---

**Acceso a agua segura: El cloro residual en el sistema de  
distribución de agua y su impacto en la salud de los hogares de la  
ciudad del Cusco, 2016-2020**

---

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Macroeconomía y políticas económicas

**PRESENTADO POR:**

Bach. Noemi Maribel Quenaya Quin.

Orcid: 0009-0004-3122-5998

Bach. Sorayda Rodriguez Choque.

Orcid: 0009-0000-9950-2390

Tesis para optar al título profesional de Economista.

**ASESOR:**

Dr. Aurelio Vargas Jibaja

Orcid: 0000-0002-4203-9646

**CUSCO - PERÚ  
2023**



<b>Datos del autor</b>	
Nombres y apellidos	Noemi Maribel Quenaya Quin Sorayda Rodriguez Choque
Número de documento de identidad	71791783 48467623
URL de Orcid	<a href="https://orcid.org/0009-0004-3122-5998">https://orcid.org/ 0009-0004-3122-5998</a> <a href="https://orcid.org/0009-0000-9950-2390">https://orcid.org/ 0009-0000-9950-2390</a>
<b>Datos del asesor</b>	
Nombres y apellidos	Dr. Aurelio Vargas Jibaja
Número de documento de identidad	23938021
URL de Orcid	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4203-9646">https://orcid.org/ 0000-0002-4203-9646</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado (jurado 1)</b>	
Nombres y apellidos	Dr. Tito Livio Paredes Gordon
Número de documento de identidad	23800907
<b>Jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Mgt.Sonia Sofía Delgado Candia
Número de documento de identidad	23807321
<b>Jurado 3</b>	
Nombres y apellidos	DRA. Jeny Lady Fuentes Gamboa
Número de documento de identidad	44421812
<b>Jurado 4</b>	
Nombres y apellidos	MG. Plinio Auccha Baca
Número de documento de identidad	23903562
<b>Datos de la investigación</b>	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Macroeconomía y políticas económicas



# Acceso a agua segura: El cloro residual en el sistema de distribución de agua y su impacto en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco, 2016-2020

por Noemi Maribel Quenaya Quin Sorayda Rodríguez Choque

---

**Fecha de entrega:** 20-abr-2023 02:07p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2070586957

**Nombre del archivo:** TESIS\_CLORO\_NOEMI\_QUENAYA\_Y\_SORAYDA\_RODRIGUEZ.pdf (2.69M)

**Total de palabras:** 20610

**Total de caracteres:** 112139



Dr. Aurelia Verges Sibaja



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y  
CONTABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMÍA



TESIS:

**Acceso a agua segura: El cloro residual en el sistema de distribución de agua y su  
impacto en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco, 2016-2020**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Macroeconomía y políticas económicas

**PRESENTADO POR:**

Bach. Noemi Maribel Quenaya Quin.

Orcid: 0009-0004-3122-5998

Bach. Sorayda Rodriguez Choque.

Orcid: 0009-0000-9950-2390

Tesis para optar al título profesional de Economista.

**ASESOR:**

Dr. Aurelio Vargas Jibaja

Orcid: 0000-0002-4203-9646

CUSCO - PERÚ  
2022



Dr. Aurelio Vargas Jibaja



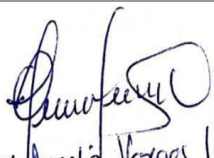
# distribución de agua y su impacto en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco, 2016-2020

## INFORME DE ORIGINALIDAD

%	22%	9%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://www.tidy-finance.org">www.tidy-finance.org</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.sedacusco.com">www.sedacusco.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://rdr.io">rdr.io</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://www.uv.mx">www.uv.mx</a> Fuente de Internet	<1%

  
Dr. Aurelia Vergas Jibaja

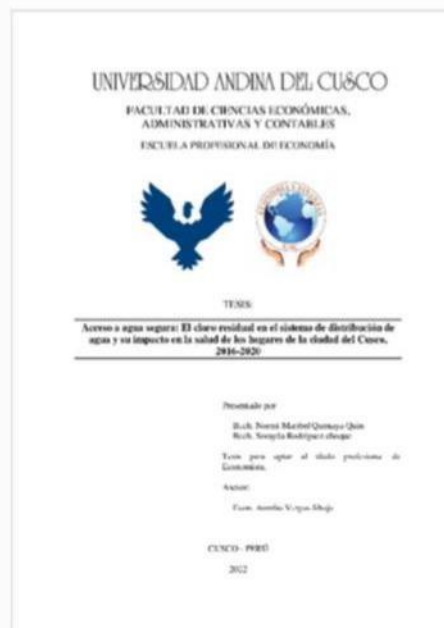


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Título Noemi Maribel Quenaya Quin Sorayda Rodríguez Choque  
del ejercicio: Título de la Acceso a agua segura: El cloro residual en el sistema de dist...  
entrega: Nombre del archivo: Acceso a agua segura: El cloro residual en el sistema de dist...  
Tamaño del archivo: TESIS\_CLORO\_NOEMI\_QUENAYA\_Y\_SORAYDA\_RODRIGUEZ.pdf  
Total páginas: Total de 2.69M  
palabras: Total de 83  
caracteres: Fecha de 20,610  
entrega: 112,139  
Identificador de la entre... 20-abr.-2023 02:07p. m. (UTC-0500)  
2070586957



  
Dr. Aurelia Vargas Sibaja



## **Presentación**

Señor decano de la Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables; y señores miembros del jurado de la Escuela Profesional de Economía, en lo que respecta al cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos, se pone a vuestra consideración la presente investigación intitulada “Acceso a agua segura: El cloro residual en el sistema de distribución de agua y su impacto en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco, 2016 - 2020” con la finalidad de optar por el título profesional de Economista.



### Dedicatoria

Dedicó con todo corazón mi tesis a mis padres y a mi hermanito, pues sin ellos no lo habría logrado dando razón a mi vida por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a Ellos, a mi angelita que me cuida desde el cielo que me motivo a seguir creciendo en la vida por sus buenos consejos y el amor bonito que me brindo aun siendo pequeña, te quiero mucho mi Ros, y a mi amuleto de la buena suerte, mi compañero fiel durante todas las noches de desvelo, que nada más bastaba verte dormido en mi cama para no sentirme solita y trabajar a gusto, gracias Balucito

Noemi Maribel Quenaya Quin

Dedico este trabajo a mi familia, porque siempre me han impulsado a que tengas sueños y esperanzas, también a las personas que siempre estuvieron a mi lado en los días felices, difíciles y horas de estudio, porque estuvieron a mi lado cuando los necesite, les dedico a ustedes este logro querida familia, como una meta más conquistada y orgulloso de que estén a mi lado en un momento tan importante.

Sorayda Rodríguez choque





## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento especial a la Universidad Andina del Cusco por abrirnos las puertas para poder formarnos como buenos profesionales.

A nuestros padres y hermanos(as) por brindarnos su apoyo incondicional y su confianza impulsándonos a seguir el camino correcto querían nuestras vidas.

A nuestro asesor Dr. Aurelio Vargas Jibaja por su comprensión, paciencia y el apoyo que nos dio durante la realización del presente trabajo.

Gracias a Dios, a la virgen del Carmen y al Señor de Torrechayoc por acompañarnos todos los días, darnos la paz y tranquilidad para poder mejorar como personas y profesionales, a nuestras familias por apoyarnos en cada decisión y proyecto.

A nuestros profesores que nos guiaron y nos dieron todo el apoyo para realizar esta investigación. No ha sido nada sencillo el camino hasta ahora, pero gracias por sus aportes, a su amor, a su bondad y su apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Le agradecemos, y hacemos presente nuestro afecto hacia ustedes

Noemi Maribel Quenaya Quin

Sorayda Rodríguez choque



## Índice General

Presentación .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimientos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Índice de abreviaturas .....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix

### Capítulo I Introducción

1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Formulación del Problema .....	3
1.2.1 Problema General.....	3
1.2.2 Problemas Específicos .....	4
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.3.1 Justificación social .....	4
1.3.2 Justificación económica .....	4
1.3.3 Justificación práctica.....	4
1.3.4 Justificación teórica.....	5
1.3.5 Justificación metodológica.....	5
1.3.6 Viabilidad y factibilidad.....	5
1.4 Objetivos de la investigación .....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Delimitación de la investigación.....	6
1.5.1 Delimitación Espacial .....	6
1.5.2 Delimitación Temporal .....	6
1.5.3 Delimitación Conceptual.....	6

### Capítulo II Marco Teórico

2.1 Antecedentes .....	7
2.1.1 Antecedentes Internacionales .....	7
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	8
2.1.3 Antecedentes Locales.....	10
2.2 Bases Teóricas.....	12
2.2.1 El agua como bien público (Hanemann, 2004).....	12
2.2.2 Modelo de Lancaster-Maler de salud pública .....	13
2.2.3 Economía de la provisión y administración de agua (Zhu, 2011).....	14
2.2.4 Modelo de la demanda de salud (Babalola, 2017).....	15
2.2.5 El modelo de Grossman (Grossman, 1972).....	16
2.2.6 Teoría del bienestar de Pareto.....	17
2.2.7 Teoría de la compensación de Karlor-Hicks .....	18
2.3 Formulación de Hipótesis.....	19
2.3.1 Hipótesis General .....	19
2.3.2 Hipótesis Específicas.....	19
2.4 Variables .....	19
2.4.1 Variables .....	19
2.4.2 Conceptualización de variables.....	19
2.4.3 Operacionalización de variables .....	21
2.5 Definición de términos .....	22



### Capítulo III Método de Investigación

3.1	Enfoque de Investigación.....	24
3.2	Diseño de Investigación .....	24
3.3	Alcance de Investigación .....	24
3.4	Población y muestra .....	24
3.4.1	Población.....	24
3.4.2	Muestra .....	25
3.5	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5.1	Técnicas .....	26
3.5.2	Instrumentos.....	26
3.6	Procesamiento de datos.....	26

### Capítulo IV Diagnóstico situacional de salud y economía de la ciudad del Cusco

4.1	Sistema de agua potable.....	27
4.2	Agua segura y cloro residual.....	28
4.3	Indicadores de salud.....	32
4.4	Indicadores económicos.....	35

### Capítulo V Resultados de la investigación

5.1	Presentación de variables y estrategia empírica .....	40
5.2	Resultados respecto a los objetivos específicos .....	42
5.2.1	Sistema de distribución de agua.....	42
5.2.2	Cloro residual y actividad económica del hogar .....	43
5.2.3	Cloro residual y retornos económicos .....	44
5.3	Resultados respecto al objetivo general .....	46
5.4	Modelo econométrico y supuestos .....	47
5.4.1	Modelo econométrico .....	47
5.4.2	Supuestos del modelo de regresión.....	49

### Capítulo VI Discusión

6.1	Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos .....	52
6.2	Limitaciones del estudio.....	53
6.3	Comparación crítica con la literatura existente .....	53
6.4	Implicancias de la investigación .....	55
	Conclusiones .....	56
	Recomendaciones.....	58
	Referencias Bibliográficas .....	59
	Anexos .....	61
	Anexo 1. Matriz de Consistencia .....	61
	Anexo 2. Retornos económicos .....	62
	Anexo 3. Modelos de regresión .....	63
	Anexo 4. Cuestionario Módulo 100 - ENAHO .....	70



## Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de las Variables .....	21
Tabla 2 Muestra de la investigación – Ciudad del Cusco .....	25
Tabla 3 Ciudad del Cusco: Sistemas de abastecimiento .....	27
Tabla 4 Ciudad del Cusco: Fuentes de captación de Agua.....	28
Tabla 5 Ciudad del Cusco: Plantas de tratamiento .....	28
Tabla 6 Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas en hogares sin agua segura, 2016- 2020 .....	30
Tabla 7 Ciudad del Cusco: Nivel de dosificación de cloro en agua mg/Lt por distrito, 2016- 2020 .....	32
Tabla 8 Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con síntomas de malestar en las últimas cuatro semanas, 2016-2020 .....	33
Tabla 9 Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con enfermedad en las últimas cuatro semanas, 2016-2020 .....	35
Tabla 10 Ciudad del Cusco: Ingreso total mensual en soles, 2016-2020.....	35
Tabla 11 Regresión: Sistema de abastecimiento y cloro residual .....	43
Tabla 12 Regresión: Cloro residual y actividad económica del hogar.....	44
Tabla 13 Retornos económicos de brindar agua segura: 2022-2030 .....	46
Tabla 14 Regresión: Cloro Residual y Salud .....	47
Tabla 15 Regresión: Test de autocorrelación .....	49
Tabla 16 Regresión: Test de heterocedasticidad .....	50
Tabla 17 Regresión: Test de colinealidad .....	51



## Índice de figuras

FIGURA 1. Ciudad del Cusco: Densidad empírica de la calidad bacteriológica del agua, 2016- 2019 .....	3
FIGURA 2. Imágenes de fuentes de captación de agua.....	27
FIGURA 3. Ciudad del cusco: Calidad bacteriológica del agua, 2008-2019 .....	29
FIGURA 4. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas en hogares sin agua segura, 2016- 2020 .....	29
FIGURA 5. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas en hogares sin agua segura por distrito, 2016-2020 .....	30
FIGURA 6. Ciudad del Cusco: Nivel de dosificación de cloro en agua mg/Lt, 2016- 202031	
FIGURA 7. Ciudad del Cusco: Nivel de dosificación de cloro en agua mg/Lt, 2016-202031	
FIGURA 8. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con síntomas de malestar en las últimas cuatro semanas, 2016-2020 .....	33
FIGURA 9. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con síntomas de malestar en las últimas cuatro semanas según distrito, 2016-2020 .....	33
FIGURA 10. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con enfermedad en las últimas cuatro semanas, 2016-2020.....	34
FIGURA 11. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con enfermedad en las últimas cuatro semanas por distrito, 2016-2020.....	35
FIGURA 12. Ciudad del Cusco: Ingreso total mensual en soles, 2016-2020 .....	36
FIGURA 13. Ciudad del Cusco: Ingreso total mensual por distritos en soles, 2016- 202037	
FIGURA 14. Ciudad del Cusco: Tasa de desempleo, 2016-2020 .....	37
FIGURA 15. Ciudad del Cusco: Tasa de desempleo por distrito, 2016-2020 .....	38
FIGURA 16. Ciudad del Cusco: Tasa de informalidad, 2016-2020.....	38
FIGURA 17. Ciudad del Cusco: Horas trabajadas por semana, 2016-2020.....	39
FIGURA 18. Cadena causal: Cloro residual y actividad económica del hogar.....	41
FIGURA 19. Ciudad del cusco: Sistemas de Abastecimiento .....	42
FIGURA 20. Q-Q Plot .....	50
FIGURA 21. Gráfico de residuos vs. valores predichos.....	51



### Índice de abreviaturas

ONU – Organización de las Naciones Unidas

ODS – Objetivos de desarrollo sostenible

SEDACUSCO – EPS SEDACUSCO S.A.

INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática DPD -

Dietil-p-fenilen diamina

CWS – Sistema de Agua Comunitario PH

– Potencial de Hidrógeno

SUNASS – Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento



## Resumen

Las Naciones Unidas han reconocido el vínculo fundamental entre el agua potable y el desarrollo sostenible. El acceso al agua potable no solo reduce las enfermedades, sino que también brinda una variedad de beneficios económicos para una comunidad. Sin embargo, la ciudad del Cusco aún cuenta con una brecha de 20 puntos porcentuales de hogares con una calidad bacteriológica inadecuada (falta de cloro residual) en el agua potable. Frente a esta situación, la presente investigación busca estudiar cómo el cloro residual en los sistemas de distribución de agua impacta en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020. La investigación tiene un alcance explicativo, es de tipo descriptivo- correlacional, tiene un diseño no experimental y sigue un enfoque cuantitativo. La muestra se obtiene de la Encuesta Nacional de Hogares y se compone de un total de 3,364 personas encuestadas. Los resultados principales encuentran que un incremento de 1 mg/Lt en la dosificación de cloro genera una reducción de 3.1 puntos porcentuales en la probabilidad de tener un síntoma de malestar (dolor de cabeza, fiebre o náusea), también vemos que reduce la probabilidad de tener una enfermedad asociada a la falta de cloro en 5.6 puntos porcentuales. También se identifica que vivir en un hogar sin agua segura incrementa en 4.3 y 4.5 puntos porcentuales la probabilidad de tener un síntoma o una enfermedad asociada a la falta de cloro. Con relación a los efectos económicos, se encuentra que un incremento de 1 mg/Lt en la dosificación de cloro incrementa el ingreso principal en 67.9 soles mensuales y el ingreso total en 74.21 soles mensuales. También hay una reducción de 2% en la probabilidad de estar desempleado. Finalmente, un análisis de retorno económico muestra que la suma descontada de beneficios netos desde 2030 (con una tasa de descuento del 10%) es de 174 millones de soles. La suma descontada de beneficios netos representa un 2.06% en términos del VAB en el año 2020 de la ciudad Cusco.

*Palabras Clave:* Cloro residual, Agua Segura, Distribución de Agua, Retorno Económico, Valor Agregado Bruto, Actividad Económica



### Abstract

The United Nations has recognized the critical link between safe water and sustainable development. Access to safe water not only reduces disease, but also provides a range of economic benefits for a community. However, the Cusco region still has a gap of 20 percentage points of households with inadequate bacteriological quality (lack of residual chlorine) in drinking water. Faced with this situation, this research seeks to study how residual chlorine in water distribution systems impacts the health of households in the city of Cusco during the 2016-2020 period. The research has an explanatory scope, is descriptive- correlational, has a non-experimental design and follows a quantitative approach. The sample is obtained from the National Household Survey and is made up of a total of 3,364 people surveyed. The main results find that an increase of 1 mg/Lt in the dosage of chlorine generates a reduction of 3.1 percentage points in the probability of having a symptom of discomfort (headache, fever, or nausea), we also see that it reduces the probability of have a disease associated with lack of chlorine in 5.6 percentage points. It is also found that living in a home without safe water increases the probability of having a symptom or disease associated with a lack of chlorine by 4.3 and 4.5 percentage points. Regarding the economic effects, it is found that an increase of 1 mg/Lt in the dosage of chlorine increases the main income by 67.9 soles per month and the total income by 74.21 soles per month. There is also a 2% reduction in the probability of being unemployed. Finally, an economic return analysis shows that the discounted sum of net benefits from 2030 (with a 10% discount rate) is 174 million soles. The discounted sum of net benefits represents 2.06% in terms of GVA in the year 2020 of the Cusco region.

*Keywords:* Residual Chlorine, Safe Water, Water Distribution, Economic Return, Gross Added Value, Economic Activity





## Capítulo I Introducción

### 1.1 Planteamiento del Problema

El acceso a agua segura es fundamental para la salud de los hogares. Por este motivo, desde el año 2015, es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030<sup>1</sup>. Por otro lado, el agua segura, según la ONU es “La capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para mantener los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua, y para preservar los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política”. Sin embargo, a pesar de ser uno de los ODS al 2030, a nivel mundial, una de cada cuatro personas no cuenta con acceso a agua segura. La falta de acceso a agua segura es responsable de la muerte prematura de 1.2 millones de personas (Our World in Data, 2021). La falta de acceso a fuentes de agua potable es uno de los principales factores de riesgo de enfermedades infecciosas, como el cólera, la diarrea, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomieliti. También agrava la malnutrición y, en particular, el retraso del crecimiento infantil.

En Perú, los estudios de (Exum et al., 2018) y (Calzada & Iranzo, 2020), han encontrado que hay deficiencias importantes en la continuidad del suministro del agua, así como en la calidad, saneamiento e higiene general del agua. En particular, se ha estimado que a nivel nacional hay hogares en las ciudades de todo el país con inadecuados niveles de cloro. La falta de cloro en el agua puede generar el crecimiento de bacterias nocivas tales como la *Escherichia Coli* que causa diarrea y desnutrición en el largo plazo (Exum et al., 2018), afectando no solo a indicadores de salud, sino también a indicadores de performance

---

<sup>1</sup> El Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos es uno de los Objetivos de desarrollo sostenible al 2030.



económicos en general. En la ciudad del Cusco, el porcentaje de hogares con cloro residual inadecuado ha ido disminuyendo a lo largo del tiempo según la información del INEI. A inicios del 2008, solo el 35% de los hogares tenía una calidad bacteriológica considerada como segura según la medición del reactivo DPD<sup>2</sup>. Según la cual se considera segura si el resultado del reactivo es mayor o igual a 0.5 mg/Lt. Este valor se incrementó a casi 80% para el año 2019, sin embargo, aún hay una brecha de 20 puntos porcentuales de hogares que cuentan con agua con una calidad bacteriológica inadecuada o incluso que no tienen cloro.

Otra forma de visualizar la brecha en la calidad bacteriológica del agua en la ciudad del Cusco se aprecia en la figura 1. La figura 1 presenta la densidad empírica de la calidad bacteriológica del agua para el período 2016-2019. El área debajo de la línea azul que se encuentra a la izquierda de la línea roja representa al porcentaje de hogares que no cuentan con agua segura. Como se puede apreciar, más de un tercio de los hogares en la ciudad del Cusco no tienen cloro o tienen una cantidad de cloro deficiente para los años 2016-2019. Este problema en la provisión de cloro a los hogares puede haber generado efectos adversos en la salud de la población, posiblemente reduciendo la salud, los outcomes económicos y la calidad de vida en general de la población afectada.

Este problema ha sido estudiado a profundidad en otros contextos internacionales, véase: (Aksan & Vásquez, 2019), (Brown et al., 2017), (Anderson et al., 2018); sin embargo, hay pocas investigaciones regionales que hayan estudiado a profundidad la calidad bacteriológica del agua en la ciudad del Cusco utilizando la medición del reactivo DPD de la ENAHO, es decir, una medición objetiva y cuantitativa de la cantidad de cloro en la fuente de abastecimiento de agua a los hogares.

---

<sup>2</sup> El reactivo DPD (dietil-p-fenilen diamina) es una "mezcla sólida homogénea que se emplea para determinar la presencia de cloro libre o cloro total en aguas desinfectadas con insumos químicos clorados y se presenta en polvo, envasado en sachets de un material trilaminado que evita el



contacto con la luz UV, la contaminación y la humedad” (R-Chemical, 2021).

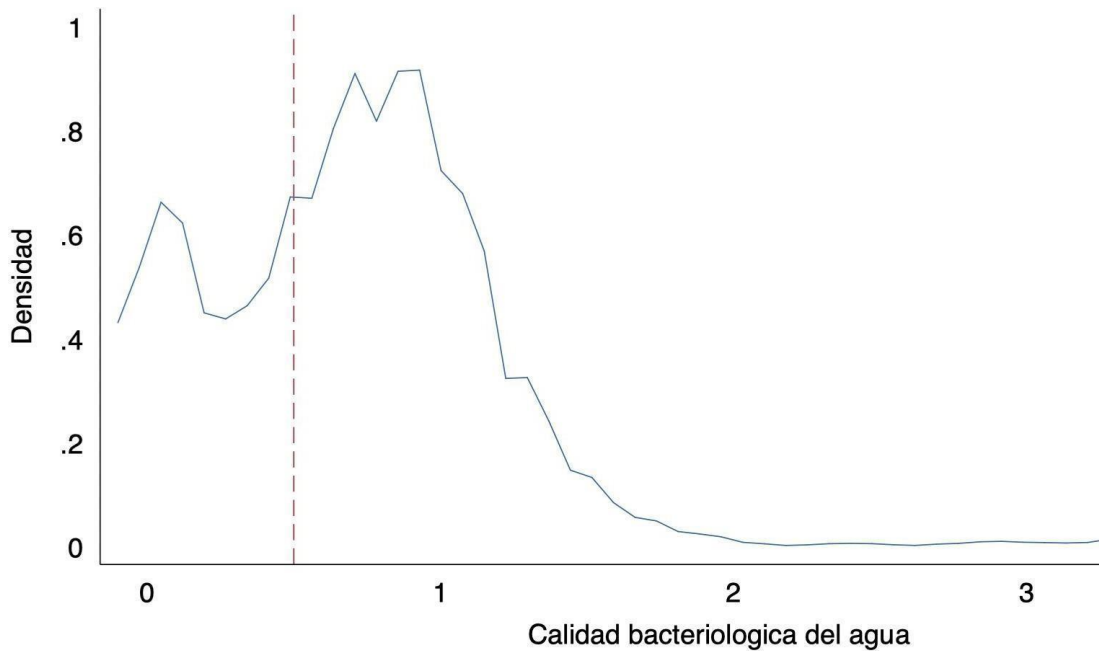


FIGURA 1. Ciudad del Cusco: Densidad empírica de la calidad bacteriológica del agua, 2016-2019

*Notas:* Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática. Línea roja muestra el punto de corte entre agua segura y agua inadecuada. (Mayor o igual a 0.5 mg/Lt). Inadecuada dosificación de Cloro (De 0.5 mg/Lt a 0). Sin Cloro (0.0 mg/Lt). Medición se realiza con el Reactivo DPD (dietil-p-fenilen diamina).

Es en este sentido que la investigación busca llenar este vacío en la literatura local y estimar el impacto del cloro residual en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco para el período 2016-2020 empleando información del reactivo DPD para medición de cloro. Se plantea utilizar un modelo de efectos fijos que aborde este problema a nivel de conglomerados en la ciudad. Dividiendo a los conglomerados en grupos según su nivel de dosificación de cloro. La investigación será útil a nivel de políticas de saneamiento tanto para la Dirección de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la Gerencia Regional de Salud y para la empresa SEDACUSCO, responsable de la provisión de agua potable a la ciudad del Cusco.

## 1.2 Formulación del Problema

### 1.2.1 Problema General

¿Cuál es el impacto del cloro residual en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020?



### **1.2.2 Problemas Específicos**

- ¿Cómo afecta el sistema de distribución de agua potable a la concentración de cloro en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020?
- ¿Cuál es el impacto del cloro residual en la actividad económica de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020?
- ¿Cuál es el retorno económico de brindar agua segura en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020?

### **1.3 Justificación de la investigación**

#### **1.3.1 Justificación social**

La relevancia social de la investigación radica en la posibilidad de estimar el efecto de la calidad del agua en indicadores de salud de los hogares de la ciudad del Cusco. La identificación de aquellos hogares con una cobertura inadecuada de cloro o que no reciben cloro permitirá al gobierno regional a proponer proyectos a fin de cerrar la brecha entre aquellos lugares que tienen una calidad bacteriológica inadecuada o simplemente carecen de ella.

#### **1.3.2 Justificación económica**

La investigación realiza una estimación de los retornos económicos de brindar agua segura hasta el período 2030. La identificación de un VAN positivo y un TIR con un porcentaje de rentabilidad alto permite justificar una mayor inversión para la empresa SEDACUSCO y para el retorno social de la ciudad del Cusco

#### **1.3.3 Justificación práctica**

La investigación permite a la empresa SEDACUSCO a identificar los conglomerados que tienen una deficiente cantidad de cloro en el agua, y de esta forma, diseñar un proyecto que mejore la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento de la ciudad, que incluyen a los sistemas de Vilcanota, Piuray, Kor Kor y Salkantay.



#### **1.3.4 Justificación teórica**

El valor teórico de la investigación se encuentra en el avance de las teorías del bienestar ligadas a la economía de la salud, tales como la teoría de la eficiencia de Pareto, el criterio de Scitovski y el criterio de compensación de Kaldor-Hicks.

#### **1.3.5 Justificación metodológica**

La investigación utiliza técnicas econométricas que permiten estimar el efecto de la falta de cloro residual en la salud de los hogares. Estas técnicas estadísticas son empleadas no solo en la ciencia económica, sino también en las ciencias de la salud. De esta forma, la utilidad metodológica de la investigación se encuentra en el uso de un modelo de efectos fijos para un problema que no ha sido estudiado a profundidad en el campo de la ciencia económica.

#### **1.3.6 Viabilidad y factibilidad**

La investigación es factible ya que se cuenta con información a nivel de vivienda de la calidad bacteriológica del agua para el período de estudio. De la misma forma, se cuenta con información detallada de las enfermedades de cada miembro del hogar para la ciudad del Cusco. Las principales fuentes de información son la Encuesta Nacional de Hogares, que provee de la información requerida en los módulos de vivienda, y los muestreos de calidad bacteriológica realizados por SEDACUSCO S.A.

### **1.4 Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar el impacto del cloro residual en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar cómo afecta el sistema de distribución de agua potable a la concentración de cloro en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.



- Determinar el impacto del cloro residual en la actividad económica de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.
- Determinar el retorno económico de brindar agua segura en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.

## **1.5 Delimitación de la investigación**

### **1.5.1 Delimitación Espacial**

La investigación se delimita a la ciudad del Cusco, cuyo sistema de abastecimiento es proveído por la EPS SEDACUSCO S.A, e incluye los sistemas de abastecimiento de los ríos Vilcanota, Piuray, Kor Kor y Salkantay.

### **1.5.2 Delimitación Temporal**

La investigación se delimita al período 2016-2020, se decide utilizar este período de estudio dado que la Encuesta Nacional de Hogares desde el 2016 incluye la medición de la calidad bacteriológica del agua (medido a través del reactivo DPD - dietil-p-fenilén diamina). Según la cual se considera segura si el resultado del reactivo es mayor o igual a 0.5 mg/Lt.

### **1.5.3 Delimitación Conceptual**

La investigación utiliza conceptos asociados a las ramas de la economía de la salud y la economía de desarrollo. También se utilizan términos de agua segura, retornos económicos, entre otros.



## Capítulo II Marco Teórico

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

Tratamiento de agua con plantas de tratamiento descentralizadas, evidencia de Andhra Pradesh (Jeuland et al., 2021)

Las instalaciones de tratamiento de agua potable altamente avanzadas a nivel comunitario se consideran cada vez más como soluciones de suministro de agua en lugares donde los sistemas de agua por tubería internos son inexistentes o poco confiables. Estos sistemas utilizan tecnologías combinadas, como filtración avanzada más desinfección ultravioleta y tratamiento con cloro, que se sabe que son muy eficaces para la eliminación de patógenos y otros contaminantes del agua. Sin embargo, existe una escasez de evidencia rigurosa sobre si el modelo de tratamiento a nivel comunitario brinda calidad del agua, salud u otros beneficios a los hogares que obtienen agua de ellos.

Este documento utiliza un enfoque cuasi-experimental que combina la construcción de grupos contrafácticos de aldeas y hogares y una metodología de diferencias en diferencias para examinar tales impactos. Encuentran bajas tasas de abastecimiento de agua de las instalaciones (~ 10%) y poca evidencia de beneficios entre los hogares que viven en aldeas que reciben un sistema de agua comunitario (CWS). Particularmente entre los usuarios del CWS, también observan aumentos a corto plazo en la cantidad de fuentes de agua potable utilizadas y en los gastos mensuales en agua potable combinados con disminuciones en el tratamiento interno del agua y tasas más altas de enfermedades diarreicas entre los niños. . A largo plazo, a medida que el modelo CWS se extendió por toda la región, observan que la mayoría de las diferencias entre los hogares de las comunidades tratadas y de control se desvanecen. Estos hallazgos sugieren que se justifica la precaución y un escrutinio adicional





antes de concluir que tales sistemas brindan agua más segura a los hogares en comunidades que enfrentan problemas de calidad del agua potable.

- Reexaminando la contribución de los esfuerzos de salud pública a la disminución de la mortalidad urbana (Anderson et al., 2018)

Utilizando datos sobre 25 ciudades estadounidenses importantes para los años 1900- 1940, el estudio revisa las causas de la disminución de la mortalidad urbana a principios del siglo XX. Siguiendo a investigadores anteriores, se explora hasta qué punto la filtración y agua potable y la inclusión de cloro contribuyó a la disminución de la mortalidad por tifoidea observada durante el período de estudio y, de manera más general, a las disminuciones observadas en la mortalidad total e infantil. Se estudian intervenciones como el tratamiento de aguas residuales y el establecimiento de estándares bacteriológicos, proporcionan nueva evidencia sobre los efectos de la filtración y cloración del agua, ampliando el trabajo de estudiosos anteriores.

Se encuentra que el filtrado del suministro de agua municipal redujo drásticamente la mortalidad por tifoidea. La filtración de agua también se asocia con una disminución (estadísticamente insignificante) del 1-2 por ciento en la mortalidad total y una disminución del 11-12 por ciento en la mortalidad infantil. Sin embargo, estas últimas estimaciones son considerablemente más pequeñas que las encontradas por investigadores anteriores. Finalmente, se encuentra poca evidencia de que otras intervenciones a nivel municipal, como la cloración del suministro de agua, la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales y el establecimiento de estándares bacteriológicos, fueran efectivas.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

- Estudio longitudinal de las características del agua, el saneamiento y la higiene en los hogares en niños menores de 24 meses en Iquitos, Perú (Exum et al., 2018)



Este estudio investiga las asociaciones entre las características de agua, saneamiento e higiene de los hogares en una cohorte longitudinal de niños menores de 24 meses de edad en el sitio de Iquitos, Perú. Se plantea la hipótesis de que mejoras razonables en la infraestructura de agua y saneamiento y las prácticas higiénicas (como la aplicación de cloro en el agua), en relación con la transmisión de patógenos, podrían mejorar la estructura y función del intestino delgado.

Se examina un conjunto completo de variables como saneamiento e higiene, junto con una caracterización en profundidad de las prácticas de almacenamiento de agua, en relación con los biomarcadores (junto con los marcadores de orina y plasma). El sitio de estudio está ubicado a lo largo del río Nanay, un afluente del Amazonas, en tres comunidades periurbanas: Santa Clara de Nanay, Santo Tomás y La Unión. Estas comunidades están ubicadas a unos 15 km fuera del centro de la ciudad de Iquitos y tienen una población combinada de aproximadamente 5,000 personas y una densidad de población de 4.6 personas por metro cuadrado. Se realizaron análisis longitudinales en toda la muestra inscrita hasta los 24 meses de edad. Se descubre que una conexión de agua confiable se asocia con una reducción de enfermedades, más prominentemente en hogares con servicio higiénico, los investigadores recomiendan utilizar plantas de tratamiento con cloro para reducir las posibles enfermedades causadas con agua contaminada.

- Los efectos de un mejor acceso al agua y al saneamiento en la diarrea infantil menor de cinco años en Perú (Ballard, 2017)

Este estudio busca evaluar el efecto del desarrollo mejorado de infraestructura de agua y saneamiento sobre la morbilidad infantil en Perú mediante la investigación de la diarrea en niños menores de cinco años. Las enfermedades relacionadas con el acceso deficiente o la falta de acceso a agua potable, saneamiento e higiene tienen un impacto negativo en la salud, la educación y el desarrollo en todo el mundo y causan millones de



muerter de niños cada año. Los resultados de salud asociados con la falta de acceso a agua potable y saneamiento están subvalorados.

Los datos de niños, familias y hogares de las Encuestas de Demografía y Salud (DHS) del Perú se utilizaron para evaluar la asociación entre el acceso al agua y el saneamiento y la diarrea en niños menores de cinco años mediante un análisis de regresión logística. Este estudio encontró una asociación entre la diarrea de menores de cinco años y un mejor acceso al saneamiento, la edad actual del niño y la interacción entre el acceso al agua potable y la región natural. La eliminación segura de las heces del niño pareció proteger contra la diarrea, pero no fue estadísticamente significativa. El saneamiento mejorado fue protector, siendo los más jóvenes un mayor riesgo de diarrea con los 6-11 y 12-23 meses con las probabilidades más altas, y aquellos que viven en la selva tropical con agua mejorada y no mejorada. el acceso tuvo un mayor riesgo de diarrea. La región natural es el factor principal que predice el riesgo de diarrea, así como el tipo de agua potable, específicamente para quienes viven en la región natural de la selva tropical. La región de la selva tropical de Perú tiene las tasas más altas de diarrea y la mayor proporción de personas pobres. Al igual que con muchas enfermedades, investigaciones posteriores en regiones y estados peruanos sugieren que podrían estar en juego causas multifactoriales de enfermedades diarreicas.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

- Determinación del coeficiente de variación de la demanda diaria y horaria de agua potable de la ciudad del Cusco (Wilson, 2017)

La investigación identifica coeficientes de variación de demanda horaria y diaria de agua potable, y cómo esta se ajusta a los recomendado por el reglamento Nacional de edificaciones. Se calcularon los caudales de ingreso y salida proporcionadas por las líneas de cada sistema de abastecimiento de agua potable.



“Para determinar éstos coeficientes se tomaron los dos sistemas de abastecimiento más grandes de la Ciudad del Cusco los cuales abastecen a más del 80% de la demanda de la población, el sistema Piuray y el sistema Vilcanota, de éstos sistemas se tomaron los reservorios representativos. Se utilizaron los formatos manuales usados por SEDACUSCO en el cual se hace un registro horario de ingresos y salidas del caudal de cada reservorio. Posteriormente se ha tomado en cuenta el mes más representativo de cada estación para el cálculo anual de los caudales anuales totales”

Los resultados de la evaluación encuentran que hay un coeficiente de variación de la demanda de agua diaria de “de 1.236 con una diferencia de 4.92% de variación respecto al establecido por el RNE que es 1.3 y un coeficiente de variación de la demanda horaria de agua potable (k2) de 2.063 con una diferencia de 114.61% de variación con el establecido por el RNE que es 1.8. En conclusión, los valores de K1 y K2 varían respecto a los establecidos por el RNE”.

- El Marketing social y su influencia en el uso adecuado del agua potable, en los usuarios de la EPS. Sedacusco en el 2017 (Alvarez, 2019)

La investigación se centra en el uso adecuado de agua potable en la ciudad del Cusco, que según los investigadores, es un tema de responsabilidad ambiental que debe involucrar a toda la sociedad y que se ha trabajado muy poco, en particular en instituciones ligadas a su tratamiento.

“El problema a resolver en la investigación es: ¿Será influyente la formulación y posterior aplicación de un Plan de Marketing Social en el Uso adecuado de Agua Potable para promover conductas apropiadas en los usuarios de la EPS. SEDACUSCO S.A? Por lo cual el objetivo consiste en formular un plan de Marketing Social respecto al Uso Adecuado de Agua Potable para influir en conductas apropiadas en los usuarios. Para lograr este objetivo será necesario conocer la conducta del usuario promedio y estudiar los alcances de



las acciones que realiza la empresa sobre este tema.” Se utiliza una metodología de tipo básica, con un enfoque cuantitativo, no experimental de alcance correlacional, con una población de estudio de 397 encuestados.

La investigación recomienda que la empresa EPS. SEDACUSCO S.A. Debe aplicar un plan adecuado de Marketing Social en el uso adecuado de agua potable para satisfacer la necesidad social en recursos limitados, es una función principal para empresas prestadoras de servicios de saneamiento.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 El agua como bien público (Hanemann, 2004)**

Según esta teoría, los economistas han establecido una distinción entre los bienes de mercado convencionales -también conocidos como bienes privados- y los que se conocen como bienes públicos, "que gozan todos en común". Las dos propiedades clave de un bien público son la no rivalidad en el consumo y la no exclusión. Con los bienes convencionales, el consumo de una persona compite necesariamente con el de otra, en el sentido de que un mayor consumo de una persona hace que una cantidad menor de ese bien esté disponible para el consumo de cualquier otra persona. En cambio, en el caso de los bienes públicos, un mayor consumo de una persona no reduce en modo alguno la cantidad disponible para otras. Los bienes de consumo convencionales son excluibles en el sentido de que, si así se desea, es físicamente posible excluir a cualquier persona del consumo de la mercancía. Con los bienes públicos, por el contrario, si el bien está disponible para el consumo de cualquiera, está disponible para el consumo de todos.. La reducción de la contaminación en un lago es otro ejemplo de un bien público, al igual que otros tipos de mejora ambiental: el agua limpia en el lago de ninguna manera reduce la cantidad de agua limpia disponible para su disfrute (no rivalidad) y , si el agua del lago está limpia para que yo la disfrute, está limpia para el disfrute de todos (no excluyente)



En este marco, el agua es tanto un bien privado como un bien público. Cuando el agua se usa en el hogar, en una fábrica o en una granja, es un bien privado. Cuando el agua se deja in situ, ya sea para la navegación, para que la gente disfrute de la vista o para la recreación, o como hábitat acuático, está funcionando como un bien público. Además, si bien el agua de un depósito es un bien privado, la capacidad de almacenamiento del depósito en sí puede ser un bien público. Por el contrario, la mayoría de los demás productos básicos asociados con la comida, la ropa o el refugio son bienes puramente privados y no tienen un aspecto de bienes públicos; Este es uno de los aspectos en los que el agua es diferente de estos otros productos básicos en términos económicos.

### **2.2.2 Modelo de Lancaster-Maler de salud pública**

En este modelo se supone que el consumidor tiene una función de utilidad definida sobre el consumo mensual durante todo el año y también sobre otras mercancías cuyo consumo se denota por  $z$  (que puede ser un vector o un escalar). La importancia de esta formulación es que conduce a funciones de demanda separadas para el consumo en cada mes. La demanda de agua en el  $i$ -ésimo mes estará en función del precio del agua en ese mes, los precios del agua en los otros meses (que pueden no ser diferentes) y el precio de  $z$ , así como los ingresos del consumidor.  $X_i = h_i(P_1, P_2, \dots, P_N, P_z, y)$ . Las diferencias entre la función de demanda de un mes y la de otro reflejarán las diferentes formas en que los dos consumos mensuales entran en la función de utilidad subyacente. Dado este enfoque, la demanda anual de agua es el agregado de las 12 funciones de demanda separadas para los meses individuales. No existe una función de demanda para el consumo anual de agua per se.

Además de proporcionar un marco para conceptualizar la demanda de  $q$ , cualquiera que sea, el modelo de Lancaster-Maler también proporciona un marco para la valoración económica del agua. Por lo tanto, puede usarse para medir el beneficio



agua para una mejor disponibilidad de agua, o agua menos salina, o un suministro de agua más confiable, o más generalmente agua de un tipo frente a otro (por ejemplo, la prima en el agua subterránea frente al agua superficial, o en el agua en un lugar frente a otro).

### **2.2.3 Economía de la provisión y administración de agua (Zhu, 2011)**

El agua es un recurso natural escaso. No solo se utiliza como insumo para actividades económicas como el riego, el uso doméstico e industrial del agua y la generación de energía hidroeléctrica, sino que también proporciona servicios ecosistémicos como el mantenimiento de humedales, el apoyo de la vida silvestre y los caudales de los ríos para los ecosistemas acuáticos. El agua ha sido reconocida como un bien económico esencial para su uso en la actividad económica. Sin embargo, nos enfrentamos a problemas de calidad y cantidad de agua cada vez mayores como resultado del crecimiento de la población, el desarrollo económico y el cambio climático.

El problema de la cantidad está estrechamente relacionado con la escasez de agua (demanda creciente y oferta en declive) por el uso competitivo de los recursos hídricos o daños por inundaciones en las cuencas hidrográficas, mientras que el problema de la calidad está relacionado con la contaminación del agua, que podría ser causada por externalidades negativas. Estas externalidades negativas provocan impactos negativos en los usuarios del agua. La economía ha estado desempeñando un papel cada vez más importante en la gestión tanto de la cantidad como de la calidad. Como la economía es una ciencia sobre la asignación óptima de recursos escasos, los instrumentos económicos como los precios pueden ajustar la oferta y la demanda y hacer frente a las externalidades.

El principio económico básico en la gestión de los recursos hídricos es que necesitamos equilibrar la demanda de agua y el suministro de recursos hídricos, lo que teóricamente se puede lograr a través de señales de precios en los mercados del agua.



Esto ha llevado a la aparición de mercados de agua y de precios del agua. Sin embargo, el  
agua





no es un bien privado estándar debido a sus atributos físicos. El suministro de agua en el medio natural también sigue ciclos hidrológicos. La precipitación, la evaporación y la escorrentía determinan la disponibilidad de agua en las diferentes estaciones en diferentes lugares del mundo. El agua natural puede tener características específicas relacionadas con las cuestiones de si es rival o no rival para los usuarios y si los usuarios son excluibles o no excluibles de su uso. Todas estas características especiales de los recursos hídricos implican que es posible que necesitemos gestionar los recursos hídricos mediante intervenciones que van más allá del simple sistema económico. Por tanto, la gestión integral del agua, que integra el sistema económico y los sistemas hídricos naturales dentro de una amplia perspectiva de características socioeconómicas, institucionales, políticas, legales, ecológicas y culturales, se ha convertido en una opción común en la gestión de los recursos hídricos.

#### **2.2.4 Modelo de la demanda de salud (Babalola, 2017)**

La demanda, por definición, es un concepto económico que describe el deseo del consumidor de pagar un precio por bienes o servicios. Si todos los demás factores son constantes, un aumento en el precio de un bien o servicio reducirá la demanda y una disminución en el precio de un bien o servicio aumentará la demanda. La demanda de atención médica está aumentando gradualmente. Según Dixon-Fyle y Kowallik, muchos países gastarán más del 20% del Producto Interno Bruto (PIB) en atención médica para el año 2050. Dos factores principales que contribuyen a este crecimiento son la creciente prevalencia de enfermedades prevenibles y el uso subóptimo de recursos de cuidado a la salud. Algunos conceptos o factores importantes que influyen en la demanda en salud deben estar bien definidos para comprender el concepto de demanda en la atención de la salud. Estos son:

La demanda de asistencia sanitaria surge del deseo del consumidor de gozar de





la atención médica sea diferente de la mayoría de los demás bienes y servicios es que es simultáneamente una inversión. El dinero que el consumidor gasta hoy en estar sano también beneficiará al consumidor en el futuro. Otra característica clave de la asistencia sanitaria es que la demanda es relativamente inelástica. Si un consumidor está enfermo y requiere atención médica, el consumidor comprará servicios de atención médica a casi cualquier precio. La capacidad de los consumidores para comprar atención médica está limitada en última instancia por los ingresos de los clientes, pero es probable que los consumidores compensen el gasto en muchos otros productos para comprar la atención médica necesaria.

### **2.2.5 El modelo de Grossman** (Grossman, 1972)

La proposición central del modelo de Grossman es que la salud puede verse como un stock de capital duradero que produce una producción de tiempo saludable. Se supone que los individuos heredan un stock inicial de salud que se deprecia con la edad y puede incrementarse con la inversión. El modelo es similar a los modelos de capital humano que se han utilizado para medir las tasas salariales. En el modelo de Grossman, la actividad individual afecta el nivel de salud y, por lo tanto, la duración de la vida.

Las personas pueden mejorar su salud mediante la dieta, el ejercicio y las visitas preventivas al médico. Sin embargo, todos estos elementos requieren tiempo o dinero. Por lo tanto, no es óptimo dedicar el 100% de tu tiempo a mejorar tu salud ya que (i) no podrías trabajar para generar ingresos para consumir bienes y servicios durante tu vida y (ii) no tendrías tiempo libre para disfrutar su vida. Por lo tanto, las personas inevitablemente compensarán el costo del tiempo y el gasto monetario (por ejemplo, en medicamentos, visitas al médico) con el ocio y el consumo de otros bienes. Además, es probable que exista un límite superior finito en términos de cuánta inversión en salud puede afectar realmente su ayuda a largo plazo.



- Primero, la gente invertirá más en bienes y servicios médicos a medida que envejezca. Él asume que las acciones de salud pueden depreciarse más rápido a medida que las personas envejecen y, en respuesta, las personas invertirán más en actividades de salud y medicamentos a medida que envejecen. "... dada una curva de demanda relativamente inelástica para la salud, las personas desearían compensar parte de la reducción en el capital de salud causada por un aumento en la tasa de depreciación aumentando sus inversiones brutas".
- En segundo lugar, el modelo predice que las personas con salarios altos invertirán más en salud mediante el gasto en bienes y servicios médicos en comparación con sus propias inversiones de tiempo, ya que el costo del tiempo es mayor.
- En tercer lugar, "si la educación aumenta la eficiencia con la que se producen las inversiones brutas en salud, entonces los más educados exigirían un mayor stock óptimo de salud".

### **2.2.6 Teoría del bienestar de Pareto**

La "optimización de Pareto" es una herramienta analítica para evaluar el bienestar social y la asignación de recursos desarrollada por el economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), pionero en el estudio de la eficiencia distributiva. Una asignación se considera óptima según el criterio de Pareto si ninguna asignación alternativa podría mejorar la situación de alguien sin empeorar la situación de otra persona.

Más técnicamente, se reconocen dos variedades de optimización de Pareto: optimización de Pareto fuerte (SPO) y optimización de Pareto débil (WPO). Con SPO, cualquier cambio hará que al menos una de las partes empeore. Con WPO, cualquier cambio hará que al menos una de las partes no mejore, pero no empeorará la situación de ninguna de las partes. Por lo tanto, cualquier situación de SPO también es WPO, pero no todas las situaciones de WPO son también SPO. En otras palabras, una situación de SPO es "óptima"



en el sentido fuerte de que cualquier cambio empeoraría las cosas, al menos para alguien, mientras que una situación de WPO es "óptima" en el sentido más débil de que un cambio puede no mejorar la situación. para todo el mundo

### **2.2.7 Teoría de la compensación de Karlor-Hicks**

Economistas como Kaldor, Hicks y Scitovsky se han esforzado por evaluar los cambios en el bienestar social resultantes de cualquier reorganización económica que perjudique a alguien y beneficie a los demás. Estos economistas han buscado eliminar la indeterminación en el análisis de la optimización de Pareto. Han propuesto un criterio conocido como el "principio de compensación" sobre la base del cual pretenden evaluar aquellos cambios en la política u organización económica que mejoran la situación de unos individuos y otros empeoran. El "principio de compensación"

De acuerdo con el criterio de bienestar de Kaldor, si un cierto cambio en la organización económica o en la política hace que algunas personas estén mejor y otras peor, entonces un cambio aumentará el bienestar social si aquellos que se benefician del cambio pueden compensar a los perdedores y seguir estando mejor que antes. . En palabras del profesor Baumol, "el criterio de Kaldor establece que un cambio es una mejora si quienes ganan evalúan sus ganancias en una cifra más alta que el valor que los perdedores asignan a sus pérdidas".

El profesor J.R. Hicks apoyó a Kaldor por emplear el principio de compensación para evaluar el cambio en el bienestar social resultante de cualquier reorganización económica que beneficie a algunas personas y perjudique a otras. Este criterio establece que, "Si A mejora tanto con el cambio que podría compensar a B por su pérdida y aún le queda algo, entonces la reorganización es una mejora inequívoca".



## 2.3 Formulación de Hipótesis

### 2.3.1 Hipótesis General

Una baja concentración de cloro residual tiene efectos negativos en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.

### 2.3.2 Hipótesis Específicas

- El sistema de distribución de agua potable genera efectos diferenciados en la concentración de cloro residual en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.
- Una mayor concentración de cloro residual resulta en mayor actividad económica de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.
- Brindar agua segura (cloro residual) genera un mayor retorno económico en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.

## 2.4 Variables

### 2.4.1 Variables

Las variables de la presente investigación son las siguientes:

#### **Variable dependiente**

- Salud del hogar
- Actividad económica del hogar

#### **Variable Independiente:**

- Cloro residual

### 2.4.2 Conceptualización de variables

- Salud del hogar: La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social y no simplemente la ausencia de enfermedad o dolencia (OMS, 2018)
- Actividad económica del hogar: Una actividad económica es un proceso que, a partir de insumos, conduce a la fabricación de un bien o la prestación de un



servicio. La clasificación de actividades divide las actividades económicas en categorías que, por agregación, permiten definir los sectores de actividad (Agricultura, Industria, Construcción, Comercio, etc.). (INSEE, 2019)

- Cloro residual: El cloro residual es la cantidad de cloro de bajo nivel que queda en el agua después de un cierto período o tiempo de contacto después de su aplicación inicial. (Alenvironmental, 2017).



### 2.4.3 Operacionalización de variables

Tabla 1  
Operacionalización de las Variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Medición
<b>Variable independiente</b>					
Cloro residual	El cloro residual es la cantidad de cloro de bajo nivel que queda en el agua después de un cierto período o tiempo de contacto después de su aplicación inicial. (Alenvironmental, 2017).	Se mide con la cantidad de cloro residual en el sistema de abastecimiento del hogar según la prueba del reactivo DPD (dietil-p-fenilen diamina) por cada hogar	Salud	- Nivel de cloro residual en el sistema de abastecimiento del hogar (reactivo DPD (dietil-p-fenilen diamina))	-Variable continua
<b>Variables dependientes</b>					
Salud del hogar	La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social y no simplemente la ausencia de enfermedad o dolencia (OMS, 2018)	Se mide a través de la presencia de algún síntoma o enfermedad asociado a la falta de cloro residual e indicadores de salud disponibles en la Encuesta Nacional de Hogares	Salud	- Presencia de diarrea en los miembros del hogar <i>i</i> - Presencia de enfermedad respiratoria aguda en los miembros del hogar <i>i</i> - Presencia de desnutrición crónica en los miembros del hogar <i>i</i>	-Variable discreta binaria -Variable discreta binaria -Variable discreta binaria -Variable discreta binaria
Actividad económica del hogar	Una actividad económica es un proceso que, a partir de insumos, conduce a la fabricación de un bien o la prestación de un servicio. La clasificación de actividades divide las actividades económicas en categorías que, por agregación, permiten definir los sectores de actividad (Agricultura, Industria, Construcción, Comercio, etc.). (INSEE, 2019)	La actividad económica se mide a través de los ingresos promedio generada por los hogares y el retorno económico de brindar agua segura a aquellos hogares que tienen un cloro residual por debajo de 05/Mg	Económica	- Nivel de ingresos promedio del hogar <i>i</i> - Retorno económico promedio por conglomerado.	- Variable Continua -Variable Continua





## 2.5 Definición de términos

- Agua segura: La capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para mantener los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua, y para preservar los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política (OMS, 2019).
- Retornos económicos: Los retornos económicos se calculan como el valor presente de los costos y la riqueza generada por la implementación de un programa o proyecto durante un período de tiempo determinado. Los cálculos requieren supuestos sobre las tasas de crecimiento y otros indicadores durante el cálculo del valor presente. (Duflo, 2001)
- Eficiencia de intercambio: La eficiencia del intercambio ocurre cuando, para cualquier paquete de bienes, no es posible redistribuirlos de manera que la utilidad (bienestar) de un consumidor aumente sin reducir la utilidad (bienestar) de otro consumidor (Greenlaw, 2017)
- Eficiencia de producción: La eficiencia de la producción ocurre cuando los factores de producción disponibles se asignan entre productos de tal manera que no es posible reasignar los factores de producción para aumentar la producción de un producto sin reducir la producción de otro producto (Greenlaw, 2017).
- Eficiencia de output: La eficiencia del output ocurre cuando la combinación de productos realmente producidos es tal que no existe una combinación alternativa de productos que aumente el bienestar de un consumidor sin reducir el bienestar de otro (Greenlaw, 2017).



- Pareto-óptimo: Una economía está en un estado óptimo de Pareto cuando ningún cambio adicional en la economía puede mejorar la situación de una persona sin empeorar al mismo tiempo la situación de otra (Nicholson, 2004).
- Concentración: magnitud que expresa la cantidad de una sustancia por unidad de volumen (p. Ej. Mg / l). (R-Chemical, 2019)
- Cloro residual: El cloro residual es la cantidad de cloro de bajo nivel que queda en el agua después de un cierto período o tiempo de contacto después de su aplicación inicial. La prueba de cloro residual es una de las pruebas más comunes utilizadas por las plantas de tratamiento de agua. A través de la prueba de cloro residual, la cantidad de cloro restante se determina en el agua que ha finalizado la prueba y está lista para ser liberada en el sistema de distribución (Alenvironmental, 2017).
- Hipoclorito y ácido hipocloroso: son las formas en las que se encuentra el hipoclorito de sodio añadido al agua (R-Chemical, 2019).
- PH: índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. Entre 0 - 7 la disolución es ácida, y de 7 - 14, básica (R-Chemical, 2019).
- Salud: La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social y no simplemente la ausencia de enfermedad o dolencia (OMS, 2018).
- Actividad económica: Una actividad económica es un proceso que, a partir de insumos, conduce a la fabricación de un bien o la prestación de un servicio. La clasificación de actividades divide las actividades económicas en categorías que, por agregación, permiten definir los sectores de actividad (Agricultura, Industria, Construcción, Comercio, etc.). (INSEE, 2019)



## Capítulo III Método de Investigación

### 3.1 Enfoque de Investigación

El enfoque de investigación utilizado es el enfoque cuantitativo. En particular, la investigación emplea un modelo econométrico para estimar la relación entre el cloro residual y la salud de los hogares. Este tipo de modelo requiere de información numérica que puede ser tanto continua como ordinal

### 3.2 Diseño de Investigación

La investigación tiene un diseño no experimental. Este tipo de investigación no requiere la manipulación intencional de una acción para analizar los resultados (Canales, 2006). Es decir, el investigador no tiene control sobre las variables independientes, solo se limita a recolectar información numérica del objeto de estudio. Este es el tipo de información con el que se cuenta, dado que la Encuesta Nacional de Hogares solo recolectó información sin realizar algún tipo de intervención experimental.

### 3.3 Alcance de Investigación

El alcance de la investigación es descriptivo-correlacional. Es descriptivo porque se busca describir la evolución y tendencia de la calidad bacteriológica del agua y de indicadores de salud de los hogares de la ciudad del Cusco. Por otro lado, la investigación también es correlacional, ya que busca identificar la relación entre el acceso a cloro residual y la salud de los hogares de la ciudad del Cusco.

### 3.4 Población y muestra

#### 3.4.1 Población

La población de estudio comprende a todos los ciudadanos en la ciudad del Cusco, que al 2017, según información del último censo realizado por el INEI, es de 428,450 personas.



### 3.4.2 Muestra

La muestra es del tipo probabilística, de áreas, estratificada, multietápica e independiente en cada departamento de estudio, con un nivel de confianza de los resultados muestrales del 95% y se calcula con la siguiente fórmula para determinar los tamaños de muestra en áreas subnacionales:

$$n_h = n \frac{CV(p)X^{0.5}}{\sum CV(p)X^{0.5}}$$

Donde  $n_h$  es el tamaño de muestra óptimo por departamento,  $n$  es el tamaño total de la muestra a nivel nacional,  $X$  es el tamaño poblacional de cada departamento,  $CV(p)$  es el error relativo del indicador con un valor de  $p$ . Para la ciudad del Cusco, la muestra está compuesta por un total de 3,364 personas encuestadas en la ENAHO para los años 2016-2020. Sin embargo, cabe indicar que la muestra final en el análisis de regresión puede ser menor a la estimada por vacíos a las preguntas de la Encuesta Nacional de Hogares.

Tabla 2  
Muestra de la investigación – Ciudad del Cusco

Año	Total	Acumulado
2016	697	697
2017	703	1400
2018	792	2192
2019	736	2928
2020*	436	3364

*Notas.* Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática. Cabe indicar que un conjunto de las encuestas del año 2020 fue realizado por teléfono debido a la pandemia del COVID-19. Este conjunto de encuestas no se incluye en los análisis de regresión al no tener información del reactivo DPD.

De este total, después de realizar la limpieza de datos y eliminar a los valores missing en los indicadores seleccionados, se corren las regresiones con una muestra que varía entre 1773 y 3364 dependiente de la regresión.

La medición del cloro se realiza con el reactivo DPD (dietil-p-fenilen diamina) que permite determinar la calidad bacteriológica del agua. Es una “mezcla sólida homogénea que se emplea para determinar la presencia de cloro libre o cloro total en aguas desinfectadas



insumos químicos clorados y se presenta en polvo, envasado en sachets de un material trilaminado que evita el contacto con la luz UV, la contaminación y la humedad”. Según la cual se considera agua segura si el resultado del reactivo es mayor o igual a 0.5 mg/Lt.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1 Técnicas**

La técnica utilizada es la Encuesta. La encuesta fue diseñada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática y se realiza anualmente desde fines de los años 90. Incluye información relevante para la presente investigación.

#### **3.5.2 Instrumentos**

El principal instrumento utilizado en la investigación es el cuestionario. La ENAHO cuenta con diferentes cuestionarios divididos en módulos temáticos. A continuación, se presentan los principales módulos a ser utilizados

- Módulo 100: Contiene información de las características del hogar e información del cloro residual por vivienda encuestada. Brindándonos información para estimar el efecto del cloro en la salud a través de los resultados del reactivo DPD (dietil-p-fenilen diamina) que permite determinar la calidad bacteriológica del agua.
- Módulo 400: Contiene información detallada de las características de salud de cada miembro del hogar.

### **3.6 Procesamiento de datos**

Los datos se procesan en el software estadístico R Studio. Se corren los modelos de regresión con el comando `feols` y se emplea una corrección de errores estándar a nivel de conglomerado o distrito.

## Capítulo IV

### Diagnóstico situacional de salud y economía de la ciudad del Cusco

#### 4.1 Sistema de agua potable

La ciudad del Cusco se abastece a través de cuatro sistemas: Vilcanota, Piuray, Kor Kor y Salkantay, los cuatro sistemas son administrados por SEDACUSCO. La tabla 3 muestra el abastecimiento de los distritos que comprenden la ciudad del Cusco:

Tabla 3  
Ciudad del Cusco: Sistemas de abastecimiento

Sistema	% Población Atendida	Distritos atendidos
Vilcanota	53%	Santiago, Wanchaq, San Sebastián, San Jerónimo
Piuray	29%	Cercado de Cusco y Distrito de San Sebastián
Kor Kor	10%	Santiago y zona nor-occidental de la ciudad
Salkantay	8%	Zona Nor Este de la ciudad (Cusco)

*Notas:* Elaboración propia con información de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS – Estudio Tarifario “Determinación de las metas de gestión a la Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado SEDACUSCO S.A.”

La captación de agua se realiza a través de cuatro fuentes de producción (superficiales y subterráneas): Captación Piuray, Acuífero de Piñipampa, Sistema Kor- Kor Jaquira y el Sistema Salkantay. Entre ellos, la captación de Piuray y el Acuífero de Piñipampa representan el 86% de la producción total para la ciudad del Cusco, siendo los más importantes en el abastecimiento de la población. La figura 2 muestra las imágenes de las fuentes de captación de agua mencionadas:

a) Laguna Piuray



b) Pozos de Captación de Piñipampa



FIGURA 2. Imágenes de fuentes de captación de agua

*Notas:* Elaboración propia con información de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS – Estudio Tarifario “Determinación de las metas de gestión a la Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado SEDACUSCO S.A.”



Además de ambas fuentes de captación, también se tiene al Sistema Kor-Kor y al Sistema Salkantay, que proveen el 14% de la producción restante para el abastecimiento de la ciudad del Cusco, como se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4  
Ciudad del Cusco: Fuentes de captación de Agua

Fuente de captación	Descripción
Captación Piuray	"Se ubica en el distrito de Chinchero, la fuente es de origen superficial, se ubica en la cota 3691 msnm. El caudal promedio captado es 204 l/s y representa en la actualidad el 35.7% de la producción total"
Acuífero de Piñipampa	"La captación se ubica en el distrito de Andahuaylillas perteneciente a la provincia de Quispicanchis, se ubica a una cota de 3083 msnm. Representa el 51.78% de la producción total".
Sistema Kor- Kor – Jaquira	"El sistema KorKor está constituido por 5 fuentes subterráneas (manantes), la producción es de 40 l/s en periodo de estío, hasta 90 l/s en temporada lluviosa".
Sistema Salkantay	"Conformado por una galería filtrante denominada Salkantay y la fuente subterránea denominada Condorsenqa. La capacidad de producción conjunta de la galería y del manantial registra una producción promedio anual de 17 l/s".

*Notas:* Elaboración propia con información de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS – Estudio Tarifario “Determinación de las metas de gestión a la Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado SEDACUSCO S.A.”

Una vez que se ha realizado la captación del agua, las diversas estaciones de bombeo se encargan de mover el agua hacia las plantas de tratamiento. En la actualidad, las plantas de tratamiento más importantes son las de Santa Ana y de Jaquira. Las descripciones se presentan en la tabla 5.

Tabla 5  
Ciudad del Cusco: Plantas de tratamiento

Fuente de captación	Descripción
Planta de tratamiento Santa Ana	" planta de tratamiento de filtración directa (filtros horizontales) con lavado mixto. Consta de 10 filtros horizontales dispuestos en paralelo, siendo la capacidad de cada filtro de 35 l/s."
Planta Auxiliar de Santa Ana	" Suministra de agua potable al reservorio de Picchu, es del tipo de filtración a presión directa, de filtros verticales. Cuenta con una batería de 04 filtros verticales dispuestos en forma paralela, que tratan en conjunto un caudal de 80 l/s".
Planta de tratamiento de Jaquira	" planta de tratamiento de filtración directa (filtros verticales) con lavado mixto. Trata el agua proveniente de los manantiales Jaquira y Huamancharpa. Consta de 3 filtros verticales."

*Notas:* Elaboración propia con información de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS – Estudio Tarifario “Determinación de las metas de gestión a la Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado SEDACUSCO S.A.”

#### 4.2 Agua segura y cloro residual

En este apartado se presentan estadísticas sobre el porcentaje de personas en hogares sin agua segura en la ciudad del Cusco. Para empezar, la figura 3 muestra la



bacteriológica del agua para el período 2008-2019. De la figura podemos apreciar que la calidad bacteriológica ha ido en aumento considerable durante este período, llegando a cubrir hasta el 80% de los hogares de la ciudad del Cusco.

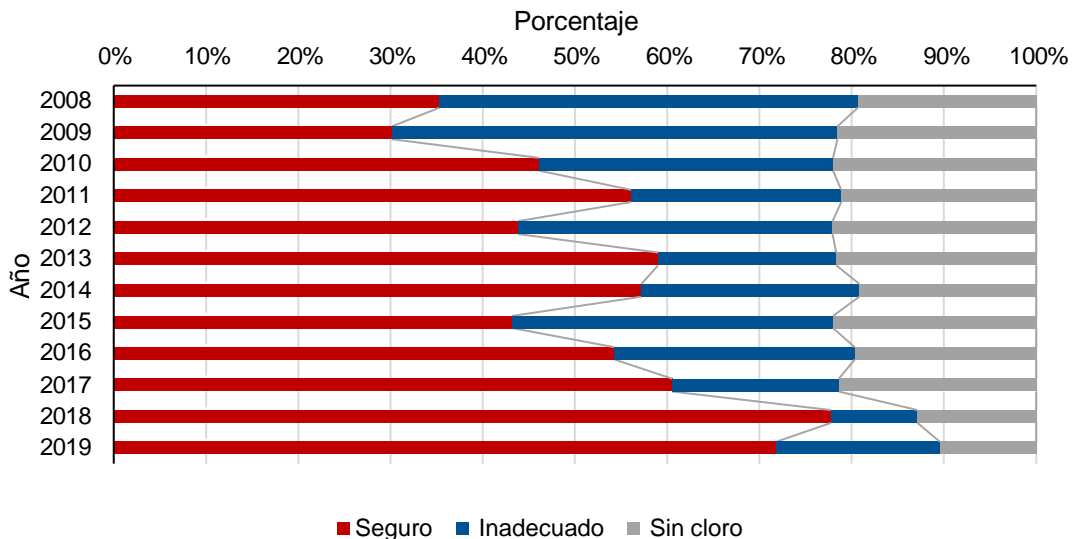


FIGURA 3. Ciudad del Cusco: Calidad bacteriológica del agua, 2008-2019

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática. Seguro (Mayor o igual a 0.5 mg/Lt). Inadecuada dosificación de Cloro (De 0.5mg/Lt a menos de 0. Sin Cloro (0.0 mg/Lt). Medición se realiza con el Reactivo DPD (dietil-p-fenilen diamina).

La figura 4 muestra el porcentaje de personas sin agua segura. Se puede apreciar una reducción significativa entre los años 2017 y 2018 (de 44.6% a 18.99%), desde entonces, el porcentaje de personas en hogares sin agua segura se ha mantenido relativamente constante, en un rango entre 19% y 21%.

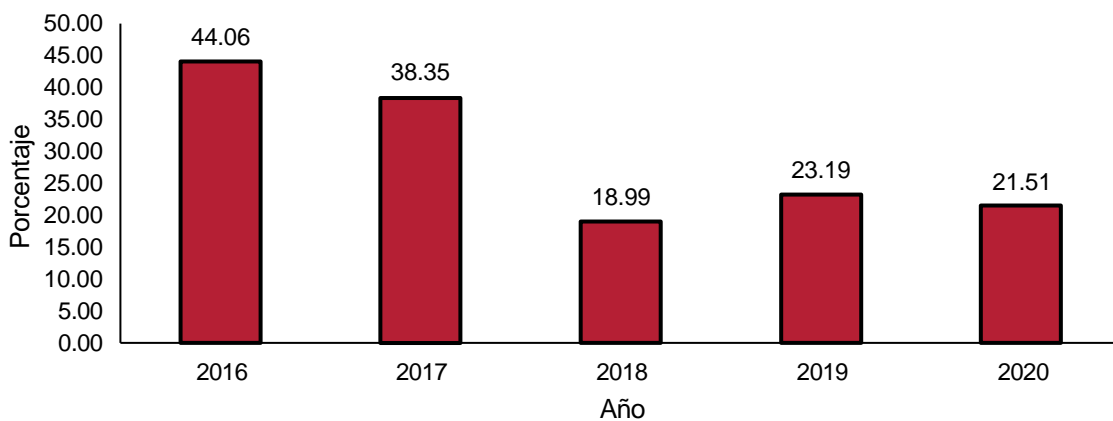


FIGURA 4. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas en hogares sin agua segura, 2016- 2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática





También podemos apreciar que el promedio de personas en hogares sin agua segura por distrito es menos en Wanchaq y San Sebastián, con 18.32% y 21.76% respectivamente. También vemos que los distritos de Cusco, San Jerónimo y Santiago tienen un mayor porcentaje de personas sin agua segura (entre 31.82% y 35.14% respectivamente).

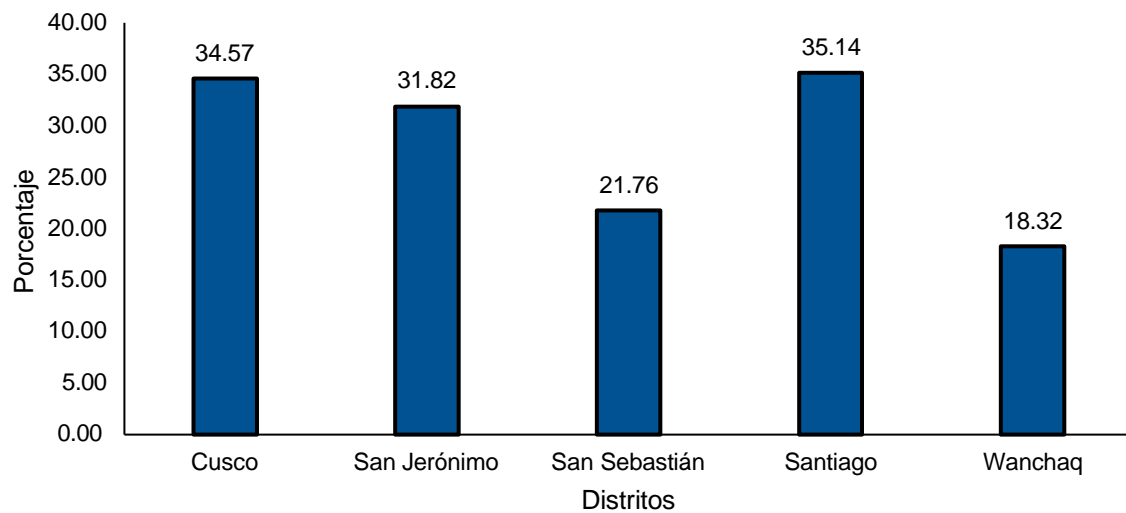


FIGURA 5. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas en hogares sin agua segura por distrito, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

Tabla 6

Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas en hogares sin agua segura, 2016-2020

Año	Cusco	San Jerónimo	San Sebastián	Santiago	Wanchaq
2016	48.12	48.67	32.23	47.00	38.58
2017	46.46	40.66	15.49	53.14	27.52
2018	25.40	15.44	15.97	29.32	3.49
2019	26.62	30.91	24.62	20.88	13.46
2020	26.27	23.41	20.50	25.35	8.56
Promedio	34.57	31.82	21.76	35.14	18.32

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

La tabla 6 muestra que hubo una reducción importante en el porcentaje de personas en hogares sin agua segura en el distrito de Cusco, San Jerónimo y Santiago entre el 2017 y el 2018 (reducción de 25 puntos porcentuales). También se puede apreciar que San Sebastián tuvo una reducción similar entre el 2016 y 2017.

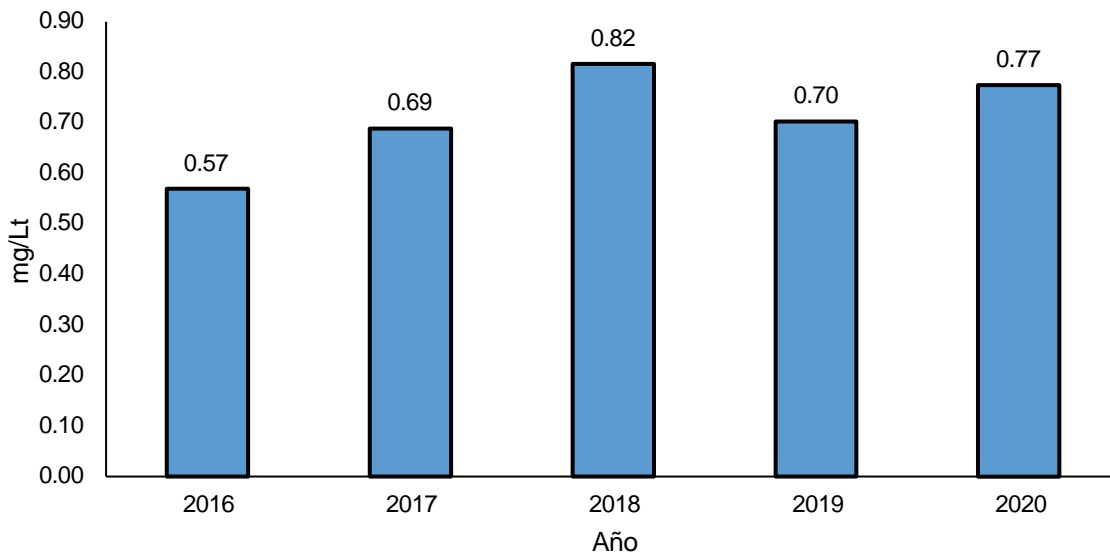


FIGURA 6. Ciudad del Cusco: Nivel de dosificación de cloro en agua mg/Lt, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

Estos cambios en el porcentaje de personas con agua segura en la ciudad del Cusco son atribuibles a una mayor dosificación de cloro en agua. Según la clasificación del INEI, se considera agua segura si la dosificación de cloro es mayor o igual a 0.5 mg/Lt. Esta medición se realiza a través del reactivo DPD - dietil-p-fenilen diamina. Como muestra la figura 6, la dosificación de cloro promedio es mayor a 0.5 en todos los años, con incrementos sustanciales entre el 2016 y 2017 (0.12 mg/Lt), y entre el 2017 y 2018 (0.13 mg/Lt).

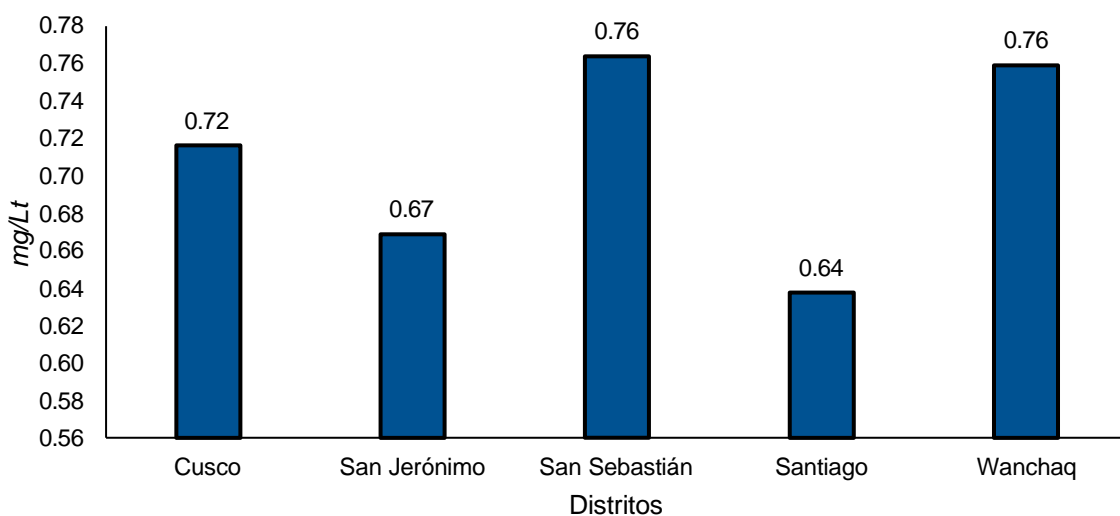


FIGURA 7. Ciudad del Cusco: Nivel de dosificación de cloro en agua mg/Lt, 2016-2020



Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

Tabla 7  
Ciudad del Cusco: Nivel de dosificación de cloro en agua mg/Lt por distrito, 2016-2020

Año	Cusco	San Jerónimo	San Sebastián	Santiago	Wanchaq
2016	0.58	0.55	0.63	0.51	0.62
2017	0.68	0.53	0.96	0.55	0.70
2018	0.80	0.80	0.82	0.77	0.90
2019	0.74	0.70	0.66	0.64	0.74
2020	0.78	0.76	0.75	0.71	0.83
Promedio	0.72	0.67	0.76	0.64	0.76

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

La tabla 7 muestra que la dosificación de cloro se incrementó en prácticamente todos los distritos. Con incrementos sustanciales en el distrito de Cusco, San Jerónimo y Santiago entre el 2017 y 2018. También se observan cambios similares en San Sebastián y Wanchaq.

#### 4.3 Indicadores de salud

En el presente apartado se realiza un análisis de los principales indicadores de salud en la ciudad del Cusco, el análisis incluye indicadores sobre el malestar de las personas en las últimas cuatro semanas, síntomas de gripe o enfermedades. Para empezar, la figura 8 muestra el porcentaje de personas que tuvieron síntomas de malestar en las últimas cuatro semanas. De la figura podemos concluir que el año 2020 se incrementaron los síntomas de malestar por el COVID-19, también vemos que no hay una tendencia creciente o decreciente en los síntomas de malestar previo al 2020.

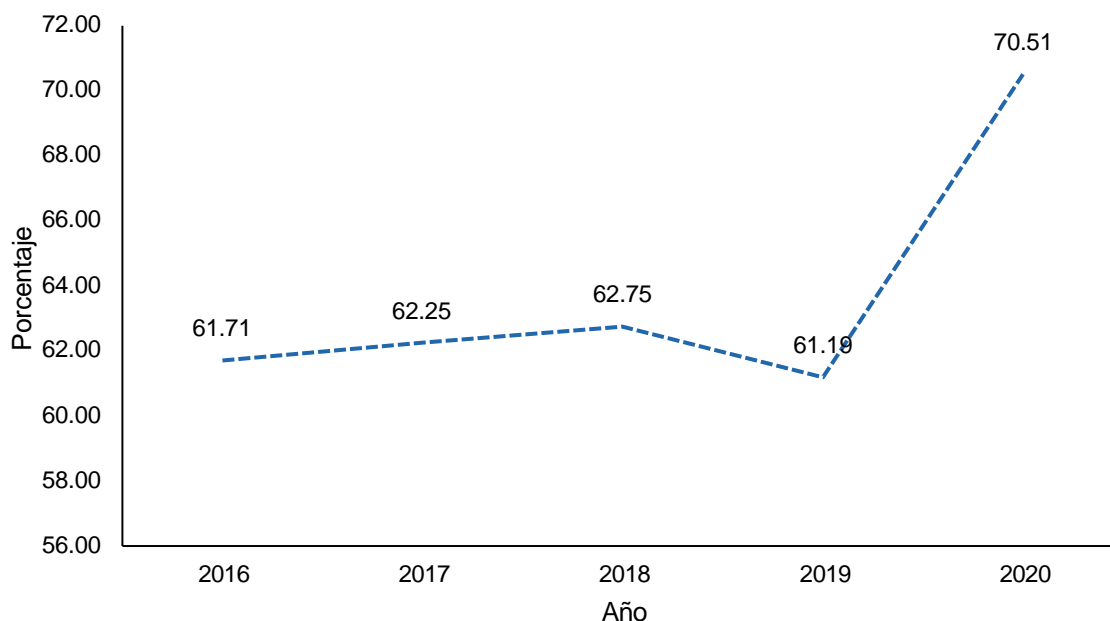


FIGURA 8. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con síntomas de malestar en las últimas cuatro semanas, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

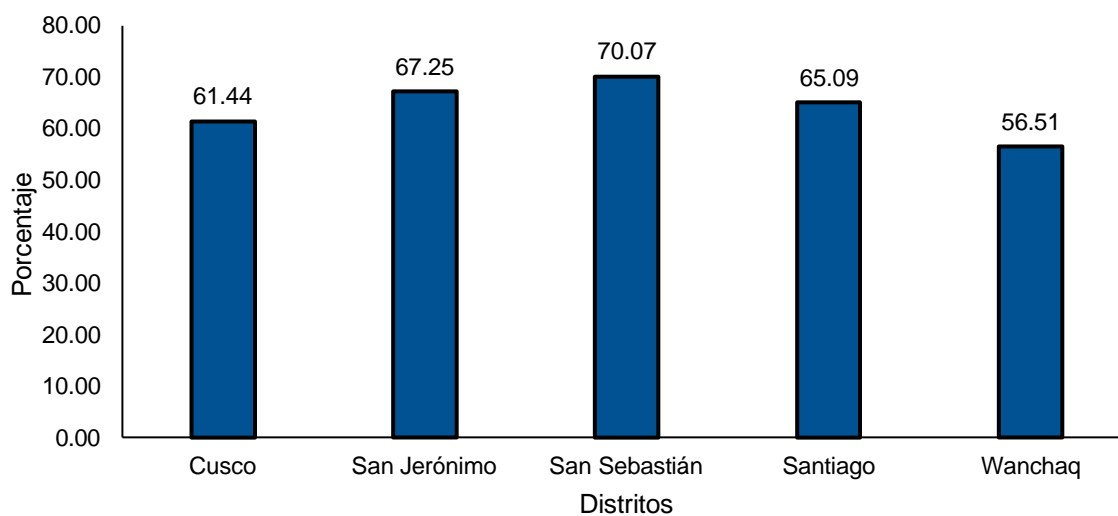


FIGURA 9. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con síntomas de malestar en las últimas cuatro semanas según distrito, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

Tabla 8

Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con síntomas de malestar en las últimas cuatro semanas, 2016-2020



Año	Cusco	San Jerónimo	San Sebastián	Santiago	Wanchaq
2016	60.34	62.90	59.85	66.37	57.25
2017	61.33	64.84	66.90	63.43	56.58
2018	55.95	69.12	76.16	64.40	54.07
2019	61.22	63.64	70.00	66.85	45.51
2020	68.38	75.76	77.46	64.42	69.14
Promedio	61.44	67.25	70.07	65.09	56.51

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

La figura 9 muestra que no hay diferencias significativas entre distritos con relación a los síntomas reportados por las personas, exceptuando al distrito de Wanchaq que tiene un promedio de 5 puntos porcentuales menos en comparación con otros distritos. También vemos en la tabla 8 que los síntomas de malestar se incrementaron de forma importante en Wanchaq, San Jerónimo y Cusco.

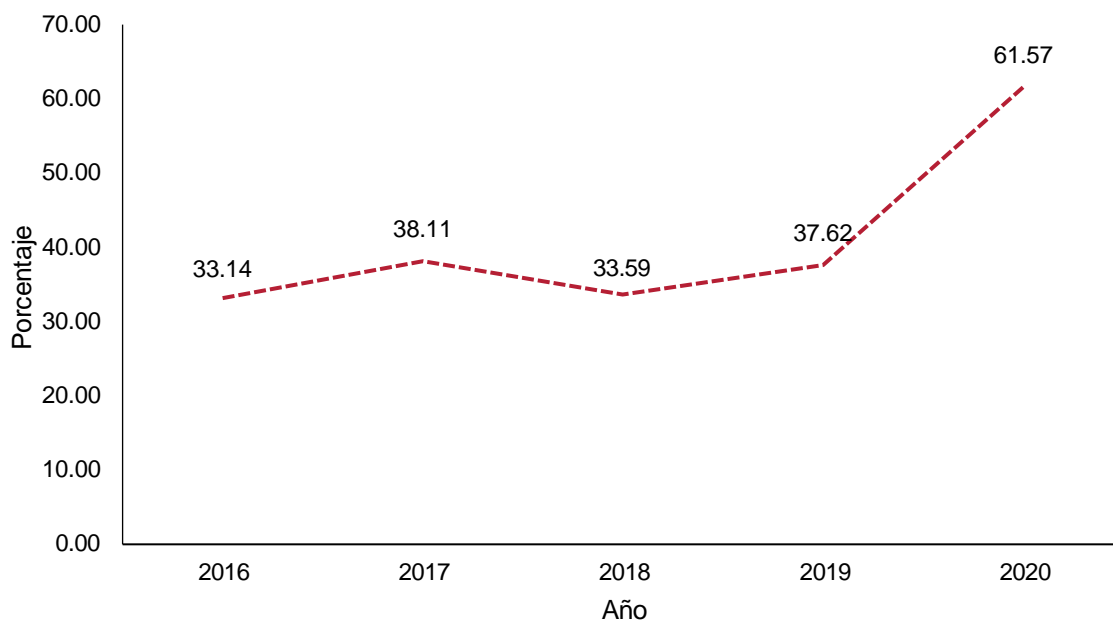


FIGURA 10. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con enfermedad en las últimas cuatro semanas, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

La figura 10 muestra que las personas que presentaron alguna enfermedad en las últimas cuatro semanas se incrementó en el año 2020 en 23 puntos porcentuales en comparación con el año 2019, este incremento, de forma similar a los síntomas mencionados anteriormente, se deben a los efectos del COVID-19.

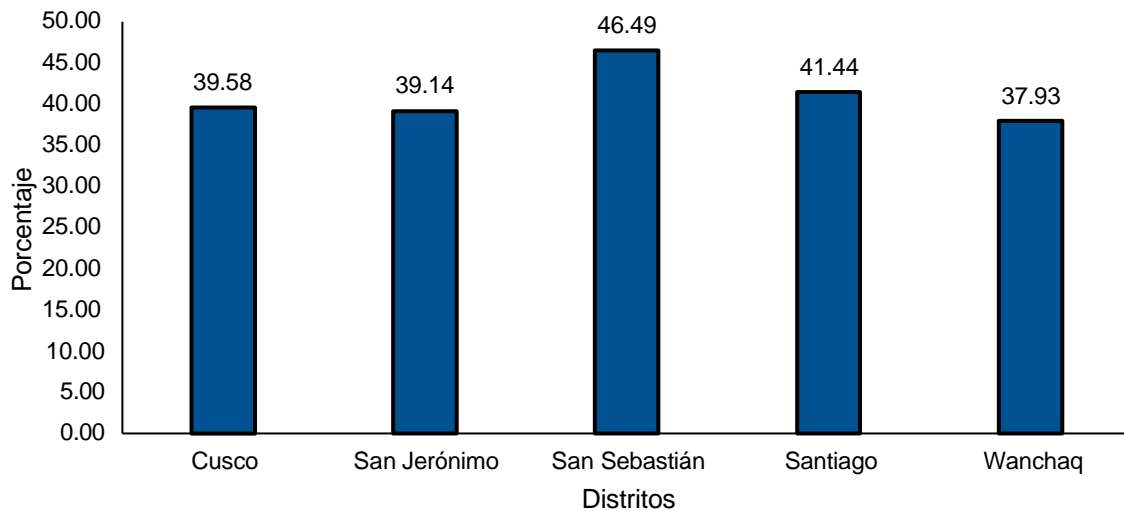


FIGURA 11. Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con enfermedad en las últimas cuatro semanas por distrito, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

Tabla 9  
Ciudad del Cusco: Porcentaje de personas con enfermedad en las últimas cuatro semanas, 2016-2020

Año	Cusco	San Jerónimo	San Sebastián	Santiago	Wanchaq
2016	29.54	33.06	28.79	39.01	34.06
2017	33.98	40.66	44.37	36.57	39.47
2018	35.71	22.79	43.71	39.27	23.84
2019	38.40	34.55	48.46	33.70	33.97
2020	60.26	64.65	67.14	58.65	58.29
Promedio	39.58	39.14	46.49	41.44	37.93

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

La figura 12 muestra que no hay diferencias importantes en los reportes de enfermedad entre distritos. La tabla 9 también sugiere que no hay variaciones entre años para cada distrito, exceptuando el año 2020, donde se tiene un incremento que varía entre 25 y 30 puntos porcentuales para cada distrito en comparación con el año 2019.

#### 4.4 Indicadores económicos

En este apartado se presentan indicadores económicos de la ciudad del Cusco, incluyendo los ingresos totales, tasa de desempleo, tasa de informalidad y horas trabajadas.

Tabla 10  
Ciudad del Cusco: Ingreso total mensual en soles, 2016-2020

Año	Cusco	San Jerónimo	San Sebastián	Santiago	Wanchaq
2016	848.91	1,217.17	2,461.65	1,187.17	1,300.66



2017	1,303.40	1,297.23	1,423.05	1,189.13	1,515.66
2018	949.78	1,189.09	1,805.38	1,261.89	857.19
2019	1,173.56	733.36	1,236.23	1,137.02	845.90
2020	591.18	586.23	528.47	344.73	457.42
Promedio	973.36	1,004.61	1,490.95	1,023.99	995.37

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

En la figura 12 se puede apreciar que el ingreso total mensual se ha ido reduciendo en la ciudad del Cusco, tomando su valor más bajo el año 2020 con 493 soles en promedio. Esta reducción en el ingreso mensual reportado se debe a la presencia de COVID-19 este año.

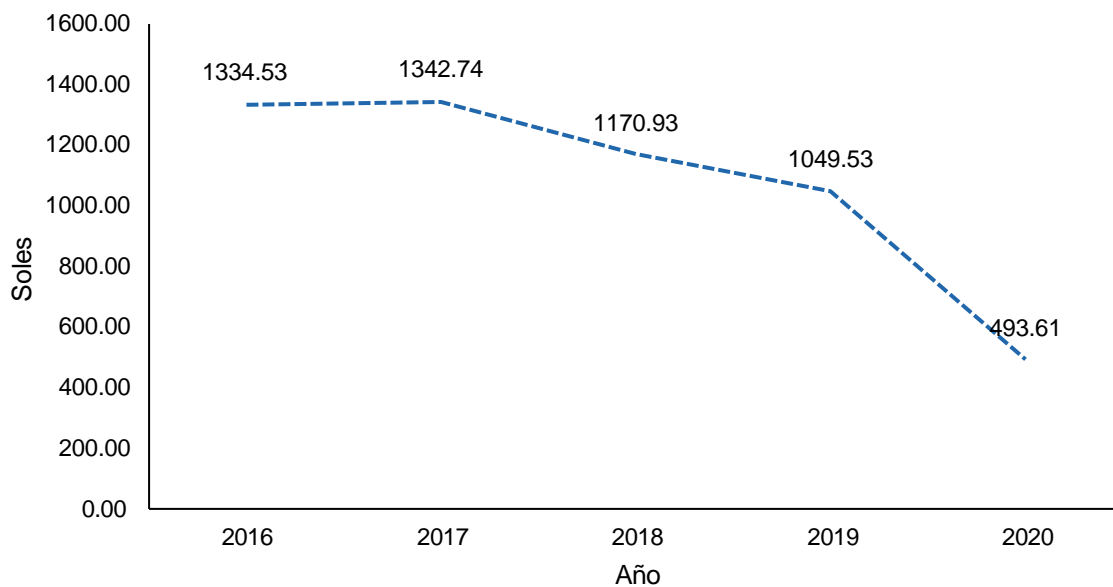


FIGURA 12. Ciudad del Cusco: Ingreso total mensual en soles, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

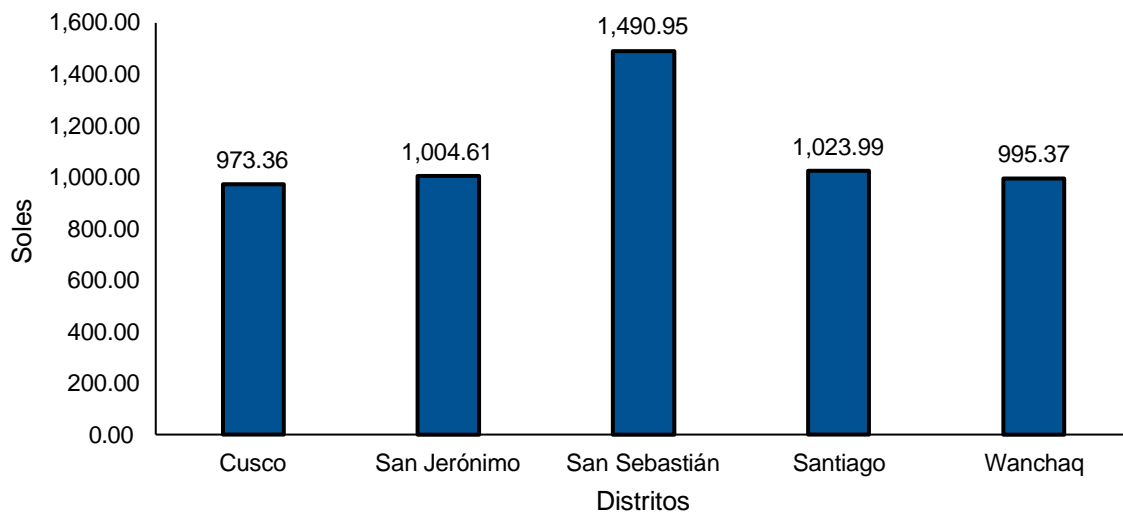




FIGURA 13. Ciudad del Cusco: Ingreso total mensual por distritos en soles, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

La figura 13 muestra que San Sebastián tiene uno de los ingresos mensuales más altos en promedio para el período 2016-2020, sin embargo, se debe considerar que las estimaciones no son exactas por el tamaño muestral de la ENAHO por distrito. También vemos en la tabla 10 que no hay cambios importantes en el ingreso total mensual entre años o entre distritos (exceptuando al año 2020). La figura 14 muestra que la tasa de desempleo en la ciudad del Cusco ha fluctuado entre 4.4% y 7.13% previo al 2020. Para el año 2020, el desempleo se triplicó y llegó a 14.35%, este incremento se debe principalmente al COVID-19 y las cuarentenas que la ciudad experimentó a lo largo del año.

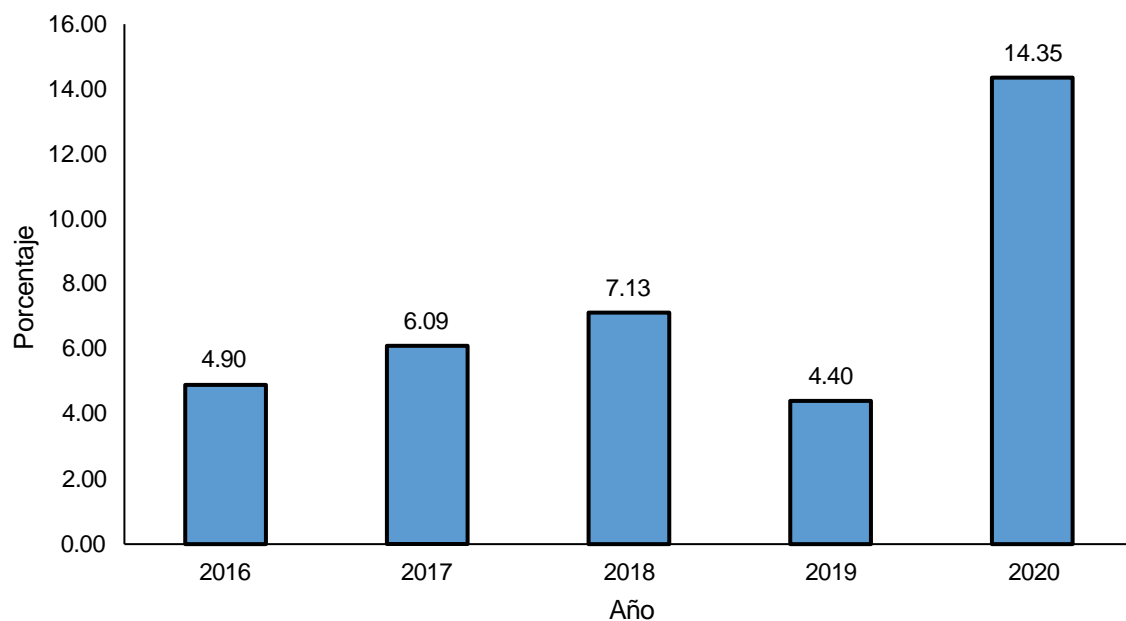


FIGURA 14. Ciudad del Cusco: Tasa de desempleo, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

La figura 15 muestra que la tasa de desempleo es similar entre distritos, siendo San Jerónimo el distrito con una menor tasa de desempleo, seguida de San Sebastián. También vemos que Wanchaq tiene la mayor tasa de desempleo con 9,20% de la población.



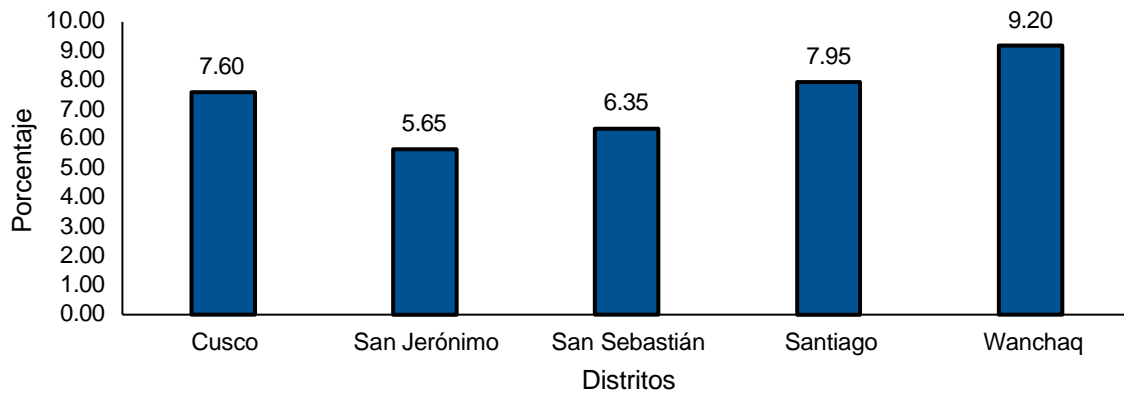


FIGURA 15. Ciudad del Cusco: Tasa de desempleo por distrito, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

La figura 16 muestra que la tasa de informalidad en la ciudad del Cusco fluctúa entre 35% el 2020 y 46.28 el 2018. La baja informalidad el 2020 se atribuye al cambio en la recolección de información de la ENAHO (por vía telefónica).

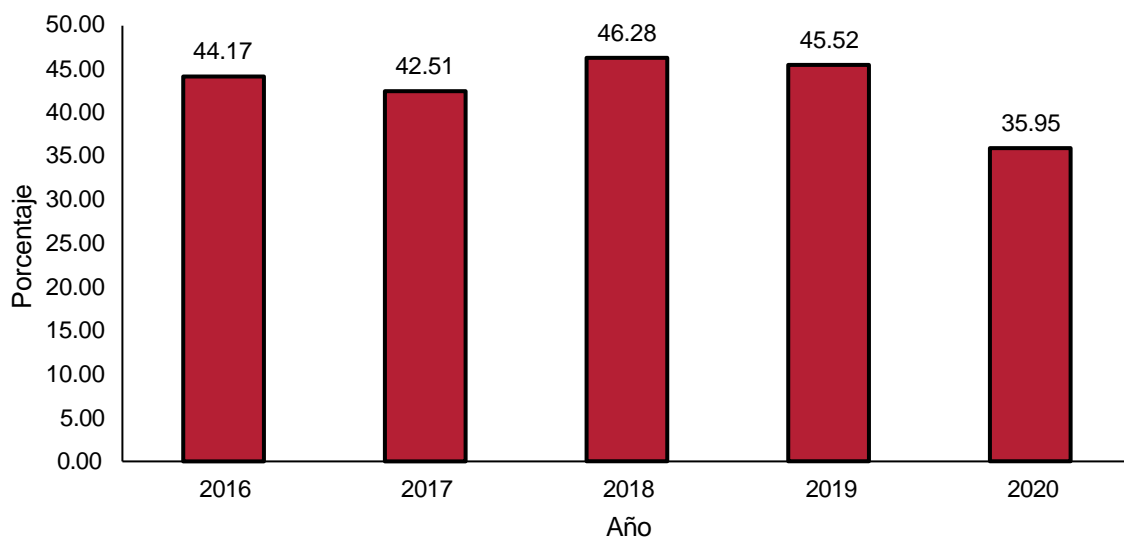


FIGURA 16. Ciudad del Cusco: Tasa de informalidad, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática

La figura 17 muestra que las horas trabajadas por semana se estuvieron incrementando durante el período de investigación, también se aprecia una reducción de dos puntos porcentuales entre los años 2019 y 2020 a causa de la pandemia por COVID-19.

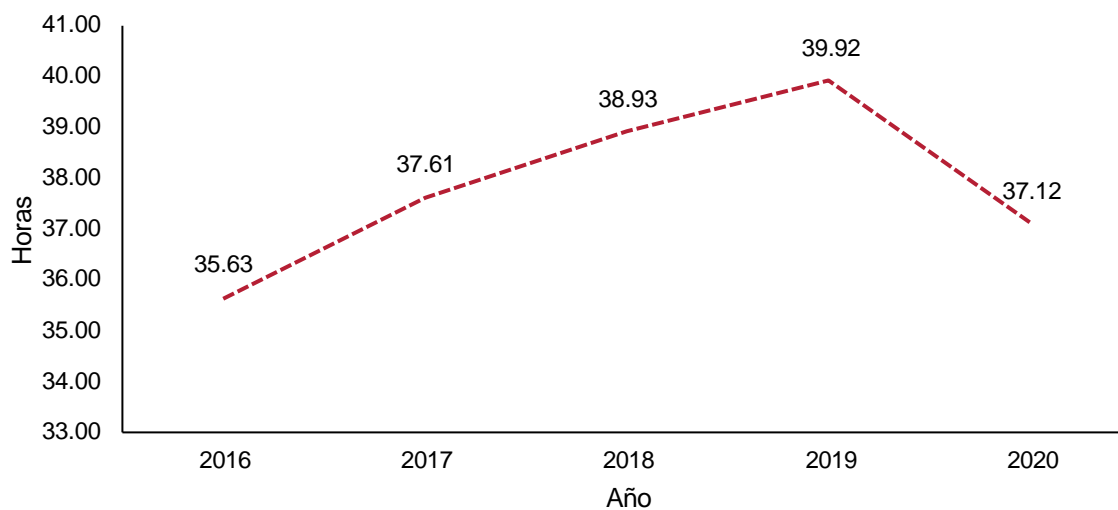


FIGURA 17. Ciudad del Cusco: Horas trabajadas por semana, 2016-2020

Notas: Elaboración propia con información de la Encuesta Nacional de Hogares – Instituto Nacional de Estadística e Informática



## Capítulo V Resultados de la investigación

Los inadecuados niveles de cloro residual en los hogares pueden generar el crecimiento de bacterias nocivas tales como la Escherichia Coli que causa diarrea y desnutrición en el largo plazo (Exum et al., 2018), afectando no solo a indicadores de salud, sino también a indicadores de performance económicos en general. En el presente capítulo se realiza el análisis econométrico para responder a las preguntas de investigación.

### 5.1 Presentación de variables y estrategia empírica

Las variables consideradas en la investigación se obtienen de la Encuesta Nacional de Hogares - ENAHO, esta encuesta incluye la información más detallada de los hogares en el Perú, con módulos que recaban información desde las características de la vivienda, hasta la salud de los miembros del hogar, sus ocupaciones, empleo, confianza en instituciones, entre otros. Para el presente estudio, se utilizan tres módulos de la ENAHO. El primero es el módulo de salud, que nos permite obtener los indicadores relacionados a la salud de los miembros del hogar (si tienen diarrea, enfermedad respiratoria o desnutrición crónica).

El segundo módulo utilizado es el de características de la vivienda, Durante la realización de la ENAHO, se realiza una medición de cloro a todos los hogares que tengan el servicio de agua mediante conexión de red pública (red pública dentro de la vivienda, fuera de la vivienda, pero dentro del edificio o pilón de uso público), donde se utiliza la medición del reactivo DPD (dietil-p-fenileno diamina) para determinar si el agua es adecuada o inadecuada. Luego, se categoriza al agua en tres: a) Agua segura si la cantidad de cloro tiene más de 0.5 mg/Lt. b) Agua inadecuada si tiene menos de 0.5 mg/Lt. y c) agua sin cloro si el agua no contiene ningún tipo de cloro.

Por último, se utiliza información del módulo de empleo e ingresos para obtener indicadores de la actividad económica de los hogares, tales como el nivel de ingresos, las



horas de trabajo, entre otras. En base a esta información, a continuación, se detalla la cadena causal de la investigación:

1. Se realiza un análisis de la influencia de los cuatro sistemas de distribución de agua en la ciudad del Cusco sobre la concentración de Cloro Residual, para determinar la presencia de diferencias geográficas en la ciudad (Hipótesis específica 1).
2. Se realiza un análisis del efecto de la concentración de cloro residual sobre indicadores prioritarios de salud de los hogares (Hipótesis general).
3. Se elabora un análisis de la influencia de la concentración de cloro residual en indicadores económicos del hogar, tales como estatus de empleo e ingresos (Hipótesis específica 2) y se evalúan los retornos económicos (Hipótesis específica 3).

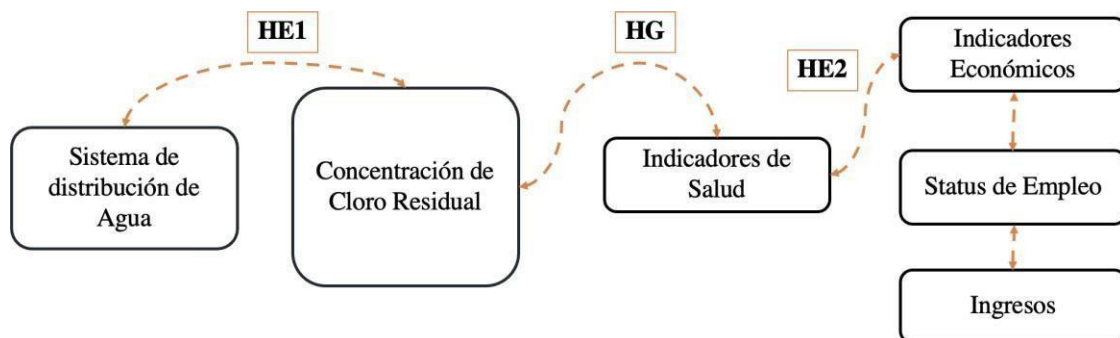


FIGURA 18. Cadena causal: Cloro residual y actividad económica del hogar

Notas: Elaboración propia. HG: Hipótesis general. HE1: Hipótesis específica 1. HE2: Hipótesis específica 2

Con el análisis de la cadena causal, no solo queremos determinar el efecto de la concentración de cloro sobre los indicadores de salud, sino también entender su efecto en indicadores económicos, y adicionalmente, establecer las causas de una inadecuada concentración de cloro con un análisis del sistema de distribución de agua.

## 5.2 Resultados respecto a los objetivos específicos

### 5.2.1 Sistema de distribución de agua

En el presente apartado, se realiza un análisis de los sistemas de distribución de agua para la ciudad del Cusco. La ciudad cuenta con el servicio de agua a partir de cuatro sistemas de abastecimiento administrados por SEDACUSCO (monopolio natural): Vilcanota, Piuray, Kor Kor y Salkantay, como se puede apreciar en la figura 19.

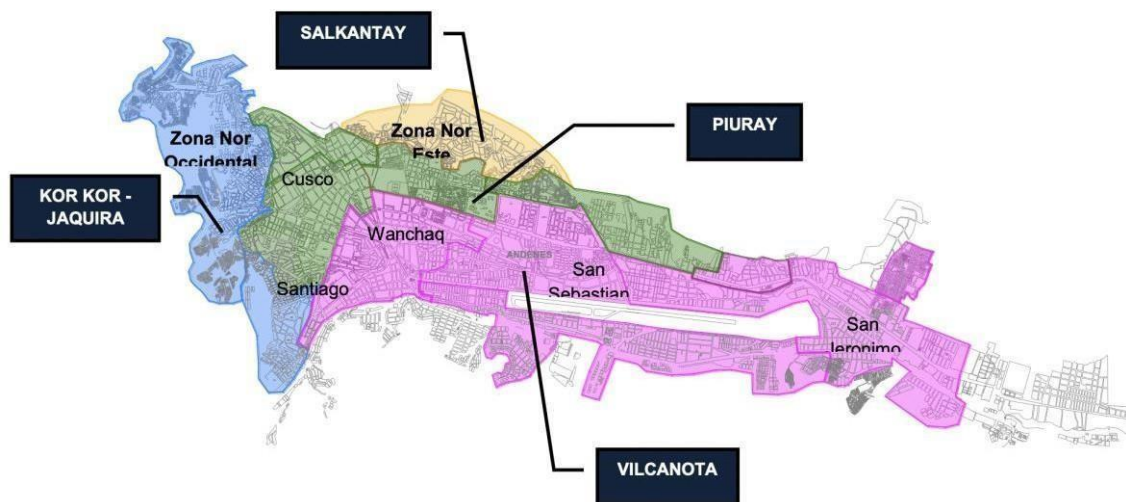


FIGURA 19. Ciudad del cusco: Sistemas de Abastecimiento

*Notas:* Tomado de Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS

De acuerdo con la teoría de (Zhu, 2011), el problema de la calidad del agua está relacionado con la contaminación del agua, que podría ser causada por externalidades negativas. Estas externalidades negativas provocan impactos negativos en los usuarios del agua dependiendo del sistema de abastecimiento. De estos sistemas de abastecimiento, el más importante es el sistema Vilcanota, que brinda el servicio de agua potable al 53% de la población. El segundo en importancia es el sistema Piuray, atendiendo al 29% de la población. Finalmente, los sistemas de Kor Kor – Jaquira y Salkantay brindan el servicio al 18% restante. Para evaluar las diferencias en la calidad bacteriológica del agua entre sistemas de almacenamiento, corremos una regresión con la variable independiente igual a los sistemas de almacenamiento y dos variables dependientes, una que represente la calidad bacteriológica en mg/Lt y otra binaria que representa si una vivienda no tiene agua segura



Tabla 11  
Regresión: Sistema de abastecimiento y cloro residual

	VD: Calidad bacteriológica	VD: Vivienda sin agua segura
Sistema Abastecimiento: Piuray	0.081 (0.134)	-0.008 (0.111)
Sistema Abastecimiento: Vilcanota	0.108 (0.121)	-0.128 (0.101)
Num.Obs.	3233	3364
Errores estándar	Conglomerado	Conglomerado
Efectos fijos año	X	X

*Nota.* \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . Calidad bacteriológica se mide con dosificación de Cloro en mg/Lt. Vivienda sin agua segura es variable binaria igual a 1 si hogar tiene dosificación  $< 0.5$  mg/Lt. Medición se realiza con el Reactivo DPD (dietil-p-fenilen diamina). Sistema de Abastecimiento de Comparación: Kor Kor – Jaquira.

Los resultados de la tabla 11 muestran que, en comparación con Kor Kor – Jaquira (que tiene la menor calidad bacteriológica de agua) el sistema de abastecimiento de Piuray tiene 0.081 mg/Lt de dosificación de cloro adicional, mientras que el sistema de abastecimiento de Vilcanota tiene hasta 0.108 mg/Lt de dosificación de cloro adicional. También vemos que la probabilidad de tener una vivienda sin agua segura disminuye en 0.8% para Piuray y en 12.8% para Vilcanota, en comparación con Kor Kor – Jaquira. Sin embargo, los resultados no son estadísticamente significativos. Estos resultados sugieren que la calidad bacteriológica del agua no tiende a variar entre sistemas de distribución cuando se considera el análisis a nivel conglomerado y se incluyen efectos de año.

### 5.2.2 Cloro residual y actividad económica del hogar

El efecto negativo en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco, identificado en la sección anterior, puede finalmente impactar en los indicadores de productividad e ingresos de las personas. Durante la realización de la Encuesta Nacional de Hogares, se realiza una medición de cloro a todos los hogares que tengan el servicio de agua mediante conexión de red pública (red pública dentro de la vivienda, fuera de la vivienda, pero dentro del edificio o pilón de uso público). En esta sección se realiza un análisis para cuatro indicadores económicos: (1) Ingreso principal mensual, (2) Ingreso total mensual. (3) Estatus de



desempleo y (4) Horas trabajadas a la semana.



Tabla 12  
Regresión: Cloro residual y actividad económica del hogar

	VD: Calidad bacteriológica				VD: Vivienda sin agua segura			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Ingreso <u>principal</u>	Ingreso <u>total</u>	Desempleo	Horas <u>Semana</u>	Ingreso <u>principal</u>	Ingreso <u>total</u>	Desempleo	Horas <u>Semana</u>
Cloro residual	67.94**	74.21*	-0.02***	0.38	-44.14	-46.49	0.02	0.82
	(23.42)	(27.07)	(0.04)	(1.04)	(36.27)	(39.11)	(0.01)	(1.22)
Num.Obs.	2431	2431	1783	1773	2531	2531	1845	1831
Std.Errors	Distrito	Distrito	Distrito	Distrito	Conglom.	Conglom.	Conglom.	Conglom.
EF: Distrito	X	X	X	X	X	X	X	X
EF: Año	X	X	X	X	X	X	X	X
EF: Conglomerado					X	X	X	X

*Nota.* \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . Calidad bacteriológica se mide con dosificación de Cloro en mg/Lt. Vivienda sin agua segura es variable binaria igual a 1 si hogar tiene dosificación  $< 0.5$  mg/Lt. Medición se realiza con el Reactivo DPD (dietil-p-fenilén diamina). Variables de ingreso principal e ingreso total en soles por mes. Desempleo es una variable binaria = 1 si la persona se encontraba desempleada.

Se hipotetiza que una reducción en la calidad bacteriológica del agua afecta a la salud y productividad de los trabajadores, con efectos negativos en su salario e indicadores laborales. El cloro residual puede afectar negativamente a la productividad de los trabajadores si hay un deterioro apreciable en su salud. En particular, los trabajadores con malestares pueden ver reducidas sus horas de trabajo, lo que las hace más propensas a quedar desempleadas, o a experimentar una reducción en su nivel de ingresos. De la tabla 12 podemos apreciar que el incremento de 1 mg/Lt en la dosificación de cloro incrementa el ingreso principal en 67.9 soles mensuales y el ingreso total en 74.21 soles mensuales. También vemos que hay una reducción de 2% en la probabilidad de estar desempleado y un incremento de 0.38 horas trabajadas a la semana, aunque este último efecto no es estadísticamente significativo. En general, los resultados muestran que el cloro residual tiene efectos significativos sobre la actividad económica de los hogares.

### 5.2.3 Cloro residual y retornos económicos

En este apartado se realizan estimaciones para estimar los retornos económicos de brindar agua segura a la población (hipótesis específica 3). La metodología empleada está basada en el estudio de (Duflo, 2001) y en el modelo de Lancaster-Maler que proporciona un





medir el beneficio de los



usuarios de agua por una mejor disponibilidad de agua, o agua menos salina, o un suministro de agua más confiable.

Las estimaciones del efecto del cloro residual en los salarios puede ser utilizado para comparar el costo de operar los sistemas de abastecimiento, bajo el supuesto de que el incremento en los ingresos representa un incremento en la productividad (capital humano), y que los efectos de equilibrio general no son importantes. Para ello, utilizamos los datos anuales de inversión y gastos operativos de SEDACUSCO S.A, junto con una estimación del impacto del agua segura en el valor agregado bruto de la ciudad del Cusco. Cabe indicar que los cálculos requieren supuestos adicionales y deben ser tomados con precaución; sin embargo, es útil evaluar las consecuencias de proveer agua segura a la población. Para iniciar, los costos anuales son calculados con la fórmula siguiente:

$$C(t) = IE(0) + CO(t) + SC(t) + AV(t)$$

Donde  $C(t)$  es el costo total en el año  $t$ ,  $IE(0)$  es el costo de la inversión inicial (proyectos de inversión de SEDACUSCO S.A del año 2020),  $CO(t) + SC(t) + AV(t)$  son el costo operativo, costo de servicios colaterales y gastos de administración y ventas respectivamente. Los datos de inversión se obtienen de las memorias anuales de SEDACUSCO S.A, y la estructura de costos de la empresa se obtiene del informe tarifario de la SUNASS. Por otro lado, para calcular los beneficios anuales del agua segura, utilizamos los siguientes supuestos: (1) El incremento en los ingresos se atribuye a un ingreso en la productividad del trabajo. (2) El efecto es homogéneo en todos los hogares de la ciudad del Cusco. (3) La proporción de ingreso laboral es constante para cualquier año. Con esas precisiones, se emplea la siguiente ecuación para calcular el beneficio de agua segura:

$$B(t) = \alpha * VAB(t) * E(c)$$

Donde  $B(t)$  es el beneficio de agua segura en el año  $t$ ,  $\alpha$  es la contribución (participación) del trabajo en el Valor Agregado Bruto (VAB) para la población objetivo



(100,000 personas).  $VAB(t)$  es el Valor Agregado Bruto de la ciudad del Cusco en el año  $t$ .

$E(c)$  es el efecto promedio estimado de tener agua segura. Este último se calcula con el salario anual promedio y el incremento en el ingreso anual hallado en la investigación.

Con estos valores, la tabla 13 presenta los resultados de la estimación de los retornos económicos de brindar agua segura, junto con los supuestos y parámetros utilizados.

Tabla 13  
Retornos económicos de brindar agua segura: 2022-2030

PANEL A: Resultados	Valores
Suma descontada de beneficios netos en 2030 (Tasa de descuento: 10%)	
Soles	174,506,033
Fracción del VAB en 2020	2.06%
PANEL B: Supuestos y parámetros	Valores
Tasa de crecimiento de la población	1.32%
Salario anual promedio (soles)	12,776
Incremento en el ingreso anual (soles)	891
% incremento salarial	6.97%
Valor agregado bruto (VAB) 2020	8,487,338,640
Participación del trabajo en el VAB ( $\alpha$ )	8%

*Nota.* Elaboración propia con información de inversiones y costos operativos de SUNASS. Valor agregado bruto, tasa de crecimiento poblacional y salarios obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática.

El análisis de retorno económico muestra que la suma descontada de beneficios netos desde 2030 (con una tasa de descuento del 10%) es de 174 millones de soles. Esto sugiere que la inversión inicial en agua segura puede traer retornos importantes al valor agregado bruto de la ciudad. La suma descontada de beneficios netos representa un 2.06% en términos del VAB en el año 2020. Por lo tanto, la inversión en agua segura es justificada *ex ante*. El acceso a agua segura es valioso desde el punto de vista gubernamental, bajo los supuestos realizados en esta sección.

### 5.3 Resultados respecto al objetivo general

En esta sección se analiza los efectos del cloro residual sobre indicadores de salud. Se presentan los resultados para tres indicadores de salud: (1) Si la persona tuvo un síntoma de dolor de cabeza, fiebre o náuseas en las últimas cuatro semanas, (2) Si la



(enfermedad digestiva crónica) o (3) si tuvo alguna enfermedad. Se realiza el análisis para dos indicadores de la variable dependiente: (1) Calidad bacteriológica que mide la dosificación de cloro en mg/Lt (más cloro es mejor), y (2) Vivienda sin agua segura, que es igual a 1 si el hogar tiene dosificación de cloro menor a 0.5 mg/Lt.

Tabla 14  
Regresión: Cloro Residual y Salud

	VD: Calidad bacteriológica			VD: Vivienda sin agua segura		
	(1) Síntoma	(2) Colitis	(3) Enfermedad	(4) Síntoma	(5) Colitis	(6) Enfermedad
Cloro residual	-0.031* (0.013)	0.021 (0.019)	-0.056** (0.018)	0.043* (0.024)	-0.036 (0.031)	0.045* (0.026)
Num.Obs.	3228	3228	3228	3353	3353	3353
Std.Errors	Distrito	Distrito	Distrito	Conglom.	Conglom.	Conglom.
EF: Distrito	X	X	X	X	X	X
EF: Año	X	X	X	X	X	X
EF: Conglomerado				X	X	X

*Nota.* \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . Calidad bacteriológica se mide con dosificación de Cloro en mg/Lt. Vivienda sin agua segura es variable binaria igual a 1 si hogar tiene dosificación  $< 0.5$  mg/Lt. Medición se realiza con el Reactivo DPD (dietil-p-fenilen diamina). Variables dependientes son variables binarias iguales a 1 si la persona tuvo síntoma de malestar (dolor de cabeza, fiebre, nausea), colitis o enfermedad en las últimas cuatro semanas.

Los resultados de la tabla 14 muestran que la presencia de cloro residual tiene efectos significativos sobre los indicadores de salud. En primer lugar, vemos que un incremento de 1 mg/Lt genera una reducción de 3.1 puntos porcentuales en la probabilidad de tener un síntoma (dolor de cabeza, fiebre o nausea), también vemos que reduce la probabilidad de tener una enfermedad en 5.6 puntos porcentuales. Para el caso de la variable binaria “Vivienda sin agua segura”, vemos que vivir en una vivienda sin agua segura incrementa en 4.3 puntos porcentuales y 4.5 puntos porcentuales la probabilidad de tener un síntoma o una enfermedad. Estos resultados sugieren que la falta de cloro residual en el agua de los hogares tiene efectos negativos y significativos sobre la salud de los hogares en la ciudad del Cusco.

## 5.4 Modelo econométrico y supuestos

### 5.4.1 Modelo econométrico

Para realizar en análisis y evaluar las hipótesis de la investigación, recurrimos a las teorías planteadas para estimar un modelo en forma reducida. Primero, el modelo de



que se deprecia



con la edad y puede incrementarse con la inversión, es decir, los individuos realizan gastos para mantenerse sanos, incluyendo la elección de su ubicación para reducir los riesgos de consumir agua con baja calidad bacteriológica. En esta misma línea el modelo de demanda de salud (Babalola, 2017) sugiere que la demanda de asistencia sanitaria surge del deseo del consumidor de gozar de buena salud ya que la mayoría de la gente prefiere estar sana a estar enferma. Estas teorías se pueden operacionalizar estimando un modelo donde se estima el efecto de la calidad bacteriológica sobre la salud de las personas, donde esperaríamos encontrar una relación negativa, incluso cuando toman medidas para no enfermarse y mantenerse sanos como indican los modelos de (Grossman, 1972) y (Babalola, 2017). Por otro lado, la Teoría del bienestar de Pareto y la Teoría de la compensación de Karlor-Hicks sugieren que las personas buscan su beneficio optimizando respecto a sus restricciones, en este caso, las personas aparentemente buscarían alejarse a agua con una baja calidad bacteriológica, sin poder evitar todos los efectos perjudiciales debido a la restricción que enfrentan. Esta relación se puede estimar con el siguiente modelo de regresión:

$$y_{ihct} = \alpha + \beta_1 x_{hct} + \lambda_d + \delta_t + \omega_c + \varepsilon_{ihct}$$

Donde:

- $y_{ict}$  es la variable dependiente para la persona  $i$  en el hogar  $h$  en el conglomerado  $c$  en el año  $t$  (indicadores de salud o indicadores socioeconómicos).
- $\alpha$  es el intercepto del modelo de regresión
- $x_{ict}$  es la variable independiente (calidad bacteriológica o vivienda sin agua segura) para el hogar  $h$  en el conglomerado  $c$  en el año  $t$ .
- $\lambda_d$  es un conjunto de variables que identifican al distrito del hogar (efectos fijos a nivel distrital),
- $\delta_t$  es un conjunto de variables que identifican al año de análisis (efectos fijos de año)



- $\omega_c$  es un conjunto de variables que identifican al conglomerado (efectos fijos de conglomerado)
- $\varepsilon_{ict}$  es el error del modelo de regresión para la persona  $i$  en el hogar  $h$  en el conglomerado  $c$  en el año  $t$

#### 5.4.2 Supuestos del modelo de regresión

En este apartado, se realiza un análisis de los principales supuestos del modelo de regresión. Se realiza un análisis de autocorrelación, normalidad (Q-Q plots), pruebas de heterocedasticidad y presencia de colinealidad. La tabla 15 muestra el test de autocorrelación para los modelos de síntoma y enfermedad. En ambos se utilizan los test de Breusch-Godfrey y Durbin-Watson. La autocorrelación es la similitud entre las variables para diferentes años puede llevar a sobre estimaciones de los errores estándar. De la tabla 15 podemos ver que se rechaza la hipótesis nula en ambos modelos, lo que sugiere la presencia de autocorrelación en el modelo, para evitar problemas de autocorrelación o heterocedasticidad, empleamos errores estándar HAC1 (robustos) en los modelos planteados.

Tabla 15  
Regresión: Test de autocorrelación

Modelo	LM/DW	df	p-valor
Síntoma			
<i>Breusch-Godfrey</i>	42.036	1	0.0089
<i>Durbin-Watson</i>	1.7714	-	0.0163
Enfermedad			
<i>Breusch-Godfrey</i>	47.438	1	0.0056
<i>Durbin-Watson</i>	1.7572	-	0.0991

*Nota.* Hipótesis nula en los tests de Breusch-Godfrey y Durbin Watson: No existe autocorrelación en

el modelo. Para probar normalidad, realizamos un Q-Q Plot, que permite diferenciar

entre una distribución normal teórica y la distribución empírica de nuestros

datos. De la figura 20

podemos concluir que las variables consideradas cumplen con el supuesto de normalidad.

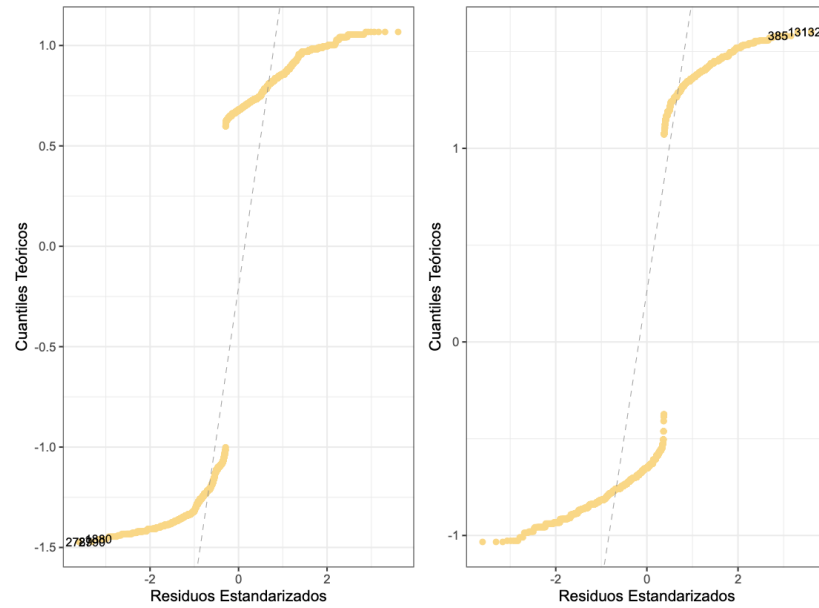


FIGURA 20. Q-Q Plot

Notas: Elaborado con información de la Encuesta Nacional de Hogares – 2016-2020

La tabla 16 realiza el test de heterocedasticidad. Se presentan los tests de Breusch-Pagan, Goldfeld-Quandt y Harrison-McCabe. En todos los casos, se rechaza la hipótesis de no heterocedasticidad. Para lidiar con este problema, se emplean errores estándar (HAC1) robustos a heterocedasticidad.

Tabla 16  
Regresión: Test de heterocedasticidad

Modelo	LM/DW	df	p-valor
<b>Síntoma</b>			
<i>Breusch-Pagan</i>	35.654	8	0.00203
<i>Goldfeld-Quandt</i>	0.9742	1605	0.6997
<i>Harrison-McCabe</i>	0.50661	-	0.661
<b>Enfermedad</b>			
<i>Breusch-Pagan</i>	33.31	8	0.0054
<i>Goldfeld-Quandt</i>	1.0013	1605	0.4894
<i>Harrison-McCabe</i>	0.49978	-	0.498

Nota. Hipótesis nula en los tests: No existe heterocedasticidad en el modelo

La figura 21 muestra que los valores no están uniformemente distribuidos (valores predichos), lo que sugiere la presencia de heterocedasticidad en el modelo de regresión.



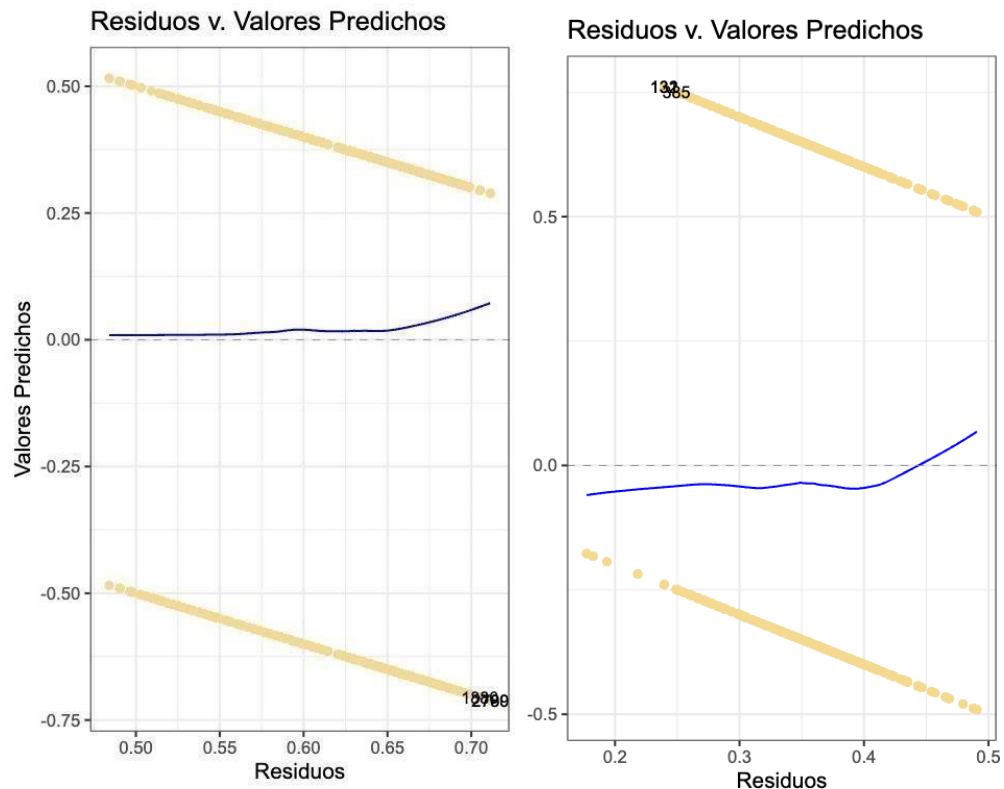


FIGURA 21. Gráfico de residuos vs. valores predichos

Notas: Elaborado con información de la Encuesta Nacional de Hogares – 2016-2020

Tabla 17  
Regresión: Test de  
colinealidad

Variable	GVIF	df	GVIF <sup>1/(2*df)</sup>
Cloro residual	1.0488	1	1.0241
Ubigeo	1.0221	4	1.0027
Año	1.0414	3	1.0067

Nota. GVIF: Inflación de la varianza de la variable  $i$ . GVIF<sup>1/(2\*df)</sup>: Inflación de la varianza normalizada

La tabla 17 presenta una prueba de colinealidad para las variables de investigación. Se utiliza el Factor Generalizado de la Inflación de la Varianza (GVIF). Este valor debe ser menor a 10 para las variables incluidas en la investigación. Podemos ver que se cumple con el requerimiento y por lo tanto no hay colinealidad en las variables.



## Capítulo VI Discusión

### 6.1 Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

La investigación ha estudiado el efecto del acceso a agua segura en la salud e indicadores económicos de los hogares de la ciudad del Cusco, para ello, se realizaron cuatro análisis en el capítulo de resultados: (1) Regresión entre la presencia de cloro residual y los indicadores de salud. (2) Diferencias entre la presencia de cloro en los sistemas de distribución. (3) Regresión entre la presencia de cloro residual e indicadores económicos y (4) Análisis de los retornos económicos de brindar agua segura. Para resumir los principales hallazgos, a continuación, realizamos la descripción de las hipótesis planteadas y los hallazgos encontrados, donde la “hipótesis” hace referencia a la “hipótesis alternativa”:

- *HG*: Se acepta la hipótesis con una significancia estadística de 5%. Una baja concentración de cloro residual tiene efectos negativos en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020. En particular, un incremento de 1 mg/Lt en la dosificación de cloro genera una reducción de 3.1 puntos porcentuales en la probabilidad de tener un síntoma de malestar (dolor de cabeza, fiebre o náusea), también vemos que reduce la probabilidad de tener una enfermedad asociada a la falta de cloro en 5.6 puntos porcentuales. También se identifica que vivir en un hogar sin agua segura incrementa en 4.3 y 4.5 puntos porcentuales la probabilidad de tener un síntoma o una enfermedad asociada a la falta de cloro.
- *HEI*: Se rechaza la hipótesis con una significancia estadística de 5%. El sistema de distribución de agua potable genera efectos diferenciados en la concentración de cloro residual en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020. Las diferencias en la calidad bacteriológica no son estadísticamente significativas



cuando se realiza un análisis de regresión con errores estándar agrupados a nivel de conglomerado y con efectos fijos a nivel de año.

- *HE2*: Se acepta la hipótesis con una significancia estadística de 5%. Una mayor concentración de cloro residual resulta en mayor actividad económica de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020. En particular, un incremento de 1 mg/Lt en la dosificación de cloro incrementa el ingreso principal en 67.9 soles mensuales y el ingreso total en 74.21 soles mensuales. También hay una reducción de 2% en la probabilidad de estar desempleado.
- *HE3*: Se acepta la hipótesis con una significancia estadística de 5%. Brindar agua segura (cloro residual) genera un mayor retorno económico en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020. El análisis de retorno muestra que la suma descontada de beneficios netos desde 2030 (con una tasa de descuento del 10%) es de 174 millones de soles. La suma descontada de beneficios netos representa un 2.06% en términos del VAB en el año 2020. Por lo tanto, la inversión en agua segura es justificada ex post. El acceso a agua segura es valioso desde el punto de vista gubernamental.

## 6.2 Limitaciones del estudio

La principal limitación del estudio es la representatividad de la muestra de la ENAHO (nivel regional), lo que limita la inferencia que se puede hacer para provincias o distritos como la presente investigación. Sin embargo, se ha asegurado una muestra de cinco años para aumentar la representatividad de los distritos que pertenecen a la ciudad del Cusco.

## 6.3 Comparación crítica con la literatura existente

Las investigaciones consultadas (Jeuland et al., 2021), (Anderson et al., 2018) han identificado que brindar agua segura tiene efectos positivos en la salud e indicadores económicos de los hogares. (Anderson et al., 2018) encuentra el filtrado del suministro de agua municipal redujo drásticamente la mortalidad por tifoidea. La filtración de agua también



se asocia con una disminución (estadísticamente insignificante) del 1-2 por ciento en la mortalidad total y una disminución del 11-12 por ciento en la mortalidad infantil. Asimismo, (Brahma & Mukherjee, 2020) encuentra que se puede reducir la desnutrición infantil y mejorar las calificaciones de los alumnos en el corto plazo, con mejoras en sus salarios cuando ingresan al mercado laboral. En general, la literatura existente ha identificado efectos positivos de tener agua segura. Estas estimaciones son similares a las identificadas, entre ellas, la reducción en la probabilidad de tener una enfermedad asociada a la falta de cloro en 5.6 puntos porcentuales.

En relación a las teorías delineadas en las bases teóricas, se detallan los principales hallazgos para cada una de ellas:

- De acuerdo con la teoría de (Zhu, 2011), el problema de la calidad del agua está relacionado con la contaminación del agua, que podría ser causada por externalidades negativas. Estas externalidades negativas provocan impactos negativos en los usuarios del agua dependiendo del sistema de abastecimiento. En la investigación, se ha encontrado diferencias significativas entre los sistemas de abastecimiento de la ciudad.
- El modelo de Lancaster-Maler nos proporcionó un marco para la valoración económica del agua, que puede usarse para medir los beneficios de los usuarios de agua para una mejor disponibilidad de agua, estos efectos deben ser positivos en promedio. En línea con este resultado, la investigación ha identificado que hay un efecto positivo en el VAB de la ciudad del Cusco.
- Los modelos de (Grossman, 1972) y (Babalola, 2017) sugieren que las personas invierten en mayor salud o demandan asistencia con el deseo de gozar de buena salud ya que la mayoría de la gente prefiere estar sana a estar enferma. En la investigación se ha encontrado que pese a los problemas de selección (las



personas invierten en salud), aún así se ha encontrado un efecto negativo del agua con una baja calidad bacteriológica sobre los principales indicadores de salud.

- Los modelos de bienestar de Pareto y la Teoría de la compensación de Karlor-Hicks sugieren que las personas buscan su beneficio optimizando respecto a sus restricciones, en este caso, las personas buscarían alejarse de agua con una baja calidad bacteriológica sin poder evitar todos los efectos perjudiciales debido a la restricción que enfrentan. Esta restricción se evidencia con los resultados de la investigación.

#### **6.4 Implicancias de la investigación**

La investigación tiene implicancias directas para la política pública regional. En particular, los resultados sugieren que las siguientes acciones pueden contribuir a brindar acceso a agua segura: i) la construcción de tuberías de abastecimiento de agua y alcantarillado en la propiedad que conecta la red al punto de conexión de agua de la residencia; ii) la construcción o reconstrucción de un tanque de recolección; y iii) la construcción o reconstrucción de una planta de autotratamiento en una zona residencial en un área de alcantarillado.



### Conclusiones

- Una baja concentración de cloro residual tiene efectos negativos en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020. Se ha encontrado que un incremento de 1 mg/Lt en la dosificación de cloro genera una reducción de 3.1 puntos porcentuales en la probabilidad de tener un síntoma de malestar (dolor de cabeza, fiebre o náusea), también reduce la probabilidad de tener una enfermedad asociada a la falta de cloro en 5.6 puntos porcentuales. Finalmente, se identifica que vivir en un hogar sin agua segura incrementa en 4.3 y 4.5 puntos porcentuales la probabilidad de tener un síntoma o una enfermedad asociada a la falta de cloro.
- El sistema de distribución de agua potable tiene efectos limitados en la concentración de cloro residual en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020. Las diferencias en la calidad bacteriológica no son estadísticamente significativas cuando se realiza un análisis de regresión con errores estándar agrupados a nivel de conglomerado y con efectos fijos a nivel de año.
- Una mayor concentración de cloro residual resulta en mayor actividad económica de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020. Se ha encontrado que un incremento de 1 mg/Lt en la dosificación de cloro incrementa el ingreso principal en 67.9 soles mensuales y el ingreso total en 74.21 soles mensuales. También hay una reducción de 2% en la probabilidad de estar desempleado.
- Brindar agua segura (cloro residual) genera un mayor retorno económico en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020. El análisis de retorno muestra que la suma descontada de beneficios netos desde 2030 (con una tasa de descuento del 10%) es de 174 millones de soles. La suma descontada de beneficios netos



representa un 2.06% en términos del VAB en el año 2020 en la ciudad del Cusco. Por lo tanto, la inversión en agua segura es justificada ex post.



### Recomendaciones

- El cloro es un desinfectante versátil y de bajo costo apropiado para sistemas de agua de cualquier tamaño, ya sea que sirva a un área rural remota o a una gran ciudad moderna. Cuando no se dispone de suministros de agua corriente, el cloro también se puede utilizar para tratar el agua en los hogares individuales. La pequeña cantidad de cloro que normalmente se usa para desinfectar el agua no presenta riesgos para la salud humana. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido un valor guía de 5 mg/L para el cloro en el agua potable, lo que significa que dichas concentraciones se consideran aceptables para el consumo humano.
- El programa de abastecimiento de cloro ofrecido por SEDACUSCO S.A. tiene como objetivo beneficiar a los hogares desatendidos y proteger el medio ambiente al tiempo que mejora la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes (algunas de las cuales actualmente no reciben cargas suficientes). El apoyo financiero ofrecido por el programa puede ser utilizado para: i) la construcción de tuberías de abastecimiento de agua y alcantarillado en la propiedad que conecta la red al punto de conexión de agua de la residencia; ii) la construcción o reconstrucción de un tanque de recolección; y iii) la construcción o reconstrucción de una planta de autotratamiento en una zona residencial en un área de alcantarillado con menos de 2000 consumidores.
- Las autoridades reguladoras de los servicios de agua y residuos han elaborado indicadores de asequibilidad para los servicios de agua, saneamiento y residuos sólidos a nivel internacional. Los resultados de los indicadores de asequibilidad se pueden utilizar para centrar la atención de los proveedores de servicios en la ciudad del Cusco.





### Referencias Bibliográficas

Aksan, A. M., & Vásquez, W. F. (2019). Quality perceptions and water treatment behavior at the household level. *Water Economics and Policy*, 5(3).  
<https://doi.org/10.1142/S2382624X18500248>

Alvarez, D. (2019). *El Marketing social y su influencia en el uso adecuado del agua potable, en los usuarios de la EPS. Sedacusco en el 2017*. moz-extension://f3621db6-f577-2349-b917-42ec302049e5/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2F repositorio.unsaac.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2FUNSAAC%2F4459%2F253T20191102\_TC.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy

Anderson, M., Charles, K., & Rees, D. (2018). *Re-Examining the Contribution of Public Health Efforts to the Decline in Urban Mortality*.

Babalola, O. (2017). Consumers and Their Demand for Healthcare. *Journal of Health & Medical Economics*, 03(01). <https://doi.org/10.21767/2471-9927.100032>

Ballard, A. (2017). *The Effects of Improved Water and Sanitation Access on Under Five Child Diarrhea in Peru*. [https://uknowledge.uky.edu/cph\\_etds](https://uknowledge.uky.edu/cph_etds)

Brown, J., Hamoudi, A., Jeuland, M., & Turrini, G. (2017). Seeing, believing, and behaving: Heterogeneous effects of an information intervention on household water treatment. *Journal of Environmental Economics and Management*, 86, 141–159.  
<https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.08.005>

Calzada, J., & Iranzo, S. (2020). Can communal systems work? The effects of communal water provision on child health in Peru. *World Development*, 140, 105261.  
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105261>

Canales, M. (2006). *Metodologías de investigación social* (Primera). Lom



Duflo, E. (2001). Schooling and Labor Market Consequences of School Construction in Indonesia: Evidence from an Unusual Policy Experiment. *American Economic Review*, 91(4), 795–813. <https://doi.org/10.1257/AER.91.4.795>

Exum, N. G., Lee, G. O., Olórtegui, M. P., Yori, P. P., Salas, M. S., Trigos, D. R., Colston, J. M., Schwab, K. J., McCormick, B. J. J., & Kosek, M. N. (2018). A longitudinal study of household water, sanitation, and hygiene characteristics and environmental enteropathy markers in children less than 24 months in Iquitos, Peru. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 98(4), 995– 1004. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.17-0464>

Greenlaw, S. (2017). *Principles of microeconomics* . XanEdu Publishing Inc.

Grossman, M. (1972). On the Concept of Health Capital and the Demand for Health. *Journal of Political Economy*, 80(2), 223–255.

<https://doi.org/10.1086/259880> Jeuland, M., McClatchey, M., Patil, S. R.,

Pattanayak, S. K., Poulos, C. M., & Yang, J.-

C. (2021). Do Decentralized Community Treatment Plants Provide Clean Water?

Evidence from Rural Andhra Pradesh, India. *Land Economics*, 97(2), 345–371.

<https://doi.org/10.3368/LE.97.2.345>

Wilson, N. (2017). *Determinación del coeficiente de variación de la demanda diaria y horaria de agua potable de la ciudad del Cusco.*



Anexo 1. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Diseño
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es el impacto del cloro residual en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar el impacto del cloro residual en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Una baja concentración de cloro residual tiene efectos negativos en la salud de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.</p>	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Salud del hogar</li> <li>Actividad económica del hogar</li> </ul>	<p><b>Variable Dependiente</b> Nivel de cloro residual en el sistema de abastecimiento del hogar (reactivo DPD (dietyl-p-fenilen diamina))</p>	<p><b>La investigación es no experimental:</b> No se realizará experimentos ni habrá intervención en los fenómenos.</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo afecta el sistema de distribución de agua potable a la concentración de cloro en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020?</li> <li>¿Cuál es el impacto del cloro residual en la actividad económica de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020?</li> <li>¿Cuál es el retorno económico de brindar agua segura en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020?</li> </ul>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar cómo afecta el sistema de distribución de agua potable a la concentración de cloro en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.</li> <li>Determinar el impacto del cloro residual en la actividad económica de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.</li> <li>Determinar el retorno económico de brindar agua segura en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Una mayor concentración de El sistema de distribución de agua potable genera efectos diferenciados en la concentración de cloro residual en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.</li> <li>Una mayor concentración de cloro residual resulta en mayor actividad económica de los hogares de la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.</li> <li>Brindar agua segura (cloro residual) genera un mayor retorno económico en la ciudad del Cusco durante el período 2016-2020.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cloro residual.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presencia de diarrea en los miembros del hogar i</li> <li>- Presencia de enfermedad respiratoria aguda en los miembros del hogar i</li> <li>- Presencia de desnutrición crónica en los miembros del hogar i</li> <li>- Nivel de ingresos promedio del hogar i</li> <li>- Retorno económico promedio por conglomerado.</li> </ul>	<p><b>Es correlacional:</b> busca describir las variables y además conocer la relación entre ellas.</p> <p><b>Tiene un enfoque cuantitativo</b> La recolección de datos se fundamenta en la medición, se analizarán los datos en base a métodos cuantitativos.</p>



ANEXO 2: RESULTADOS ECONÓMICOS

Flujo de caja	Años										
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<i>Costos</i>											
Inversión inicial	33,341,158										
Costos operativos	8,896,514	8,914,307	8,932,136	8,950,000	8,967,900	8,985,836	9,003,807	9,021,815	9,039,859	9,057,938	9,076,054
Costos servicios colaterales	435,917	436,789	435,918	436,790	435,919	436,791	435,920	436,792	435,921	436,793	437,666
Gastos de administración y ventas	1,751,117	1,754,619	1,758,128	1,761,645	1,765,168	1,768,698	1,772,236	1,775,780	1,779,332	1,782,890	1,786,456
<i>Impacto</i>	-	45,877,62	46,483,20	47,096,78	47,718,46	48,348,34	48,986,54	49,633,17	50,288,32	50,952,13	51,624,70
<i>Beneficio neto</i>	-35,528,192	34,771,91	35,357,02	35,948,35	36,549,47	37,157,02	37,774,58	38,398,78	39,033,21	39,674,51	40,324,52
		0	7	3	8	4	4	3	6	2	5

<i>PANEL A: Resultados</i>	
<b>Suma descontada de beneficios netos en 2030 (Tasa de descuento: 5%)</b>	
Soles	174,506,033
Fracción del VAB en 2020	2.06%
<i>PANEL B: Supuestos y parámetros</i>	
Tasa de crecimiento de la población	1.32%
Salario anual promedio (soles)	12,776
Incremento en el ingreso anual (soles)	891
% incremento salarial	6.97%
Valor agregado bruto (VAB)	8,487,338,640
Participación del trabajo en el VAB	8%



### Anexo 3. Modelos de regresión

#### # Sistema de abastecimiento y cloro residual

```
[[1]]
OLS estimation, Dep. Var.: cloro_resid
Observations: 3,233
Fixed-effects: year: 4
Standard-errors: Clustered (conglome)
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
system_disPiuray  0.081362   0.133519  0.609366  0.54522
system_disVilcanota 0.108160   0.121293  0.891727  0.37708
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 0.458411      Adj. R2: 0.040519
                Within R2: 0.008588
```

```
[[2]]
OLS estimation, Dep. Var.: cat_cloro_resid_inad
Observations: 3,364
Fixed-effects: year: 4
Standard-errors: Clustered (conglome)
                Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
system_disPiuray  -0.007660   0.111015 -0.068999  0.94528
system_disVilcanota -0.127723   0.101309 -1.260723  0.21363
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 0.445564      Adj. R2: 0.067101
                Within R2: 0.018749
```

#### # Cloro residual e indicadores de salud

```
[[1]]
OLS estimation, Dep. Var.: sintoma
Observations: 3,228
Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4
Standard-errors: Clustered (ubigeo)
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
cloro_resid -0.031456   0.012658 -2.48503 0.067845 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 0.483396      Adj. R2: 0.010719
                Within R2: 8.85e-4
```

```
[[2]]
OLS estimation, Dep. Var.: gripe
Observations: 3,228
Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4
Standard-errors: Clustered (ubigeo)
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
cloro_resid 0.021322   0.019089  1.117  0.32656
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 0.494637      Adj. R2: 0.005116
```



Within R2: 3.886e-4

[[3]]

OLS estimation, Dep. Var.: enfermedad

Observations: 3,228

Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4

Standard-errors: Clustered (ubigeo)

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

cloro\_resid -0.055709 0.018095 -3.07864 0.03698 \*

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

RMSE: 0.47519 Adj. R2: 0.00946

Within R2: 0.002867

[[4]]

OLS estimation, Dep. Var.: sintoma

Observations: 3,353

Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4, conglome: 48

Standard-errors: Clustered (conglome)

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

cat\_cloro\_resid\_inad 0.042723 0.024445 1.74769 0.087049 .

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

RMSE: 0.474006 Adj. R2: 0.032433

Within R2: 0.001251

[[5]]

OLS estimation, Dep. Var.: gripe

Observations: 3,353

Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4, conglome: 48

Standard-errors: Clustered (conglome)

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

cat\_cloro\_resid\_inad -0.036318 0.031238 -1.16263 0.25085

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

RMSE: 0.482449 Adj. R2: 0.039428

Within R2: 8.732e-4

[[6]]

OLS estimation, Dep. Var.: enfermedad

Observations: 3,353

Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4, conglome: 48

Standard-errors: Clustered (conglome)

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

cat\_cloro\_resid\_inad 0.04495 0.026416 1.70164 0.09543 .

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

RMSE: 0.467707 Adj. R2: 0.028969

Within R2: 0.001422

# Cloro residual e indicadores económicos



[[1]]

```
OLS estimation, Dep. Var.: ing_princ
Observations: 2,431
Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4
Standard-errors: Clustered (ubigeo)
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
cloro_resid 67.9422      23.4273 2.90013 0.044112 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 896.0      Adj. R2: 0.004118
      Within R2: 0.001222
```

[[2]]

```
OLS estimation, Dep. Var.: ing_total
Observations: 2,431
Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4
Standard-errors: Clustered (ubigeo)
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
cloro_resid 74.2159      27.0739 2.74124 0.05184 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 955.4      Adj. R2: 0.003852
      Within R2: 0.001282
```

[[3]]

```
OLS estimation, Dep. Var.: unemployment
Observations: 1,783
Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4
Standard-errors: Clustered (ubigeo)
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
cloro_resid -0.020975    0.003792 -5.53212 0.0052173 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 0.23048      Adj. R2: 0.001432
      Within R2: 0.001763
```

[[4]]

```
OLS estimation, Dep. Var.: hours_weekly
Observations: 1,773
Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4
Standard-errors: Clustered (ubigeo)
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
cloro_resid 0.384102      1.04107 0.368948 0.73087
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 19.2      Adj. R2: 0.004014
      Within R2: 8.393e-5
```

[[5]]

```
OLS estimation, Dep. Var.: ing_princ
```



```
Observations: 2,531
Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4, conglome: 48
Standard-errors: Clustered (conglome)
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
cat_cloro_resid_inad -44.1488    36.2721 -1.21716 0.22962
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 913.9      Adj. R2: 0.008023
                Within R2: 3.574e-4
```

[[6]]

```
OLS estimation, Dep. Var.: ing_total
Observations: 2,531
Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4, conglome: 48
Standard-errors: Clustered (conglome)
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
cat_cloro_resid_inad -46.4908    39.1177 -1.18849 0.24061
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 968.9     Adj. R2: 0.007617
                Within R2: 3.526e-4
```

[[7]]

```
OLS estimation, Dep. Var.: unemployment
Observations: 1,845
Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4, conglome: 48
Standard-errors: Clustered (conglome)
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
cat_cloro_resid_inad 0.019354    0.016848 1.14879 0.25646
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 0.226776  Adj. R2: 0.012355
                Within R2: 0.001119
```

[[8]]

```
OLS estimation, Dep. Var.: hours_weekly
Observations: 1,831
Fixed-effects: ubigeo: 5, year: 4, conglome: 48
Standard-errors: Clustered (conglome)
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
cat_cloro_resid_inad 0.820568    1.2247 0.670015 0.50613
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 19.2      Adj. R2: 0.010737
                Within R2: 2.762e-4
```





## # Diagnósticos de regresión

```
r$> ## Autocorrelación
```

```
# Breusch-Godfrey test
```

```
bgtest(list_reg[[1]])
```

```
bgtest(list_reg[[2]])
```

```
Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1
```

```
data: list_reg[[1]]
```

```
LM test = 42.036, df = 1, p-value = 8.962e-11
```

```
Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1
```

```
data: list_reg[[2]]
```

```
LM test = 47.438, df = 1, p-value = 5.677e-12
```

```
# Durbin-Watson test
```

```
dwtest(list_reg[[1]])
```

```
dwtest(list_reg[[2]])
```

```
Durbin-Watson test
```

```
data: list_reg[[1]]
```

```
DW = 1.7714, p-value = 1.663e-11
```

```
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

```
Durbin-Watson test
```

```
data: list_reg[[2]]
```

```
DW = 1.7572, p-value = 9.91e-13
```

```
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

## ## Heterocedasticidad

```
# Breusch-Pagan
```

```
bptest(list_reg[[1]])
```

```
bptest(list_reg[[2]])
```

```
studentized Breusch-Pagan test
```

```
data: list_reg[[1]]
```

```
BP = 35.654, df = 8, p-value = 2.032e-05
```



```
studentized Breusch-Pagan test
```

```
data: list_reg[[2]]  
BP = 33.315, df = 8, p-value = 5.404e-05
```

### # Goldfeld-Quandt

```
gqtest(list_reg[[1]])  
gqtest(list_reg[[2]])
```

```
Goldfeld-Quandt test
```

```
data: list_reg[[1]]  
GQ = 0.9742, df1 = 1605, df2 = 1605, p-value = 0.6997  
alternative hypothesis: variance increases from segment 1 to 2
```

```
Goldfeld-Quandt test
```

```
data: list_reg[[2]]  
GQ = 1.0013, df1 = 1605, df2 = 1605, p-value = 0.4894  
alternative hypothesis: variance increases from segment 1 to 2
```

### # Harrison-McCabe

```
hmctest(list_reg[[1]])  
hmctest(list_reg[[2]])
```

```
Harrison-McCabe test
```

```
data: list_reg[[1]]  
HMC = 0.50661, p-value = 0.728
```

```
Harrison-McCabe test
```

```
data: list_reg[[2]]  
HMC = 0.49978, p-value = 0.487
```

### # Colinealidad

```
vif(list_reg[[1]])  
vif(list_reg[[2]])
```

```
                GVIF Df  GVIF^(1/(2*Df))  
cloro_resid    1.048841  1    1.024129  
factor(ubigeo) 1.022143  4    1.002741  
factor(year)   1.041444  3    1.006791
```



	GVIF	Df	GVIF <sup>(1/(2*Df))</sup>
cloro_resid	1.048841	1	1.024129
factor(ubigeo)	1.022143	4	1.002741
factor(year)	1.041444	3	1.006791



Anexo 4. Cuestionario Módulo 100 - ENAHO



**ENCUESTA NACIONAL DE HOGARES 2020**  
**CONDICIONES DE VIDA Y POBREZA**



CUESTIONARIO CONFIDENCIAL: AMPARADO POR EL  
DECRETO LEGISLATIVO N° 604 Y POR EL DECRETO SUPREMO  
043-2001-PCM: SECRETO ESTADÍSTICO

**ENAHO.01**

Contiene: Características de la Vivienda, del Hogar y de los Miembros del Hogar, Gastos del Hogar, Programas Sociales, Participación Ciudadana y Medición del cloro en los hogares.

CONGLOMERADO N°	N° DE SELECCIÓN DE LA VIVIENDA	TIPO DE SELECCIÓN	¿Esta es una vivienda de reemplazo?	Anote el N° de Selección de la vivienda que reemplaza
			SÍ .....1 → NO .....2	

CUESTIONARIO N°	Cuestionario Adicional
	1

UBICACIÓN GEOGRÁFICA				UBICACIÓN MUESTRAL			
1. DEPARTAMENTO		5. ZONA N°		6. MANZANA N°		7. AER N°	
2. PROVINCIA		8. VIVIENDA N°					
3. DISTRITO							
4. CENTRO POBLADO							

9. DIRECCIÓN DE LA VIVIENDA

Nombre de la Calle, Av., Jr., Carretera, etc.	N°	INT.	PISO	MZ.	LOTE	KM.	TELÉFONO

10. TOTAL DE HOGARES QUE OCUPAN LA VIVIENDA

Sr(a).: SI HOGAR es la persona o grupo de personas que se alimentan de una misma olla y atienden en común otras necesidades básicas.

¿Cuántos hogares ocupan esta vivienda? →

11. HOGAR N°

12. NOMBRES Y APELLIDOS DEL JEFE(A) DEL HOGAR

**13. ENTREVISTA Y SUPERVISIÓN**

VISITA	ENCUESTADOR(A)				SUPERVISOR(A) LOCAL					
	FECHA	HORA		PRÓXIMA VISITA		RESULTADO DE LA VISITA (*)	FECHA	HORA		RESULTADO DE LA VISITA (*)
		DE	A	FECHA	HORA			DE	A	
Primera										
Segunda										
Tercera										
Cuarta										
Quinta										
Sexta										

14. RESULTADO FINAL DE LA ENCUESTA

FECHA	RESULTADO	(*) CÓDIGOS DE RESULTADO		
		1. COMPLETA	4. AUSENTE	7. OTRO (Especifique)
		2. INCOMPLETA	5. VIVIENDA DESOCUPADA	
		3. RECHAZO	6. NO SE INICIÓ LA ENTREVISTA	

15. FUNCIONARIOS DE LA ENCUESTA

CARGO	N° DNI	NOMBRES Y APELLIDOS
ENCUESTADOR(A):		
SUPERVISOR(A) LOCAL(A):		
COORDINADOR(A) DEPARTAMENTAL:		
SUPERVISOR(A) NACIONAL:		

16. ¿EL HOGAR FUE ENTREVISTADO EL AÑO PASADO?

Si .....1

No .....2

17. TOTAL DE PERSONAS REGISTRADAS EN EL CAP 200	18. NÚMERO DE PERSONAS QUE LES CORRESPONDE EL:	19. TOTAL DE PRODUCTORES AGROPECUARIOS	20. TOTAL DE ACTIVIDADES INDEPENDIENTES CON CUESTIONARIO ENAHO.04	21. PREGUNTA 558-N° DE CUESTIONARIO:
	CAPÍTULO 300    CAPÍTULO 400    CAPÍTULO 500			ENAHO 02    ENAHO 04

22. ADEMÁS DE ESTA VIVIENDA, ¿EXISTE OTRA VIVIENDA EN LA QUE USTED O ALGÚN MIEMBRO DE SU HOGAR VIVEN REGULARMENTE?

Sí .....1

No .....2 → **Pase a Pgta.24**

23. ¿EN QUÉ DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO ESTÁ UBICADA DICHA VIVIENDA:

Departamento \_\_\_\_\_

Provincia \_\_\_\_\_

Distrito \_\_\_\_\_

**POR OBSERVACIÓN DIRECTA**

24. LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA TIENEN FACHADA:

a) CON TARRAJEO:

Total ..... 1

Parcial ..... 2

No está tarrajead ..... 3

No corresponde ..... 4

b) PINTADA:

Totalmente ..... 1

Parcialmente ..... 2

Sin pintar ..... 3

25. LA CALLE, AV., JR., CARRETERA, DONDE SE UBICA LA VIVIENDA TIENE:

(Marque una o más alternativa)

Pista asfaltada ..... 1

Pista afirmada/tierra ..... 2

Veredas ..... 3

Poste alumbrado público ..... 4

Ninguno ..... 5



**107B. EN LOS ÚLTIMOS 12 MESES, DE.....A.....¿UD. O ALGÚN MIEMBRO DE SU HOGAR HA OBTENIDO ALGUN CRÉDITO O PRÉSTAMO DESTINADO A:**

		(107C)										(107D)
		¿El crédito fue otorgado por: (Acepte una o más alternativas)										¿Cuál fue el Monto Total del Crédito recibido?
		Banco privado? ..... 1										
		Banco de la Nación? ..... 2										
		Caja Municipal? ..... 3										
		Persona Particular? ..... 4										
		Techo propio? ..... 6										
		Financiera de Ahorro y Crédito ..... 7										
		Otro? (Especifique) ..... 8										
		Cooperativa de Ahorro y Crédito? ..... 9										
		Derrama Magisterial? ..... 10										

	Sí	No	Código										S/.
1. Comprar casa, departamento?.....	1	2	1	2	3	4	6	7	8.....	9	10		
2. Comprar terreno para vivienda?.....	1	2	1	2	3	4	6	7	8.....	9	10		
3. Mejoramiento y/o ampliación de la vivienda?.....	1	2	1	2	3	4	6	7	8.....	9	10		
4. Construcción de vivienda nueva?.....	1	2	1	2	3	4	6	7	8.....	9	10		

**(B) ENCUESTADOR: Verifique pregunta 107B.**  
Si todas las alternativas tienen circulado el código 2 → **PASE A 110**

---

**107E. ¿HA TENIDO DIFICULTADES QUE LE HAN IMPEDIDO CUMPLIR CON EL CRONOGRAMA DE PAGOS DEL CRÉDITO O PRÉSTAMO OBTENIDO?**

Sí..... 1  
No..... 2

---

**110. EL AGUA QUE UTILIZAN EN EL HOGAR ¿PROCEDE PRINCIPALMENTE DE:**

Red pública, dentro de la vivienda?..... 1	} <b>110B. ¿EL AGUA ES POTABLE?</b> Sí..... 1 No..... 2
Red pública, fuera de la vivienda pero dentro de edificio?..... 2	
Pilón o pileta de uso público?..... 3	
Camión-cisterna u otro similar?..... 4	→ <b>PASE A 110F</b>
Pozo (agua subterránea)?..... 5	} <b>PASE A 111</b>
Manantial o puquio?..... 6	
Río, acequia, lago, laguna?..... 8	} <b>PASE A 110F</b>
¿Otra?..... 7	

(Especifique)

---

**110C. ¿EL HOGAR TIENE EL SERVICIO DE AGUA TODOS LOS DÍAS DE LA SEMANA?**

Sí..... 1 → **110C1. ¿CUÁNTAS HORAS AL DÍA?** [ ] [ ]

No..... 2 → **110C2. ¿CUÁNTOS DÍAS A LA SEMANA TIENE ESTE SERVICIO?** [ ]

↓

**110C3. ¿CUÁNTAS HORAS AL DÍA?** [ ] [ ] [ ]

---

**110F. ¿PAGAN POR EL SERVICIO DE AGUA?**

Sí..... 1

No..... 2 → **PASE A 111**

---

**110G. ¿A QUE EMPRESA O ENTIDAD SE PAGA POR EL SERVICIO DE AGUA? (Acepte sólo una alternativa)**

Empresa prestadora de servicios (EPS-SEDA-EMAPA)..... 1  
Municipalidad..... 2  
Organización comunal..... 3  
Camión cisterna (pago directo)..... 4

Otro? ..... 5  
(Especifique)

---

**111. EL BAÑO O SERVICIO HIGIÉNICO QUE TIENE SU HOGAR ¿ESTA CONECTADO A:**

Red pública de desagüe dentro de la vivienda?..... 1  
Red pública de desagüe fuera de la vivienda pero dentro del edificio?..... 2  
Letrina (con tratamiento)?..... 3  
Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor?..... 4  
Pozo ciego o negro?..... 5  
Río, acequia, canal o similar?..... 6  
Campo abierto o al aire libre?..... 9  
Otra?..... 7  
(Especifique)

---

**112. ¿CUÁL ES EL TIPO DE ALUMBRADO QUE TIENE SU HOGAR: (Acepte una o más alternativas)**

Electricidad?..... 1

Petróleo/gas (lámpara)?..... 3

Vela?..... 4

Generador?..... 5

Otro?..... 6

NO UTILIZA..... 7

(Especifique) **PASE A 113**







<p><b>112A. ¿EL SERVICIO ELÉCTRICO DE SU HOGAR ES:</b></p> <p><i>Con medidor de uso exclusivo para la Vivienda? ..... 1</i></p> <p><i>Con medidor de uso colectivo? (para varias viviendas) ..... 2</i></p> <p><i>Otro? _____ 3</i> (Especifique)</p>	<p><b>113. EN SU HOGAR, ¿LA ENERGIA O COMBUSTIBLE QUE UTILIZA PARA COCINAR LOS ALIMENTOS ES:</b> (Acepte una o más alternativas)</p> <p>Electricidad? ..... 1</p> <p>Gas (balón GLP)? ..... 2</p> <p>Gas natural (sistema de tuberías)? ..... 3</p> <p>Carbón? ..... 5</p> <p>Leña? ..... 6</p> <p>Bosta, estiércol? ..... 9</p> <p>Otro (residuos agrícolas, etc.)? _____ 7 (Especifique)</p> <p>NO COCINAN ..... 8</p>
---	--

Mayor Frecuencia

<b>114. SU HOGAR TIENE:</b> (Acepte una o más alternativas)	
<i>¿Teléfono (fijo)? ..... 1</i>	<i>¿Conexión a Internet? ..... 4</i>
<i>¿Teléfono Celular? ..... 2</i>	<i>NO TIENE ..... 5</i>
<i>¿Conexión a TV. por Cable o satelital? ..... 3</i>	

**117. EL ÚLTIMO GASTO MENSUAL POR CONSUMO DE ..... FUE:**

	¿Pagado por algún miembro de este hogar?	¿Donado o regalado por algún miembro de otro hogar?	¿Autoconsumo o autosuministro?	¿Incluido en el alquiler?	¿No Gastó?	NO SABE/ NO RESPONDE
	MONTO MENSUAL (S/.)	MONTO MENSUAL (S/.)	MONTO MENSUAL (S/.)			
Agua ..... 1				1	2	3
Electricidad ..... 2				1	2	3
Gas (balón GLP) ..... 4					2	3
Gas Natural ..... 5				1	2	3
Vela ..... 6					2	3
Carbón ..... 7					2	3
Leña ..... 8					2	3
Petróleo ..... 9					2	3
Gasolina ..... 10					2	3
Teléfono fijo ..... 11					2	3
Celular ..... 12					2	3
TV cable o satelital ..... 13				1	2	3
Internet ..... 14				1	2	3
Otro(Especifique) ..... 15					2	3
Bosta, estiércol ..... 16						
<b>TOTAL</b>						

<b>OBSERVACIONES</b>	

