

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas**

Gobernanza, Acceso al Agua Segura y su Efecto en Enfermedades Asociadas  
en la Parroquia de Manglaralto

**ADMI-1260**

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Economista**

Presentado por:

Gabriel Alfonso Gonzalez Puertas

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

## **Agradecimientos**

---

Agradezco a Dios por los dones que me ha concedido y por su constante cuidado. A mi padre, quien veló siempre para que nada me faltara. Al equipo del Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra (CIPAT) y de la Junta Administradora de Agua Potable Regional Manglaralto (JAAPMAN) por su compromiso y apoyo. Finalmente, a quienes creyeron siempre en mí y también a quienes dudaron, pues ambos impulsaron mi determinación.

## Declaración Expresa

---

Yo GABRIEL ALFONSO GONZÁLEZ PUERTAS acuerdo/acordamos y reconozco/reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 27 de mayo del 2025.



---

Autor

## **Evaluadores**

---

**María Cristina Aguirre Valverde**

Profesor de Materia

---

**Henry Bernard Moscoso Miranda**

Tutor de Proyecto

## Resumen

La gobernanza del agua, entendida como la interacción entre actores públicos, privados y comunitarios en la gestión del recurso, es clave para prevenir enfermedades y promover el desarrollo sostenible. Este estudio evalúa el efecto de la gobernanza del servicio de agua potable sobre la salud en la parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena, Ecuador, territorio de alta aridez y dependencia de acuíferos costeros. La investigación integra datos de la Encuesta de Acceso al Agua Potable (aplicada a 1150 hogares de seis comunas, y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios. Se construyeron indicadores de gobernanza, acceso y salud, y se aplicaron modelos econométricos probabilísticos y de dos etapas con pruebas de robustez. Los resultados revelaron desigualdades territoriales en la confianza institucional y el acceso seguro, así como asociaciones significativas entre el acceso limitado y mayores duraciones hospitalarias por enfermedades genitourinarias. El análisis confirma que el impacto de la gobernanza sobre la salud está mediado por mejoras reales en cobertura, calidad y asequibilidad, lo que respalda políticas públicas orientadas al saneamiento y la gestión equitativa del agua como pilar de la salud rural.

**Palabras Clave:** Salud pública, Saneamiento rural, Modelos econométricos, Desarrollo sostenible, Gestión comunitaria.

***Abstract***

*Water governance, understood as the interaction between public, private, and community actors in resource management, is key to preventing diseases and promoting sustainable development. This study evaluates the effect of water service governance on health in the Manglaralto parish, Santa Elena province, Ecuador—a territory characterized by high aridity and dependence on coastal aquifers. The research integrates data from the Drinking Water Access Survey (applied to 1,150 households across six communities) and from the Statistical Registry of Hospital Beds and Discharges. Governance, access, and health indicators were constructed, and probabilistic econometric models and two-stage models with robustness tests were applied. The results revealed territorial inequalities in institutional trust and safe access, as well as significant associations between limited access and longer hospital stays due to genitourinary diseases. The analysis confirms that the impact of governance on health is mediated by real improvements in coverage, quality, and affordability, supporting public policies aimed at sanitation and equitable water management as a cornerstone of rural health.*

*Keywords:* Public health, Rural sanitation, Econometric models, Sustainable development, Community management.

## Índice

Resumen.....	I
<i>Abstract</i> .....	II
Índice.....	III
Abreviaturas.....	V
Índice de Figuras.....	VI
Índice de Tablas .....	VI
Índice de Ecuaciones.....	VII
Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción .....	2
1.2 Descripción del Problema .....	4
1.3 Justificación Del Problema .....	5
1.4 Objetivos .....	7
<i>1.4.1 Objetivo general.</i> .....	7
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i> .....	7
1.5 Marco Teórico.....	8
Capítulo 2.....	14
2.1 Introducción .....	15
2.2 Datos disponibles.....	17
2.3 Indicadores del estudio .....	19
2.4 Métodos econométricos .....	24
2.5 Consideraciones adicionales .....	27
2.6 Estrategia de identificación.....	28
Capítulo 3.....	31
3.1 Introducción .....	32
3.2 Análisis exploratorio.....	33

<i>3.2.1 Exploracion de variables .....</i>	33
<i>3.2.2 Análisis descriptivo y asociaciones .....</i>	37
<i>3.2.3 Variables de control seleccionadas .....</i>	39
<i>3.2.4 Validación de supuestos econométricos y limitaciones .....</i>	41
<i>3.3 Resultados principales .....</i>	43
<i>    3.3.1 Gobernanza y acceso al agua .....</i>	43
<i>    3.3.2 Acceso al agua y enfermedades .....</i>	46
<i>    3.3.3 Gobernanza, acceso al agua y enfermedades .....</i>	51
<i>3.4 Pruebas de Robustez .....</i>	57
<i>    3.4.1 Regresión Logística Binaria .....</i>	57
<i>    3.4.2 Regresión Lineal Múltiple.....</i>	59
<i>    3.4.3 Ecuaciones estructurales SEM .....</i>	63
<i>Capítulo 4.....</i>	67
<i>    4.1.1 Conclusiones .....</i>	68
<i>    4.1.2 Recomendaciones.....</i>	70
<i>Referencias.....</i>	72
<i>Apéndices.....</i>	79

**Abreviaturas**

AGUAPEN	Agua de la península S.A
CIPAT	Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
JAAPMAN	Junta Administradora de Agua Potable Regional Manglaralto
MAATE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador
MSP	Ministerio de Salud Pública
OMS	Organización Mundial de la Salud
PHASE	Plan Hidráulico Acueducto Santa Elena

## Índice de Figuras

Figura 1 .....	3
Figura 2 .....	16
Figura 3 .....	34
Figura 4 .....	37
Figura 5 .....	39
Figura 6 .....	51

## Índice de Tablas

Tabla 1 .....	19
Tabla 2 .....	21
Tabla 3 .....	23
Tabla 4 .....	35
Tabla 5 .....	36
Tabla 6 .....	40
Tabla 7 .....	44
Tabla 8 .....	48
Tabla 9 .....	53
Tabla 10 .....	58
Tabla 11 .....	60
Tabla 12 .....	64

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 2.1.....	24
Ecuación 2.2.....	25
Ecuación 2.3.....	26
Ecuación 2.4.....	29
Ecuación 2.5.....	29

# **Capítulo 1**

## 1.1 Introducción

La gobernanza constituye la transición de un estilo de gobierno jerárquico y centralizado, a uno interdependiente entre el gobierno y las organizaciones privadas y sociales, dando como resultado un nuevo tipo de relación entre estos actores (Aguilar, 2010). La operación del servicio de agua para consumo y uso doméstico implica un conjunto significativo de procesos interconectados, que involucra a actores públicos como privados en todos los niveles de la sociedad, debido a su papel esencial en la prevención de enfermedades diarreicas, infecciones respiratorias agudas y diversas enfermedades tropicales (Ramos Mancheno, 2024).

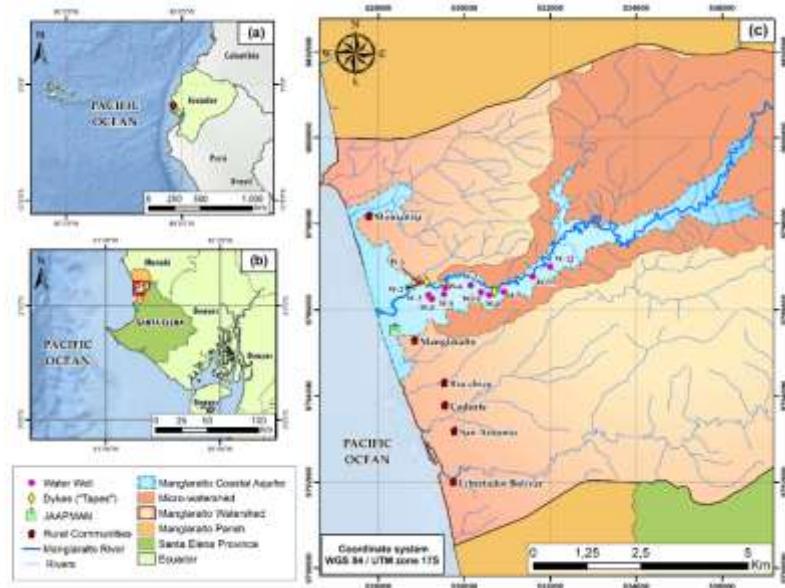
El análisis de la gobernanza, el acceso a agua y su relación con las enfermedades constituye un aporte relevante al conocimiento científico orientado al desarrollo sostenible de las comunidades, la reducción de desigualdades, y la mejora de las condiciones de salud y de saneamiento. Este enfoque permite evidenciar la influencia que ejerce la gobernanza del servicio de agua sobre la incidencia de enfermedades asociadas para argumentar políticas públicas de saneamiento y gestión equitativa en contextos locales, como la parroquia de Manglaralto.

En la provincia de Santa Elena, Ecuador se encuentra ubicada la parroquia de Manglaralto, hogar de 37167 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2022) y distribuida en 18 organizaciones sociales denominadas “comunas” (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Manglaralto, 2019). Los hogares cuentan con tres cuencas hidrográficas (Manglaralto, Olón y Valdivia) y con tres acuíferos de 5,08 km<sup>2</sup>, 3,49 km<sup>2</sup> y 9,95 km<sup>2</sup> de extensión territorial respectivamente (Carrión-Mero et al., 2021). La población de la parroquia depende del uso de este recurso subterráneo para su abastecimiento de agua

dulce. Para el 2023, estos recursos hídricos benefician a más de 48310 usuarios dentro y fuera del área geográfica (Herrera-Franco et al., 2020).

## Figura 1

*Extensión territorial de las cuencas hidrográficas de Manglaralto*



*Nota.* Mapa de la parroquia Manglaralto. (a) Ubicación en Suramérica. (b) Localización de la cuenca hidrográfica del río Manglaralto que circula desde territorio al mar. (c) Zonas de abastecimiento de agua segura por la junta de agua JAAPMAN (Herrera-Franco et al., 2020)

La Junta Administradora de Agua Potable Regional Manglaralto (JAAPMAN) es una organización comunitaria sin fines de lucro, encargada de la captación, distribución, tratamiento, conservación y ha implementado un sistema de tarifas como instrumento de gestión sostenible del agua extraída de los acuíferos costeros. La JAAPMAN incluso participa en la resolución de conflictos internos en la comuna Manglaralto, en coordinación con la Autoridad Única del Agua, representada por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, entidad rectora del recurso hídrico a nivel nacional (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014).

Funciones similares realizan las juntas de agua aledañas donde los GAD Municipales no prestan servicio de agua para consumo y uso doméstico. JAAPMAN es el principal encargado de proveedor a los hogares de su sector de agua segura, término utilizado por investigadores y autoridades de la zona para referirse a la investigación de agua para consumo humano y uso doméstico. AGUAPEN (Agua de la península S.A) es el organismo estatal encargado de realizar tratamiento de aguas servidas y alcantarillado sanitario para los cantones y parroquias de la provincia de Santa Elena (Empresa Pública AGUAPEN-EP).

## **1.2 Descripción del Problema**

“Siembra, cosecha y reutilización del agua para la sostenibilidad (Fase II)” es un proyecto de vinculación con la sociedad de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y el Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra (CIPAT) que forma parte del programa “Manejo Costero Integrado en la Parroquia Manglaralto”. El proyecto tiene como fin proponer alternativas al uso de las fuentes hidrológicas convencionales para el abastecimiento de agua segura, debido a que las cuencas hídricas poseen ríos estacionarios que dependen directamente de las precipitaciones de la época lluviosa (principalmente entre diciembre y mayo), lo que se traduce en una escasez mayor de la fuente hídrica en comparación a otros sectores del país como Guayaquil y Quito (Herrera-Franco et al., 2020). Además, la extensión territorial de la provincia Santa Elena es una de las zonas más áridas del Ecuador, lo que a su vez genera que la evapotranspiración sea mayor que la precipitación en la zona (Carrión-Mero et al., 2021). La provincia a su vez depende casi exclusivamente del trasvase *Plan Hidráulico Acueducto Santa Elena* (PHASE) para disponer de agua segura, lo que en combinación con la alta demanda turística y el crecimiento de la población limita la cobertura de los servicios de AGUAPEN (Empresa Pública del Agua EPA-EP, 2014).

Actualmente, la comunidad de Manglaralto enfrenta problemáticas sociales y económicas que superan el alcance del proyecto de ESPOL. El déficit de agua segura, la naturaleza limitada de las fuentes hídricas y los limitados programas de educación sobre uso responsable no solo conducen al deterioro ecológico de la zona, sino que presentan riesgos de proliferación de enfermedades asociadas y de la disminución de la calidad de vida de los habitantes, conduciendo a la comunidad a una situación insostenible.

El centro de investigación, en cooperación con la junta de agua, ha desarrollado proyectos de gobernanza con los cuales se puede medir la percepción de calidad de agua segura de sus habitantes, permitiendo estudiar la interacción entre la gestión de agua segura y acceso al agua de los habitantes. A su vez, la disponibilidad de datos por parte de instituciones gubernamentales, fundaciones y naciones unidas permite tener una imagen clara de la calidad de vida de los habitantes como enfermedades asociadas, tasa de morbilidad, tasa de mortalidad, entre otros indicadores asociados con el acceso al agua segura. El estudio presentado permitirá responder como la gobernanza del acceso al agua segura influye en la proliferación de enfermedades asociadas, contribuyendo a los esfuerzos de la era moderna de encontrar evidencia que respalde la disponibilidad equitativa de servicios básicos y los objetivos de desarrollo sostenible relacionados.

### **1.3 Justificación Del Problema**

La falta de agua segura puede desembocar en la proliferación de enfermedades peligrosas y reducción de la calidad de vida en la comunidad de Manglaralto, lo que a su vez tiene un impacto directo en el desarrollo social, económico y ambiental de la comunidad (Miller et al., 2020). Si los hogares no tienen un acceso adecuado del recurso, pueden sufrir de enfermedades asociadas al consumir alternativas inseguras ajenas a la regulación estatal

(Córdoba et al., 2010). En los niños, esto puede ocasionar un aumento en la interrupción escolar al estar en cama varias semanas, lo que aumenta el número de infantes analfabetos, y el deterioro de sus capacidades cognitivas o en el peor de los casos el aumento de la mortalidad infantil en la comunidad. (Esrey et al., 1991) En los adultos, los problemas de salud asociados con la restricción al recurso pueden provocar el aumento del ausentismo laboral por su autocuidado o el de sus hijos y al mismo tiempo mayor presión en el presupuesto del hogar por la inclusión de gastos médicos (Meeks, 2017). Estos problemas, subrayan la necesidad urgente de cuantificar el efecto que tiene la gobernanza de acceso al agua segura en la proliferación de enfermedades asociadas para focalizar estrategias de gestión equitativa en Manglaralto y otras comunidades.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 *Objetivo general*

Evaluar el efecto de la gobernanza del servicio de agua sobre las enfermedades asociadas en la parroquia Manglaralto, mediante un análisis econométrico de factores territoriales, socioeconómicos y demográficos vinculados al acceso al agua segura, para la fundamentación de políticas de salud pública orientadas al saneamiento y la gestión equitativa del recurso.

### 1.4.2 *Objetivos específicos*

1. Identificar gobernanza mediante las desigualdades en la gestión del agua segura utilizando información de encuestas disponibles sobre la percepción de la calidad del recurso de los habitantes para la segmentación de grupos socioeconómicos.
2. Medir el impacto que tiene la gobernanza sobre el acceso al agua segura por grupos territoriales, socioeconómicos y demográficos para la caracterización de efectos heterogéneos.
3. Identificar las principales enfermedades asociadas a la falta de agua segura mediante el análisis de datos públicos para la definición de prioridades y estrategias en salud pública en la parroquia Manglaralto.
4. Analizar el efecto entre gobernanza y principales enfermedades asociadas a través del acceso al agua segura para la fundamentación de políticas de salud pública orientadas al saneamiento y la gestión equitativa del recurso.

## 1.5 Marco Teórico

El acceso al agua segura es fundamental para una vida digna, el gozo de los derechos humanos (Cruz Roja Ecuatoriana, 2006), la reducción de la pobreza y desarrollo sostenible a nivel mundial (Álvarez Miño et al., 2013). Una comunidad dispone de acceso a agua segura cuando se cumplen tres condiciones: tiene abastecimiento suficiente del recurso (Mukheibir, 2010), tiene acceso físico al recurso (Cruz Roja Ecuatoriana, 2006), y es capaz de cubrir los gastos del acceso a ese recurso (Alegria, 2018). Cuando a una comunidad no le es posible acceder al agua segura por desgaste natural de los recursos hídricos se le denomina escasez física del agua (un problema de oferta), y cuando se da por un problema de demanda como gobernanza inadecuada se le denomina escasez social del agua (Mukheibir, 2010). Un concepto desarrollado para solucionar la escasez social en comunidades rurales y cuencas hidrográficas específicas es la Administración Integral de Recursos Hídricos, que considera que existe una escasez de segundo orden al tener resultados que dependen de la capacidad única de cada comunidad para adaptarse a la falta del recurso (Mukheibir, 2010). Otra propuesta es El Sistema de Observación de los Grandes Lagos (GLOS), un enfoque moderno de la economía azul que considera acuerdos multisectoriales entre las partes, modelos de negocio basados en servicios y operaciones de monitoreo de las fuentes hídricas componentes clave para mantener el acceso constante al agua segura y solucionar la escasez de tipo física (Wenhai et al., 2019).

La gobernanza de una comunidad requiere de distintos factores para ser efectiva: colaboración gubernamental y privada (Alvarado Vélez et al., 2019), interdependencia a través de la dirección social (Aguilar, 2010), legitimidad y eficacia para resolver problemas sociales (Aguilar, 2010), transparencia de las decisiones mediante el diálogo, negociación y acuerdo entre actores (Aguilar, 2010) y la sostenibilidad para el equilibrio saludable entre el

estado, la sociedad civil y el medio ambiente (Alvarado Vélez et al., 2019). La teoría de la co-creación plantea que la gobernanza va más allá de la tradicional "participación ciudadana" y que las comunidades deben priorizar nuevas formas de liderazgo público y diseño institucional (Vedeld, 2022), mediante un proceso interactivo donde actores públicos y/o privados intercambian recursos para resolver un problema público compartido (O'Toole y Burdess, 2005). Otros autores sugieren incorporar procesos de emprendimiento social que permitan a las comunidades rurales generar recursos para su propia sostenibilidad y así combatir las limitaciones en sus capacidades, facilitando el intercambio de recursos y yendo más allá del mero "asistencialismo" que plantea el concepto tradicional de gobernanza (Torres Parra et al., 2020). (Ivens, 2008) sugiere que el empoderamiento que resulta de estas estrategias debe considerar el desequilibrio de poder que se evidencia entre mujeres y hombres durante el diseño e implementación de programas de agua, lo cual es clave para hacer factibles los programas de emprendimiento social y su vez mejorar las relaciones de género, yendo aún más allá de los objetivos tradicionales de la gobernanza.

El agua contaminada representa riesgos significativos para la salud humana debido a la presencia de contaminación microbiana en sistemas de distribución de agua potable envejecidos (Ashbolt, 2015) y de contaminación química a través de metales pesados (Octavio-Aguilar, 2022). Las enfermedades más comunes asociadas al consumo de agua y uso doméstico son las de tipo gastrointestinales (Ramos Mancheno, 2024) que se encuentran en forma de virus, bacterias, parásitos y hongos (Ashbolt, 2015). Estas enfermedades se pueden tratar mediante diversos métodos, siendo los más comunes la vacunación para el cólera, antibióticos para enfermedades como la dracunculiasis, hepatitis, daño renal y fiebre tifoidea, y mediante hospitalización para casos de daño endocrino, diarrea e infección del tracto respiratorio (Rehman, 2019). Para la prevención de enfermedades asociadas en

comunidades rurales, se recomienda implementar planes de seguridad del agua, programas de evaluación constante del riesgo microbiano ECMR (Ashbolt, 2015), el establecimiento de una distancia mínima de seguridad, priorizar el uso fuentes de agua subterránea e invertir en la ampliación de cobertura de los servicios básicos (Lara Figueroa y García Salazarb, 2019).

La literatura sugiere que, para cumplir con las características de un abastecimiento seguro del agua, distintos actores deben operar simultáneamente para una gestión adecuada del recurso. La gobernanza propone un camino para cumplir con los objetivos de estas operaciones complejas como lo son equidad, calidad y sostenibilidad. La integración de factores sociales, ambientales y económicos para alcanzar la sostenibilidad en los sistemas hídricos fue un concepto acordado por muchos países del mundo en 1992, conocido como los pilares de la sostenibilidad (Mukheibir, 2010), lo cual implica una distribución equitativa, la preservación del medio ambiente y un suministro de agua económicamente viable. A su vez, una gestión equitativa del recurso esta directamente relaciona a la prevención de enfermedades asociadas, resultando en beneficios no solo sociales, sino económicos al ser la prevención una estrategia mucho menos costosa que el tratamiento de enfermedades (Goetzel, 2009).

La evidencia sobre el efecto de la gobernanza en el acceso al agua segura es variada entre los autores, así como su metodología. Nelson-Nuñez y Pizzi (2018) demostraron que la eficacia burocrática y la solidez regulatoria tienen un impacto más significativo en la reducción de la pobreza que la forma de gobierno o la rendición de cuentas, usando una metodología mixta con datos del Programa Conjunto de Monitoreo de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y UNICEF, pero recomiendan interpretar los datos con detenimiento por la falta de análisis de tendencias no lineales y por su aplicación en el uso del

agua para actividades agrícolas únicamente. Asaba Bagonza (2015) realizó una encuesta transversal a hogares aleatorios y entrevistas a miembros de los comités que evidenció como los comités con mayor número de mujeres (y algunas de ellas ocupando puestos clave) mejoran su funcionalidad y rendimiento, y sugiere una relación entre el nivel de alfabetización de las mujeres y sus posibilidades de convertirse en presidentas de comités de agua en la Etiopía rural. Mateus et al. (2020) obtuvieron de estudio cualitativo con expertos y planes gubernamentales que el fracaso de los proyectos propuestos para mejorar el tratamiento de aguas residuales y el suministro de agua potable de la isla Galápagos probablemente esté relacionado con la falta de una planificación eficaz, la falta de comunicación y colaboración entre instituciones, incluso cuando se dispone de grandes inversiones, pero se reconoce que no hay evidencia suficiente para establecer un efecto causal entre ambos.

El estudio entre el acceso al agua segura y la proliferación de enfermedades asociadas también arroja evidencia interesante. Azhar et al. (2014) demuestran que la larga distancia y el tiempo de viaje hasta la fuente de agua, la dificultad para obtener agua y una calidad física del agua que no cumple con los estándares conducen al riesgo de aparición de diarrea y fiebre tifoidea, mediante una regresión logística multivariada, argumentando que el bajo nivel educativo y el costo de acceso representan barreras de entrada. Esrey et al. (1991) agrega que el agua para uso doméstico fue importante para reducir las tasas de ascariasis, diarrea, esquistosomiasis y tracoma, mediante la revisión de diferentes estudios sobre el acceso a agua segura, destacando el impacto sustancial en la supervivencia infantil, mortalidad específica por diarrea, particularmente entre los lactantes no amamantados y los hijos de madres analfabetas. El estudio de Thomas et al. (2016) realizado en cuatro comunidades rurales del oeste de Alaska con modelos GLMM y regresión de Poisson demostró una disminución

significativa de las infecciones respiratorias, cutáneas y gastrointestinales entre las personas que recibían agua corriente en sus hogares así como una disminución general en las visitas a la clínica, particularmente en grupos jóvenes menores a veinte años, confirmando además el incremento del consumo promedio de agua en el hogar de 1,5 galones/cápita/día (g/c/d) antes de la instalación de tuberías a 25,7 g/c/d después de la instalación y contribuyendo a la reducción de la morbilidad y del costo del cuidado de la salud mediante la inversión de infraestructura.

El presente estudio pretende analizar la interacción entre gobernanza, acceso al agua segura y enfermedades asociadas. El estudio de Bayu et al. (2020) cuantificó la desigualdad en el acceso a servicios básicos de agua y saneamiento entre diferentes grupos, identificando a la dimensión económica de la gobernanza del agua como el factor más influyente en la desigualdad en el acceso a los servicios básicos mediante el análisis de regresión multivariable y Análisis De Componente Principal (PCA). Cunha Ferreira et al. (2021) utilizaron un innovador enfoque no paramétrico de Análisis Envolvente de Datos (DEA) de tres etapas para su estudio en Brasil, siendo la etapa uno la inversión en acceso al agua, la etapa dos la hospitalización y la etapa tres las muertes asociadas, demostrando que inversiones relativamente pequeñas y eficientes en infraestructura de agua y saneamiento pueden tener un impacto masivo en la reducción de las hospitalizaciones por enfermedades transmitidas por el agua al nivel de los países desarrollados en términos de resultados de salud pública. Finalmente, Miller et al. (2020) evidenciaron que la distribución equitativa y transparencia en la gestión del agua son formas eficaces de mejorar los resultados de salud, incluso independientemente de la infraestructura física, al mantenerse la gobernanza del agua como un predictor significativo de la inseguridad hídrica al controlar por la fuente de agua

potable, recurriendo a Modelos De Ecuaciones Estructurales Generalizadas Multinivel (GSEM) y regresión multivariable.

## **Capítulo 2**

## 2.1 Introducción

El presente capítulo resume la metodología implementada para abordar el objetivo general del estudio para 1150 hogares registrados en la *Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto* (JAAPMAN & CIPAT, 2025), utilizando datos de salud del *Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios* (INEC, 2023), mediante el uso de indicadores de gobernanza, acceso al agua y de salud.

La sección 2.2 describe cada una de estas fuentes. En febrero 2025, el CIPAT junto con JAAPMAN realizaron una encuesta que mide la percepción de calidad del agua segura de los habitantes de las seis comunas donde opera la junta de agua: Libertador Bolívar, San Antonio, Cadeate, Río Chico, Montañita y la cabecera parroquial Manglaralto. Sus respuestas permitieron medir la gobernanza y el acceso al agua de la comunidad. Para medir la salud de los hogares, se hizo uso del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios 2023 del INEC, donde se registraron los casos de hospitalizaciones por enfermedades asociadas al agua por paciente.

La sección 2.3 resume el diseño de indicadores de gobernanza, acceso al agua y de salud formados a partir de las variables identificadas en las fuentes disponibles de la sección 2.1, además de clasificar las variables de control. En la sección 2.4 se detallan tres modelos econométricos que respondieron los distintos objetivos específicos del estudio: una regresión logística multinomial que evalúa el impacto de la gobernanza sobre el tipo de acceso al agua segura, una regresión lineal múltiple que mide el efecto del acceso al agua segura en la proliferación de enfermedades asociadas y un Modelo De Ecuaciones Estructurales (SEM) que analizó el efecto indirecto de la gobernanza sobre las enfermedades, a través del acceso al agua.

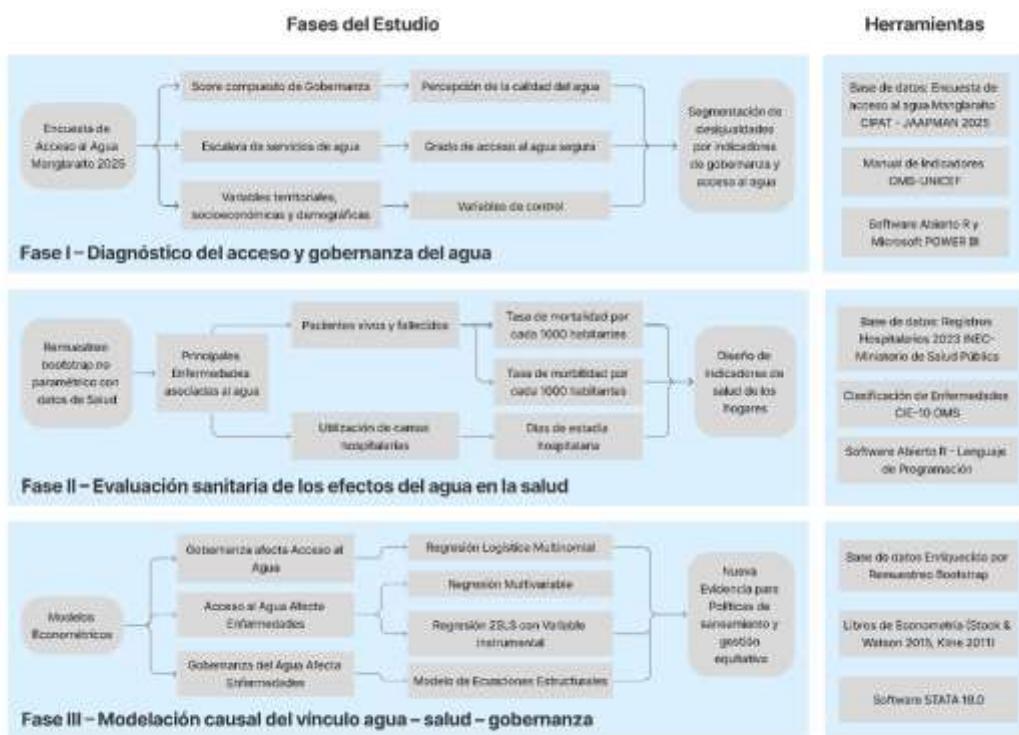
La sección 2.5 resume los métodos utilizados para garantizar la robustez del modelo, desde el uso de Bootstrap no paramétrico, errores estándar robustos para la

heterocedasticidad, Factor De Inflación De La Varianza (VIF), y bondad de ajuste con  $R^2$  y pseudo- $R^2$ .

En la sección 2.6 se propuso un modelo adicional de variables instrumentales (IV) con estrategia de identificación para el caso de detectar endogeneidad en la variable de acceso al agua. Las fases de la metodología se ilustran en la figura 2.

**Figura 2**

*Diagrama metodológico*



Nota: Figura de autoría propia

## 2.2 Datos disponibles

La *Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto 2025* fue un estudio realizado por CIPAT y la junta de agua JAAPMAN en febrero 2025. Se realizó con los objetivos de recabar datos demográficos y socioeconómicos de los hogares en la comunidad y del acceso y del agua potable, para desarrollar estrategias que mejoren la gestión de los recursos hídricos de la parroquia y hacer posible la obtención de financiamiento que impulse mejoras en el sistema de abastecimiento de agua potable de la región (JAAPMAN & CIPAT, 2025).

Las respuestas de la encuesta sobre el acceso al agua potable fueron recolectadas siguiendo el criterio de guías o planillas de consumo actualizadas de la parroquia, dando un total de 1150 hogares encuestados que representan 5744 habitantes de la comunidad de Manglaralto, tomando como referencia la población registrada en el Censo de 2022. El estudio se centró en las seis comunidades que reciben agua segura por parte de la JAAPMAN, de un total de 18 comunas que existen en la parroquia Manglaralto. La recolección de datos se llevó a cabo mediante un formulario digital diseñado en la plataforma Google Forms, el cual permitió sistematizar las respuestas de forma eficiente. No obstante, debido a la limitada o inexistente conectividad a internet en algunas zonas de la parroquia Manglaralto, se aplicaron encuestas en formato físico. La encuesta consistió en preguntas de ubicación geográfica, tipo de vivienda, nivel de acceso a los servicios públicos, datos demográficos, grado de satisfacción del servicio de agua segura y el nivel de participación comunitaria que fueron fundamentales para el diseño de indicadores de gobernanza y acceso al agua.

El *Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios 2023* es una operación estadística supervisada por el INEC en colaboración con el Ministerio de Salud Pública (MSP), cuyo objetivo es generar información sobre la morbilidad y la mortalidad hospitalaria, así como la utilización de camas hospitalarias a nivel nacional (INEC, 2023). Para la parroquia de Manglaralto, contiene 1501 registros de egresos hospitalarios a nivel de establecimientos de salud públicos y privados. El estudio utilizó una metodología censal integral de todos los establecimientos de salud públicos y privados en lugar de emplear un muestreo, mediante formularios digitales de camas hospitalarias y egresos como instrumentos de recolección y una estrategia de ingesta mensual de datos en las Coordinaciones Zonales del INEC para su validación y codificación trimestral con el MSP (INEC, 2024).

El conjunto de datos de salud utiliza la terminología de la OMS para clasificar las causas de enfermedades en cuatro grupos de categorías, desde el primer nivel que es el más general hasta el cuarto que corresponde al más específico (OMS, 1993). El nivel 1 corresponde a la variable que segmenta las causas en seis capítulos del marco internacional (cap221rx). El nivel 2 segmenta las causas en 20 subgrupos según el marco internacional de la OMS (cau298rx) o en su formato nacional (cau221rx). El tercero es la variable que especifica la causa básica de morbilidad (causa3) y el cuarto nivel ofrece una descripción de la causa y un código de la lista internacional detallada de 4 dígitos (cau\_cie10). Las variables de los dos registros empleadas para el diseño de indicadores y modelos econométricos del estudio se resumen en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Variables de conjuntos de datos utilizadas en el estudio*

<b>Encuesta de Acceso al Agua Potable</b> <b>(JAAPMAN &amp; CIPAT, 2025)</b>		<b>Registro de Camas</b> <b>Hospitalarios (INEC, 2023)</b>
a.1 Comuna	d.9 Nivel educativo	cap221rx (primer nivel)
b.1 Tipo de vivienda	d.11 Tamaño del hogar	cau221rx (segundo nivel)
c.1 Acceso al agua (tipo)	d.20 Consumo de agua (tipo)	cau298rx (segundo nivel)
d.1 Género	d.23 Monto factura agua	causa3 (tercer nivel)
d.2 Identificador único	e.1 Percepción de calidad	cau_cie10 (cuarto nivel)
d.5 Estado civil	e.2 Percepción de gestión	con_egrpa (vivo/fallecido)
d.8 Etnia	e.3 Percepción de políticas	parr_ubi (Parroquia)

*Nota:* Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto

(JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

### 2.3 Indicadores del estudio

El indicador de gobernanza fue diseñado siguiendo la metodología de Miller et al. (2020). Se recurrió a una variable cuantitativa de tipo compuesto (también llamada *score* compuesto), categorizando y sumando las respuestas a tres preguntas de opción múltiple de la encuesta de JAAPMAN & CIPAT (2025) e.1 (“Estoy satisfecho con el nivel de calidad de los servicios proporcionados por la junta”), e.2 (“Estoy satisfecho con el proceso de gestión de quejas de la junta”) y e.3 (“Estoy satisfecho con las políticas seguidas por la junta para ejecutar sus actividades”) reconocidas como métricas de gobernanza, donde en una escala de Likert (Totalmente en desacuerdo – 1, En desacuerdo – 2, Neutral – 3, De acuerdo – 4, Totalmente de acuerdo – 5) una puntuación más alta significa una mayor percepción de funcionalidad y equidad de los sistemas hídricos actuales siendo 15 el máximo puntaje.

Para el indicador de acceso al agua, se empleó la pregunta c.1 (“¿Quién provee el servicio de agua potable en su hogar?”) de la encuesta de JAAPMAN & CIPAT (2025). Al ser una variable categórica ordinal, permitió clasificar las fuentes principales de agua para beber de los hogares en tres categorías jerárquicas basándose en la escalera de servicios de agua potable del Programa Conjunto de Monitoreo de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y UNICEF: 'No mejorada' para pozos o manantiales no protegidos, 'Limitada' para fuentes que son mejoradas, pero donde el tiempo de recolección de ida y vuelta excede los 30 minutos, y 'Básica' que se refiere a fuentes mejoradas con un tiempo de recolección de ida y vuelta que no supera los 30 minutos (OMS-UNICEF, 2021). En el contexto de este estudio, la clasificación fue: 'Básica (1)' para el servicio que brinda la Junta de Agua Potable, 'Limitada (2)' al servicio proporcionado por AGUAPEN EP y 'No mejorada (3)' para el uso de pozos o de un sistema de captación propio (no conectado a una red pública). Se asignó un número del 1 al 3 donde 1 es el servicio de mejor calidad y 3 el de menor calidad de agua segura.

Para el diseño de indicadores de salud para los hogares de la parroquia, primero se identificaron las principales enfermedades asociadas al agua en Manglaralto dentro del registro estadístico de camas y egresos hospitalarios del INEC (2023). En base a los estudios de Ramos Mancheno, (2024), Ashbolt (2015) y Rehman, (2019) se identificaron cinco principales enfermedades asociadas dentro de los casos registrados en la parroquia, los cuales corresponden a la Neumonía, Diabetes, Diarrea, Gastroenteritis e infecciones de las vías respiratorias. Una vez identificadas, se segmentaron en siete categorías siguiendo la nomenclatura del código CIE-10 capturada en la variable de nivel 1 (cap221rx) del registro de camas hospitalarias. Por cada categoría de enfermedad se registró la duración de la estadía del paciente (día\_estad), número de casos de pacientes vivos (casos\_vivos) y pacientes fallecidos (casos\_fallecidos) según la variable con\_egipa, y total de casos (total\_casos). Se realizó el análisis descriptivo de las variables de salud según las características territoriales,

socioeconómicas y demográficas de los hogares, para la definición de prioridades y estrategias en salud pública de la parroquia Manglaralto. La segmentación de los casos de las principales enfermedades asociadas se resumió en la tabla 2:

**Tabla 2**

*Principales casos y días de estadía hospitalaria en Manglaralto por enfermedades 2023*

Enfermedad	Código	Casos Vivos	Casos Fallecidos	Total Casos	Días Estadía
Infecciosas y parasitarias	A00 -B99	36	0	36	106
Endocrinas, nutricionales y metabólicas	E00-E90	42	0	42	184
Del sistema circulatorio	I00-I99	16	3	19	54
Del sistema respiratorio	J00-J99	67	0	67	231
Enfermedades del sistema digestivo	K00-K93	107	1	108	328
Enfermedades del aparato genitourinario	N00-N99	64	0	64	189
Síntomas inespecíficos	R00-R99	21	0	21	64

*Nota.* Se ha abreviado la categoría *Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio* a Síntomas inespecíficos en este estudio. Datos tomados del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023). Ver desglose de enfermedades según el código CIE-10 en Apéndice C.

Realizada la identificación de las principales enfermedades asociadas al agua y contabilizados los casos de pacientes vivos y fallecidos en la parroquia Manglaralto, se realizó un remuestreo bootstrap no paramétrico de la encuesta de JAAPMAN & CIPAT (2025) por estratificación geográfica de las 6 comunas de la parroquia para el cálculo de tasas de mortalidad y morbilidad de los hogares encuestados (ver Apéndice B). Se asignaron

probabilísticamente a cada jefe de hogar los conteos agregados de morbilidad y mortalidad extraídos de los registros de egresos hospitalarios (INEC, 2023).

El bootstrap es una técnica de re-muestreo con reemplazo que genera muchas pseudo-muestras de la observación original para aproximar la distribución de un estadístico cuando la forma analítica es desconocida, siendo su validez y flexibilidad para estudios sanitarios con datos incompletos ampliamente documentada (Bayu et al., 2020). Este enfoque permitió enfrentar la dificultad de relacionar las observaciones de la encuesta de JAAPMAN con los casos de enfermedades en la zona.

Como resultado de cada una de las 1000 réplicas, se obtuvo la distribución aleatoria de los casos vivos, los casos fallecidos y los días de estancia según los totales hospitalarios, promediando después los resultados por individuo, añadiendo en el nuevo conjunto de datos tres columnas de indicadores normalizadas: dia\_estad, tasa\_mortalidad y tasa\_morbilidad. Las tasas de mortalidad y morbilidad se calcularon por cada 1000 habitantes.

Para controlar las interacciones entre los indicadores de gobernanza, acceso al agua y de salud, se identificaron 11 preguntas dentro de la encuesta de JAAPMAN & CIPAT (2025) como variables de control de los modelos econométricos desarrollados. Se clasificaron en tres tipos: territoriales, socioeconómicas y demográficas. La pregunta a.1 (“Comuna”) permitió controlar los distintos modelos por territorio. Se identificaron como variables socioeconómicas las preguntas b.1 (“Vivienda particular), d.9 (“Nivel educativo del titular de la planilla”), d.20 (“Principalmente, el agua que toman los miembros del hogar:”) y d.23 (“¿Cuánto pagó su hogar en la última factura del servicio de agua potable? (Ingrese el valor en dólares)”). Finalmente, se seleccionaron las preguntas d.1 (“Género), ”d.5. (“Estado civil del titular de la planilla”), d.8 (“¿Con qué etnia se identifica el titular de la planilla?”), d.11 (“Número de miembros que habitan la vivienda”), d.12 (¿Cuántas personas en la familia

del titular de la planilla son mujeres?) y d.13 (¿Cuántas personas en la familia del titular de la planilla son hombres?) como variables de control demográficas. La variable d.1 originalmente reflejaba el nombre y apellido del encuestado, pero manualmente se modificó en una variable binaria para que describa a qué género pertenece. La clasificación de las variables de control se resumió en la tabla 3:

**Tabla 3**

*Variables de control consideradas en el estudio*

Territoriales	Socioeconómicas	Demográficas
a.1 Comuna	b.1 Tipo vivienda (particular)	d.1 Género
	d.9 Nivel educativo	d.5 Estado civil
	d.20 Forma de consumo de agua	d.8 Etnia
	d.23 Monto factura agua	d.11 Tamaño del hogar

*Nota:* Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto

(JAAPMAN & CIPAT, 2025).

## 2.4 Métodos econométricos

Se empleó un modelo de regresión logística multinomial para medir el impacto de la gobernanza del agua sobre el tipo de acceso al agua segura por grupo socioeconómico. Su elección permitió caracterizar efectos heterogéneos en el acceso a servicios según la percepción institucional y condiciones sociales. El modelo descrito está representado a través de la siguiente formula:

### Ecuación 2.1

$$PrY_{ik} = PrY_i = k \mid x_i; \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m = \frac{\exp(\beta_{0k} + \beta_k x_i)}{\sum_{j=1}^m \exp(\beta_{0j} + \beta_j x_i)} \text{ sea } k = 1, 2, \dots, m$$

*Donde:*

$\beta_k$ : vector de coeficientes de la variable explicativa según la categoría  $k$  de  $Y$

$x_i$ : Score compuesto de gobernanza percibida del 3 al 15

$Y$ : Indicador de acceso al agua según la escalera de servicios  $k$  del 1 al 3

La ecuación 2.1 es una generalización del modelo de regresión logit, útil cuando la variable dependiente puede tomar más de dos valores cualitativos no ordenados, permitiendo al modelo predecir la probabilidad de que una observación caiga en cada una de las categorías de la variable dependiente entre 0 y 1 (Carpita et al., 2014, pp. 397-433).

Para validar la exogeneidad del índice de Gobernanza, se utilizó un enfoque basado en Estimación por Máxima Verosimilitud (MLE). Bajo los supuestos del modelo, esto implica que cualquier factor no observado que afecte el acceso al agua —como aspectos culturales o históricos no medidos— no está sistemáticamente correlacionado con la gobernanza percibida, lo cual respaldaría su tratamiento como variable exógena. Además de la

exploración de variables, se propuso una prueba de razón de verosimilitud (Likelihood Ratio Test) para evaluar el desempeño de *acceso\_agua* como variable dependiente y como principal predictor a *gobernanza\_score*.

El segundo modelo consistió en una regresión lineal múltiple que estime el efecto del acceso al agua sobre los indicadores de salud asociados, como la morbilidad, cuantificando el impacto sanitario del acceso desigual a servicios hídricos:

### **Ecuación 2.2**

$$Y_i = \alpha + \beta \cdot \text{Acceso}_i + \gamma \cdot X_i + \varepsilon_i$$

*Donde:*

$Y_i$ : Tasa de morbilidad y mortalidad, en distintas especificaciones

$\text{Acceso}_i$ : Nivel de acceso al agua (ordinal)

$X_i$ : Vector de control (territorial, socioeconómico y demográfico)

$\varepsilon_i$ : Término de error

La literatura respalda el uso de la ecuación 2.2 para evaluar relaciones causales entre una variable categórica explicativa y una respuesta continua (tasa de morbilidad) o de conteo (número de casos) mediante el uso de variables *dummy* o indicadoras (Stock & Watson, 2015, p. 217). Los coeficientes de estas variables *dummy* correspondieron a la diferencia en el resultado promedio entre las categorías y estimados por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Como variable dependiente se utilizó la tasa de morbilidad o casos vivos promedio por hogar. La variable explicativa se midió mediante el indicador de acceso al agua, que a través de la ecuación 2.2 se asumió como exógena. Además, se consideraron como variables de control los factores territoriales (a.1), socioeconómicos (d.9, d.20, d.23) y demográficos (d.1, d.5 y d.8, d.11). Adicional a la exploración de variables, se propuso el test de Hausman-Wu para validar el supuesto de exogeneidad en el modelo.

El tercer modelo permitió determinar el efecto de la gobernanza sobre las principales enfermedades asociadas a través del acceso al agua segura. Usando un modelo de mediación en dos etapas o de ecuaciones estructurales (ecuación 2.3), se estimó el efecto indirecto de la gobernanza sobre las enfermedades, mediado por el acceso al agua segura, para identificar mecanismos causales y orientar mejor las políticas públicas:

### Ecuación 2.3

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Acceso}_i = \alpha_1 + \beta_1 \cdot \text{Gobernanza}_i + \gamma_1 \cdot X_i \\ Y_i = \alpha_2 + \beta_2 \cdot \text{Acceso}_i + \delta_2 \cdot \text{Gobernanza}_i + \gamma_2 \cdot X_i + \varepsilon_i \end{array} \right.$$

*Donde:*

$\text{Acceso}_i$ : Nivel de acceso al agua (mediador)

$Y_i$ : Tasa de morbilidad, mortalidad, en distintas especificaciones

$X_i$ : Vector de control (territorial, socioeconómico y demográfico)

$\text{Gobernanza}_i$ : Percepción institucional (explicativa)

$\varepsilon_i$ : Término de error

Los SEM permiten modelar simultáneamente múltiples relaciones entre variables latentes y sus indicadores, así como estimar efectos directos, indirectos y totales (Kline, 2011, p. 166). Los resultados de Miller et al. (2020) proporcionaron apoyo empírico y un plan metodológico directo para justificar el enfoque hacia un modelo SEM, al obtener evidencia de la relación causal entre la gobernanza del agua y con la inseguridad hídrica como mediador en modelos de ecuaciones estructurales generalizadas (GSEM). En el modelo SEM de este estudio, la variable dependiente final fue la morbilidad y mortalidad promedio por hogar. Como mediadora se empleó el indicador de acceso al agua, y como variable explicativa principal el *score* de gobernanza, controlando por comuna (a.1), género (d.1),

estado civil (d.5), educación (d.9) y tamaño del hogar (d.11). Además de la exploración de sus variables, se propuso un Análisis Factorial Confirmatorio (CFA) para definir *gobernanza\_score* como la variable latente del modelo.

## 2.5 Consideraciones adicionales

La aplicación de un Bootstrap no paramétrico si bien permite estimar la incertidumbre del muestreo y construir intervalos de confianza robustos a partir de 1000 repeticiones, los autores recomiendan un número de 5.000 o 10.000 de repeticiones para asegurar la estabilidad y una aproximación precisa a la distribución de muestreo. Para la distribución asimétrica de los parámetros, se propuso el uso de intervalos de confianza Bootstrap corregidos por sesgo y acelerados (BCa) para mejorar la precisión (Valls Martínez y Martín Cervantes, 2021).

Cuando existe heterocedasticidad o la varianza del error en una regresión no es constante, las inferencias obtenidas con errores estándar tradicionales se tornan invalidas, por lo que se propuso el uso de errores estándar robustos tipo White, también llamados de Eicker-Huber-White, que permiten realizar pruebas de hipótesis válidas incluso si hay heterocedasticidad, mejorando la fiabilidad de los intervalos de confianza y los valores p sin requerir que los errores sean homocedásticos (Stock & Watson, 2015).

Para el caso de multicolinealidad o cuando una más variables explicativas están altamente correlacionadas, se propuso incluir en la exploración de variables al Factor De Inflación De La Varianza (VIF) que detecta este tipo de problema midiendo cuánto se incrementa la varianza de un coeficiente debido a la colinealidad, siendo valores de VIF menores a 5 niveles aceptables y valores inferiores a 3.3 preferibles.

Además, se propuso evaluar la bondad de ajuste para determinar qué tan bien el modelo de regresión se ajusta a los datos observados, mediante la técnica de R-cuadrado,  $R^2$  ajustado y pseudo- $R^2$ .

Finalmente, para reforzar la validez de los tres modelos principales y garantizar el cumplimiento de los objetivos específicos, se propusieron modelos alternativos como parte de las pruebas de robustez presentadas en el capítulo 3.3. Para el primer modelo, se estimaron dos versiones adicionales: una que excluye el control por comuna y otra completamente sin controles, con el fin de evaluar la sensibilidad de los coeficientes a diferentes especificaciones. Para el segundo modelo, se desarrolló una regresión en dos etapas con variable instrumental (IV), cuya justificación y resultados se detallan en la sección 2.6, dado que responde a una estrategia de identificación particular para tratar la posible endogeneidad del acceso al agua. En cuanto al tercer modelo, basado en ecuaciones estructurales (SEM), se aplicó una estimación alternativa en dos etapas sin variables latentes ni errores correlacionados, con el objetivo de contrastar sus resultados con una especificación más empírica.

## 2.6 Estrategia de identificación

Un modelo de regresión con Variables Instrumentales (IV), a través de las ecuaciones 2.4 y 2.5, fue una alternativa que se planteó para el segundo modelo (ecuación 2.2) en caso de detectar endogeneidad en la variable de acceso al agua y estimar consistentemente el efecto sobre las enfermedades asociadas. En este caso, se propuso como instrumento el monto pagado en la última factura de agua (d.23).

### Ecuación 2.4

*Primera etapa (predicción del acceso):*

$$Acceso_i = \pi_0 + \pi_1 \cdot PagoAgua_i + \pi_2 \cdot X_i + u_i \quad (2.4)$$

### Ecuación 2.5

*Segunda etapa (impacto sobre salud):*

$$Y_i = \alpha + \beta \cdot \widehat{Acceso}_i + \gamma \cdot X_i + \varepsilon_i \quad (2.5)$$

*Donde:*

$Y_i$ : Tasa de morbilidad y mortalidad por hogar, en diferentes especificaciones

$\widehat{Acceso}_i$ : Acceso predicho al agua (instrumentado)

$X_i$ : Vector de control (territorial, socioeconómico y demográfico)

$u_i, \varepsilon_i$ : Errores

Se validó que la variable que mide el valor pagado por servicio cumpliera con las dos condiciones necesarias para ser un instrumento válido en un modelo con variables instrumentales. Para la condición de relevancia, el valor pagado fue altamente correlacionado con el tipo de acceso al agua, pues los hogares que pagan una factura suelen estar conectados a redes formales como la Junta de Agua Potable o AGUAPEN, mientras que aquellos con pozos propios o captaciones informales (acceso no mejorado) no reportan pagos o estos son mínimos. Además, considerando que el monto pagado no afecta directamente la salud del hogar, sino únicamente a través del indicador de acceso al agua, y que cualquier posible asociación con el nivel socioeconómico o la educación está controlada en el modelo, se concluyó que se cumple con la condición de exogeneidad.

La variable dependiente fue la tasa de morbilidad promedio, la endógena el nivel de acceso al agua, y los controles incluyeron variables de territorio (a.1), socioeconómicas (d.9, b.1), y demográficas (d.1, d.5 y d.8, d.11). Este modelo permitió estimar el efecto causal neto del acceso al agua segura sobre los indicadores de salud, superando el sesgo de variables omitidas.

## **Capítulo 3**

### 3.1 Introducción

El análisis exploratorio del capítulo 3.1 mostró que las variables clave —gobernanza, acceso al agua y de salud— no siguen una distribución normal, lo cual justificó modelos no paramétricos. El acceso se concentró en la categoría “básica”, dificultando modelos multinomiales y motivando su recodificación binaria. No se hallaron diferencias significativas entre gobernanza y acceso en pruebas t, aunque sí una correlación negativa moderada con la forma de consumo de agua. Se detectó multicolinealidad severa en la variable tipo de vivienda, mientras que el resto de los controles mostró VIF aceptables. Estos hallazgos guiaron la depuración de variables y el diseño de modelos más robustos para capturar mejor las relaciones entre gobernanza, acceso y salud.

El capítulo 3.2 presentó resultados mixtos. El modelo logit no evidenció una relación significativa entre gobernanza y acceso básico al agua. En contraste, las regresiones lineales mostraron que el acceso influye en algunas enfermedades: se observó mayor duración hospitalaria en casos genitourinarios y menor morbilidad en enfermedades endocrinas, genitourinarias y síntomas inespecíficos. A nivel territorial, Montañita presentó menor carga hospitalaria, mientras que Río Chico destacó con tasas significativamente más altas en casi todas las enfermedades. El modelo SEM no mostró efectos significativos de gobernanza sobre salud, excepto asociaciones leves en genitourinarias y síntomas. En general, la gobernanza tuvo un efecto débil, mientras que el acceso al agua segura sí se vinculó a resultados sanitarios más consistentes.

Las pruebas de robustez del capítulo 3.3 evidenciaron limitaciones en algunos modelos. El logit binario mantuvo coeficientes no significativos, incluso sin controles, limitando su capacidad explicativa. El modelo de variables instrumentales, diseñado para corregir endogeneidad, fue poco fiable debido a la debilidad del instrumento (valor de la factura), sin mejorar la predicción de enfermedades. En contraste, la regresión OLS mostró

asociaciones significativas entre acceso básico y enfermedades digestivas o genitourinarias, resaltando su mayor poder explicativo. La versión simplificada del modelo SEM confirmó efectos modestos del acceso, pero no encontró impacto consistente de la gobernanza. En conjunto, los resultados sugieren que no hay un modelo superior, sino que los enfoques deben utilizarse de forma complementaria para fortalecer la interpretación.

### **3.2 Análisis exploratorio**

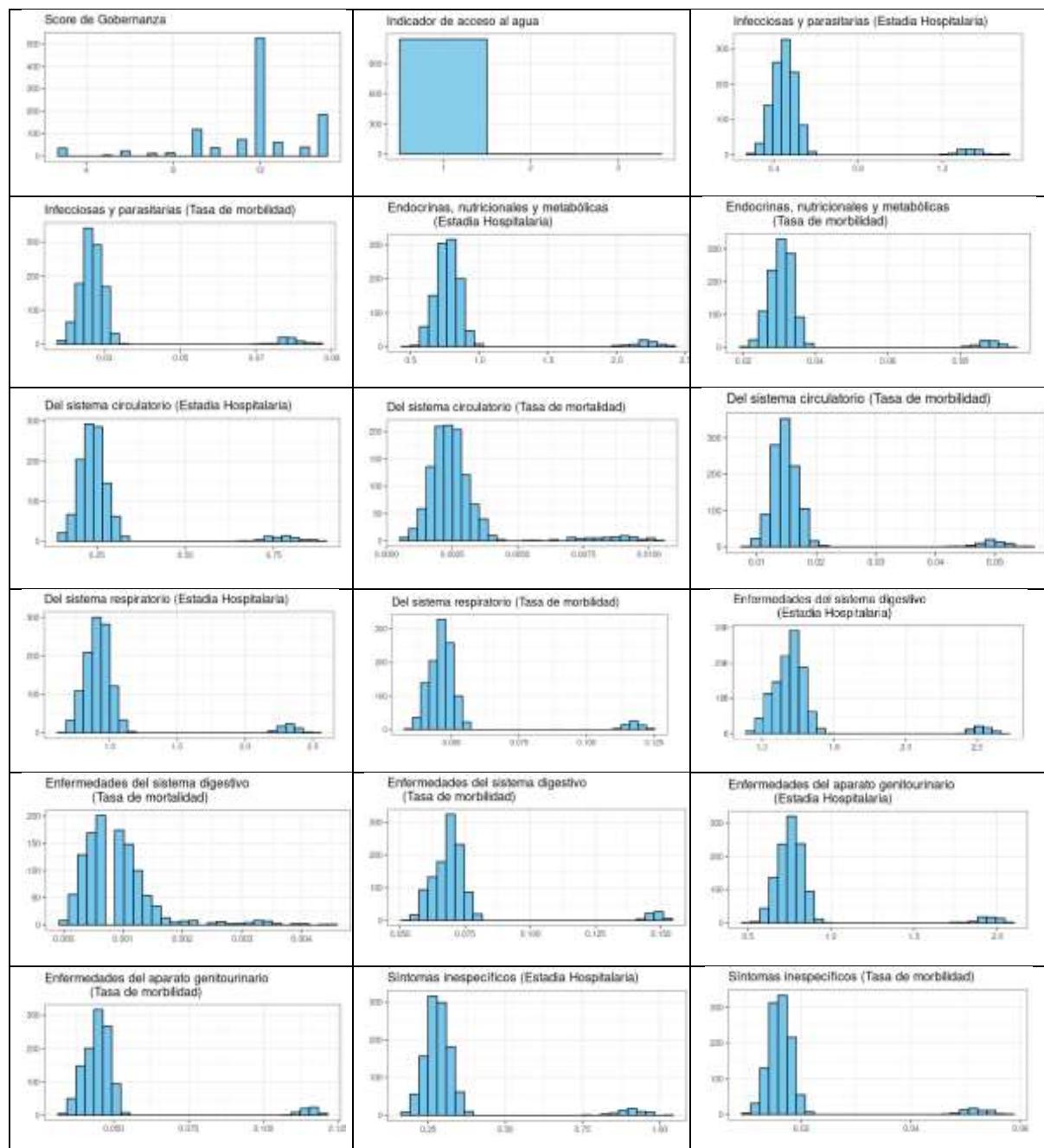
#### ***3.2.1 Exploracion de variables***

Se realizó un proceso de limpieza y preparación de datos renombrando la variable c.1 como acceso\_agua, de tipo factor ordenado para efectos gráficos y posteriormente un factor nominal para análisis econométrico. Se revisaron los valores de esta variable y se identificó que la mayoría de las observaciones pertenecían a la categoría "básica", lo cual más adelante afectaría el ajuste de modelos multinomiales.

Posterior a la preparación de datos, se generaron histogramas para explorar la distribución del *score* de gobernanza, indicador de acceso al agua y de las 16 variables de salud por los indicadores de estadía hospitalaria, tasa de morbilidad y de mortalidad en la figura 3. Se realizó un test de normalidad Jarque Bera en la tabla 4 y estadísticas descriptivas en la tabla 5, incluyendo media, mediana, desviación estándar, asimetría, curtosis y percentiles.

**Figura 3**

*Histogramas de indicadores y variables de salud*



*Nota.* Histograma de *gobernanza\_score* en la primera fila, primera columna. Histograma de *acceso\_agua* en la primera fila, segunda columna (JAAPMAN & CIPAT, 2025). Desde la primera tercera primera columna hasta la sexta fila tercera columna, se muestran histogramas de las 16 variables de salud (INEC, 2023). El eje vertical representa la frecuencia de la variable y el eje horizontal la cantidad según la unidad del indicador. Se excluyeron las variables del indicador de tasa de mortalidad de todas enfermedades exceptuando del sistema circulatorio y del sistema digestivo, al no seguir una distribución normal según la prueba de Jarque-Bera de la tabla 4.

**Tabla 4***Test de normalidad Jarque Bera*

	Indicador	Chi2	p_value	Decisión
Estadia Hospitalaria en días	acceso_agua	15477537.142	0.00	Rechaza normalidad
	gobernanza_score	593.694	0.00	Rechaza normalidad
	Infecciosas y parasitarias	10173.183	0.00	Rechaza normalidad
	Endocrinas, nutricionales y metabólicas	10175.652	0.00	Rechaza normalidad
	Del sistema circulatorio	9751.274	0.00	Rechaza normalidad
	Del sistema respiratorio	9601.325	0.00	Rechaza normalidad
	Enfermedades del sistema digestivo	8491.568	0.00	Rechaza normalidad
	Enfermedades del aparato genitourinario	9801.001	0.00	Rechaza normalidad
Tasa de morbilidad	Síntomas inespecíficos	9941.430	0.00	Rechaza normalidad
	Infecciosas y parasitarias	10392.072	0.00	Rechaza normalidad
	Endocrinas, nutricionales y metabólicas	10271.034	0.00	Rechaza normalidad
	Del sistema circulatorio	10205.180	0.00	Rechaza normalidad
	Del sistema respiratorio	9890.133	0.00	Rechaza normalidad
	Enfermedades del sistema digestivo	9045.818	0.00	Rechaza normalidad
Tasa de mortalidad	Enfermedades del aparato genitourinario	10028.571	0.00	Rechaza normalidad
	Síntomas inespecíficos	10399.649	0.00	Rechaza normalidad
	Del sistema circulatorio	6589.059	0.00	Rechaza normalidad
	Enfermedades del sistema digestivo	3831.674	0.00	Rechaza normalidad

*Nota:* Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto

(JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

**Tabla 5***Estadísticas descriptivas para variables de interés*

<b>Indicador</b>		<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>Variance</b>	<b>Skewness</b>	<b>Kurtosis</b>	<b>P25</b>	<b>P50</b>	<b>P75</b>
Estadia Hospitalaria en días	Acceso al agua	1145	1.0034	0.0723	0.0052	22.9894	570.2170	1.000	1.000	1.000
	Score de Gobernanza	1130	11.6415	2.5632	6.5702	-1.2870	2.4658	11.000	12.000	13.000
	Infeciosas y parasitarias	1150	0.4953	0.2050	0.0420	3.6661	12.6573	0.415	0.4535	0.4917
	Endocrinas, nutricionales y metabólicas	1150	0.8434	0.3313	0.1097	3.6691	12.6558	0.7182	0.777	0.837
	Del sistema circulatorio	1150	0.2657	0.1251	0.0156	3.5983	12.3816	0.215	0.239	0.265
	Del sistema respiratorio	1150	0.9869	0.3254	0.1058	3.6034	12.2473	0.859	0.925	0.9817
	Enfermedades del sistema digestivo	1150	1.2561	0.3143	0.0988	3.4363	11.4613	1.1212	1.2065	1.265
	Enfermedades del aparato genitourinario	1150	0.8152	0.2745	0.0753	3.6228	12.3951	0.707	0.763	0.812
Tasa de morbilidad	Síntomas inespecíficos	1150	0.3136	0.1444	0.0208	3.6342	12.5005	0.258	0.2825	0.312
	Infeciosas y parasitarias	1150	0.0292	0.0120	0.0001	3.7086	12.7889	0.0247	0.0268	0.0288
	Endocrinas, nutricionales y metabólicas	1150	0.0335	0.0130	0.0001	3.6964	12.7031	0.0287	0.0309	0.0329
	Del sistema circulatorio	1150	0.0165	0.0080	6.4219	3.6788	12.6691	0.0135	0.0147	0.0163
	Del sistema respiratorio	1150	0.0498	0.0163	0.0002	3.6475	12.4416	0.0436	0.0466	0.0494
	Enfermedades del sistema digestivo	1150	0.0724	0.0184	0.0003	3.5262	11.8539	0.0651	0.0692	0.0727
	Enfermedades del aparato genitourinario	1150	0.0480	0.0161	0.0002	3.6672	12.5351	0.0417	0.0449	0.0477
	Síntomas inespecíficos	1150	0.0179	0.0082	6.7423	3.7040	12.8004	0.0147	0.0161	0.0175
Tasa de mortalidad	Del sistema circulatorio	1150	0.0027	0.0015	2.3437	3.0285	10.0948	0.0019	0.0024	0.0029
	Enfermedades del sistema digestivo	1150	0.0009	0.0006	3.7683	2.3280	7.6767	0.0005	0.0008	0.0010

Nota: Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto (JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

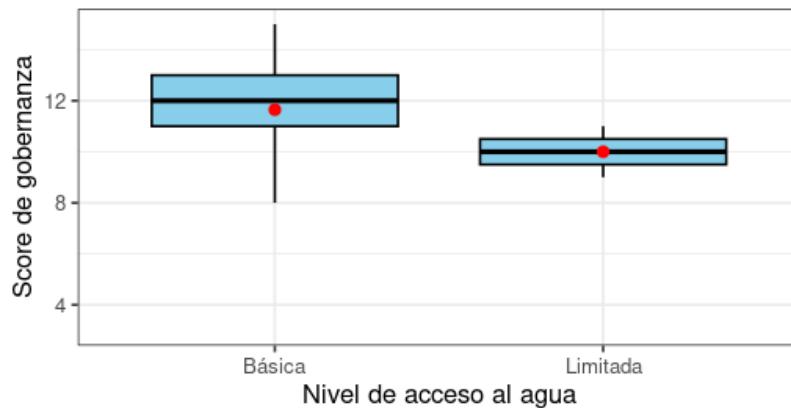
Los resultados obtenidos justificaron el uso de modelos no paramétricos o de regresión logística en el capítulo 3.3.1. A diferencia de los modelos lineales clásicos, estos métodos no exigen el supuesto de normalidad y permiten analizar variables categóricas o relaciones en contextos con asimetrías o valores atípicos, garantizando así resultados estadísticamente robustos.

### **3.2.2 Análisis descriptivo y asociaciones**

Se visualizó la relación bivariada entre el indicador de acceso al agua y el *score* de gobernanza mediante un gráfico de caja bigote en la figura 4, mostrando que los valores promedio de gobernanza tendieron a ser mayores en hogares con acceso básico. La categoría de “no mejorada” no se incluyó debido a la baja representativa de la muestra.

**Figura 4**

*Relación entre los indicadores Acceso al agua y score de Gobernanza*



*Nota:* Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto

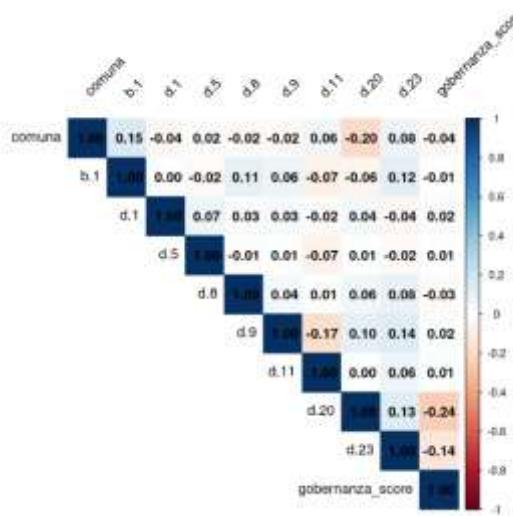
(JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

Adicional a la relación gráfica de los principales indicadores, se realizó una prueba t de Welch entre el promedio de *score* de gobernanza y los grupos con acceso “básico” y “limitado” de agua la cual no mostró diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que el tipo de acceso no se asocia con una variación en la percepción de gobernanza al 5% de significancia.

Se construyó una matriz de correlaciones en la figura 5 entre *score* de gobernanza y las variables de control territoriales, socioeconómicas y demográficas. La mayoría de las correlaciones fueron bajas, cercanas a cero, descartando colinealidad fuerte. Sin embargo, se observaron correlaciones moderadas negativas como la de d.20 (forma de consumo de agua) con *score* de gobernanza, y entre comuna y d.20. Estos hallazgos sugieren relaciones potenciales que se consideraron en los modelos multivariados, garantizando la validez estadística de las estimaciones al evitar redundancia o interferencia entre predictores.

**Figura 5**

*Matriz de correlación de variables de interés*



*Nota:* Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto

(JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

### **3.2.3 Variables de control seleccionadas**

Las variables de control empleadas en los modelos econométricos se agruparon en tres dimensiones: territoriales, socioeconómicas y demográficas, cuyas estadísticas descriptivas se muestran en la tabla 6. A nivel territorial, la variable comuna permitió captar diferencias relevantes, destacando la baja representación de Río Chico (5.22%) y San Antonio (17.13%). En lo socioeconómico, el 99.74% de los hogares reportó conexión al sistema de la Junta de Agua, pero solo el 4% consume directamente este suministro; el 75% compra agua purificada y el resto utiliza métodos no seguros. En educación, el 52.75% tenía solo primaria completa, un 11.68% no la concluyó y solo el 8.72% accedió a educación superior. En cuanto a vivienda, el 91.3% habitaba casas, frente a un 8.7% en estructuras precarias. En la dimensión demográfica, el 67.92% de los jefes de hogar estaban casados, el 64.5% eran hombres y el hogar promedio tenía 5 personas, con casos extremos de hasta 90 para hoteles. El reparto por género en los hogares de la variable tamaño de hogar por género fue mayoritariamente

equilibrado, pero no se consideró como variable de control debido a su alta colinealidad con tamaño de hogar.

**Tabla 6**

*Estadísticas descriptivas para variables de control*

Variable	N	Mean	SD	Variance	Skewness	Kurtosis	P25	P50	P75
Tipo de vivienda	1150	2.482	1.770	3.134	4.109	20.044	2.0	2.0	2.0
Género	1141	1.355	0.479	0.229	0.606	1.368	1.0	1.0	2.0
Estado civil	1150	2.237	0.907	0.823	1.812	7.329	2.0	2.0	2.0
Etnia	1150	1.030	0.266	0.070	12.412	185.472	1.0	1.0	1.0
Nivel educativo	1150	3.486	1.265	1.599	0.500	2.535	3.0	3.0	5.0
Tamaño del hogar	1150	4.995	4.141	17.145	8.809	165.550	3.0	5.0	6.0
Consumo de agua (tipo)	1147	1.882	0.529	0.280	0.590	6.911	2.0	2.0	2.0
Monto factura agua	1144	15.846	25.216	635.826	6.838	77.783	4.5	9.0	20.0

*Nota:* Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto (JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

Para garantizar la validez estadística de los modelos, se evaluó la colinealidad entre estas variables de control mediante el Factor de Inflación de la Varianza (VIF). Según los lineamientos metodológicos, se consideran aceptables los valores de VIF menores a 5 y preferibles los inferiores a 3.3. El análisis arrojó un VIF promedio de 8.10, lo que evidencia una presencia significativa de multicolinealidad, especialmente en la variable *tipo de vivienda particular*. Algunas de sus categorías presentaron valores muy elevados, como “Casa propia” (84.94), “Rancho” (45.36) y “Terreno” (20.65), lo que indica alta redundancia con otras covariables del modelo, debido probablemente a la similitud entre ellas o por el método de recolección de la muestra, haciendo que la información se distribuya exactamente igual o por un factor no observado.

En contraste, variables como *comuna*, *nivel educativo*, *forma de consumo de agua*, *monto de la factura*, *tamaño del hogar*, *género*, *estado civil* y *etnia* presentaron VIF por debajo de 2.5, lo cual sugiere estabilidad en sus estimaciones. Se excluyó la variable *tipo de vivienda* de ciertos modelos como variable de control para mitigar los efectos de la multicolinealidad.

### ***3.2.4 Validación de supuestos econométricos y limitaciones***

Se aplicó una Prueba De Razón De Verosimilitud (Likelihood Ratio Test) para evaluar el desempeño del modelo logit multinomial que tuvo como variable dependiente el indicador de acceso al agua y como principal predictor al *score* de gobernanza. El estadístico LR  $\chi^2(10)$  fue de 13.04 con un valor  $p = 0.2217$ , lo que impidió rechazar la hipótesis nula de que el modelo completo mejoraba significativamente el ajuste frente al modelo restringido. Aunque el pseudo- $R^2$  (0.3689) sugería cierto poder explicativo, el modelo no fue estadísticamente significativo al 5%. Adicionalmente, la fuerte concentración de observaciones en la categoría “básica” generó problemas de identificación, lo que llevó a recodificar la variable en una versión binaria *acceso\_agua\_bin*. Esta dicotomización de *acceso al agua binario* permitió una estimación más precisa y coherente con estándares internacionales. No obstante, el modelo logit binario también presentó advertencias de convergencia y coeficientes no significativos, atribuibles a la baja variabilidad de la variable dependiente y a la omisión de interacciones territoriales. Estas limitaciones metodológicas restringieron la robustez y capacidad explicativa del modelo.

Para validar el supuesto de exogeneidad en la regresión multivariable del segundo modelo, se aplicó el test de Hausman-Wu utilizando un procedimiento en dos etapas. En la primera, se estimó una regresión auxiliar en la que la variable *acceso al agua binario* fue

explicada por la variable instrumental *monto de la factura de agua* y un conjunto de controles. El residuo de esta regresión fue incorporado en la segunda etapa, donde se evaluó su asociación con las 16 variables de salud. Los resultados mostraron que el monto de la factura de agua no tuvo asociación significativa con el acceso al agua ( $p = 0.904$ ), ni con las enfermedades asociadas, validando su exogeneidad, aunque revelando debilidad como instrumento. En la mayoría de los modelos, el residuo no fue significativo, lo que sugiere que *acceso al agua binario* puede considerarse exógena. Solo en el caso de tasa de morbilidad por *síntomas inespecíficos* se obtuvo un valor  $p$  de 0.047, lo que sugiere una posible endogeneidad, aunque la evidencia fue débil y no concluyente.

Previo a la estimación del modelo de ecuaciones estructurales (SEM), se verificaron los supuestos estadísticos y conceptuales. Se empleó la versión binaria de acceso\_agua al igual que en los otros modelos para mejorar la estabilidad de las estimaciones. Las variables categóricas con más de dos niveles, como comuna y género, fueron transformadas en dummies según Kline (2011). Se evaluó si el *score* de gobernanza podía representarse como una variable latente mediante un Análisis Factorial Confirmatorio (CFA), el cual arrojó cargas factoriales superiores a 0.93 y excelentes índices de ajuste ( $\text{RMSEA} = 0.000$ ,  $\text{CFI} = 1.000$ ,  $\text{TLI} = 1.000$ ), validando el uso de *Gobernanza\_Latente*. Posteriormente, se aplicó el test de skewness y kurtosis a las 16 variables de salud. Ninguna cumplió con el supuesto de normalidad multivariada ( $p < 0.001$ ), por lo que se utilizó el estimador robusto *vce(robust)*, garantizando inferencias válidas pese a asimetrías y curtosis elevadas.

### 3.3 Resultados principales

#### 3.3.1 Gobernanza y acceso al agua

El modelo logit binario estimó la probabilidad de que un hogar tuviera acceso básico al agua potable en función del *score* de gobernanza y varias variables de control, entre ellas *estado civil*, *comuna* y otras características demográficas.

En la tabla 7.a, el puntaje de gobernanza presentó un coeficiente positivo, lo que sugirió que una mejor percepción de la gobernanza estaba asociada con mayor probabilidad de acceso básico al agua segura; sin embargo, este efecto no fue estadísticamente significativo al cinco por ciento. Algunas comunas y otras variables fueron omitidas por falta de variabilidad de la muestra. El pseudo  $R^2$  fue de 0.2010, lo que sugirió un débil poder explicativo.

En la tabla 7.b se mostraron los efectos marginales promedio del modelo logit binario estimado, es decir, cómo cambió la probabilidad de tener acceso básico al agua ante un pequeño cambio en cada variable, manteniendo las demás constantes. El efecto marginal del *score* de gobernanza fue positivo, lo que indicó que un aumento de una unidad en la percepción de gobernanza incrementaba, en promedio, en 0.33 puntos porcentuales la probabilidad de tener acceso básico. Sin embargo, este efecto no resultó estadísticamente significativo, por lo que no se pudo afirmar que la relación hubiera sido diferente de cero en la población.

**Tabla 7***Modelo Logit Binario y efectos marginales*

	General	Comuna					
		Cadeate	Libertador Bolívar	Manglaralto	Montañita	Río Chico	San Antonio
<b>Score de Gobernanza</b>	0.2171 (0.2067)		0.9497 ( 1.5273)				
<b>Tipo de vivienda</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Género</b>	-0.8088 (1.3142)	-	-	-	-	-	-
<b>Estado civil</b>	-0.8340 (0.5089)	-	-	-	-	-	-
<b>Etnia</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Nivel educativo</b>	0.5487 (0.5661)	-	-	-	-	-	-
<b>Tamaño del hogar</b>	0.2071 (0.2816)	-	-	-	-	-	-
<b>Forma consumo de agua</b>	-0.6745 (2.0876)	-	-	-	-	-	-
<b>Monto factura agua</b>	0.0261 ( 0.0874)	-	-	-	-	-	-
<b>Intercepto</b>	3.7832 (5.745)	-	-	-	-	-	-
<b>Observaciones</b>	401	401	401	401	401	401	401

**b. Efectos Marginales**

dy/dx	Comuna					San Antonio
	Cadeate	Libertador Bolívar	Manglaralto	Montaña	Río Chico	
<b>Score de Gobernanza</b>	0.0015 (0.0016)	-	-	-	-	-
<b>Tipo de vivienda</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Género</b>	-0.0057 (0.0097)	-	-	-	-	-
<b>Estado civil</b>	-0.0059 (0.0046)	-	-	-	-	-
<b>Etnia</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Nivel educativo</b>	0.0038 (0.0044)	-	-	-	-	-
<b>Tamaño del hogar</b>	0.0014 (0.0021)	-	-	-	-	-
<b>Forma consumo de agua</b>	-0.0047 (0.0150)	-	-	-	-	-
<b>Monto factura agua</b>	0.0002 (0.0006)	-	-	-	-	-

Nota: Error estándar en paréntesis y nivel de significancia al 10%\*, 5%\*\*, 1%\*\*\*. Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto (JAAPMAN & CIPAT, 2025).

Las comunas fueron codificadas como factores, pero varios niveles presentaron problemas de estimación probablemente debido a la escasa variabilidad en la muestra. En general, ningún efecto marginal resultó significativo al 5%, lo que indica que, en este modelo, no se encontró evidencia concluyente de que las variables explicativas tuvieran un efecto estadísticamente distinto de cero sobre el acceso básico al agua.

### **3.3.2 Acceso al agua y enfermedades**

Se estimaron 16 modelos de regresión lineal múltiple, cada uno con una variable de salud distinta como dependiente. Se utilizó como predictor la variable *acceso al agua binario*, manteniendo una estructura común de controles en todos los modelos, excluyendo *tipo de vivienda* para evitar sesgo por multicolinealidad. Las variables *comuna*, *estado civil* y *nivel educativo* fueron transformadas en variables dummy para representar correctamente el efecto de cada categoría frente a una base, evitando supuestos inadecuados sobre continuidad.

Los hallazgos en comunas de los 16 modelos deben ser interpretados como el efecto de vivir en cierta comunidad específica sobre el índice de mortalidad, morbilidad y estadía hospitalaria de esa zona, tomando como base la comuna omitida en todos los casos , siendo esta Cadeate. Esta especificación permitió capturar diferencias significativas entre grupos territoriales y sociodemográficos, siendo la interpretaciones de los coeficientes equivalente al grado en que tener acceso básico al agua reduce cada categoría de enfermedades, siendo la unidad de medida días de estadía hospitalaria, tasa de mortalidad o tasa de morbilidad según el indicador de salud.

La regresión para la estancia hospitalaria en la tabla 8.a mostró asociaciones específicas por enfermedad y comuna. El acceso básico al agua fue significativo solo para enfermedades genitourinarias, indicando mayor duración en zonas con acceso limitado. Montañita presentó coeficientes negativos y significativos en casi todas las enfermedades, reflejando menor duración de hospitalización. En contraste, Río Chico mostró coeficientes positivos y altos, especialmente en enfermedades respiratorias, posiblemente por demoras en atención o mayor gravedad. Los valores de  $R^2$ , superiores a 0.94, confirmaron un buen ajuste en los modelos estimados y respaldaron la consistencia de los resultados obtenidos.

La tabla 8.b mostró que la tasa de morbilidad estuvo asociada de manera negativa y significativa con el acceso básico al agua en enfermedades endocrinas, del aparato genitourinario y síntomas inespecíficos. Esto sugirió que en contextos con acceso limitado al agua, estas enfermedades presentaron tasas menores, posiblemente por problemas de subregistro o barreras de acceso a servicios de salud. Las comunas presentaron impactos variables, siendo Río Chico la más crítica, con coeficientes positivos y significativos en todos los diagnósticos, destacando en enfermedades digestivas en zonas con acceso limitado. Por otro lado, Montañita reflejó efectos negativos en la mayoría de las categorías. Los  $R^2$  superiores a 0.95 indicaron un ajuste robusto del modelo.

**Tabla 8**

Modelo de regresión lineal múltiple sobre estadía hospitalaria, tasa de morbilidad y de mortalidad

**b. Sobre Tasa De Morbilidad**

<b>c. Sobre Tasa De Mortalidad</b>			
	Categoría de enfermedades	Del sistema circulatorio	Enfermedades del sistema digestivo
<b>Acceso básico</b>		-0.0001 (0.0004)	0.00 (0.0003)
<b>Comuna</b>	<b>Cadeate</b>	-	-
	<b>Libertador</b>	-0.0001** (0.0001)	0.00 (0.00)
	<b>Bolívar</b>		
	<b>Manglaralto</b>	-0.0001 (0.0001)	-0.00 (0.00)
	<b>Montañita</b>	-0.0004** (0.0001)	-0.0001** (0.00)
	<b>Río Chico</b>	0.0059** (0.0001)	0.0020** (0.0001)
	<b>San Antonio</b>	0.0001 (0.0001)	0.00 (0.00)
<b>R-squared</b>		0.8101	0.5966
<b>Observaciones</b>		1126	1126

*Nota:* Error estándar en paréntesis y nivel de significancia al 10%\*, 5%\*\*, 1%\*\*\*. Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto (JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

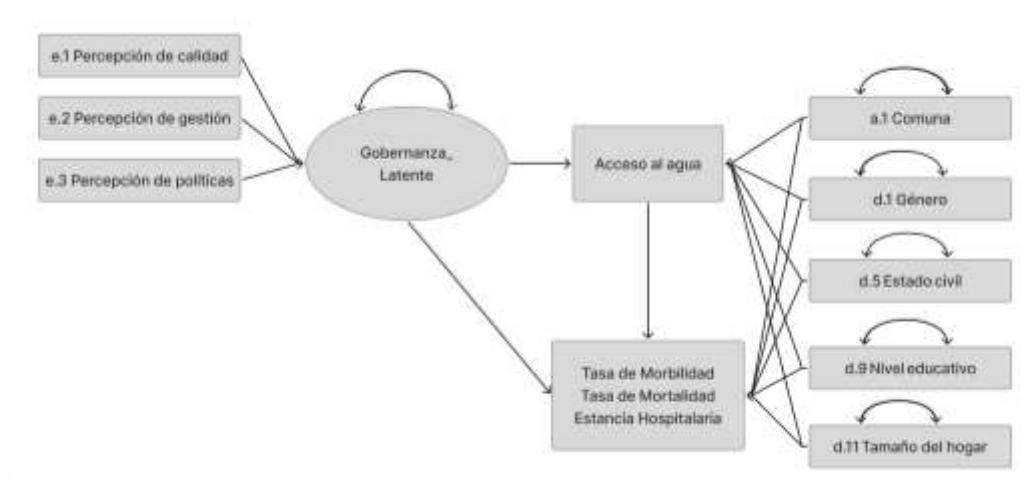
Los resultados de la tabla 8.c mostraron que la tasa de mortalidad presentó asociaciones débiles y cercanas a cero en la mayoría de los casos, aunque algunos efectos resultaron significativos. En las enfermedades circulatorias, el acceso básico al agua tuvo un efecto negativo pero no significativo, mientras que comunas como Libertador Bolívar y Montañita mostraron asociaciones negativas y significativas. Río Chico volvió a destacar con un coeficiente positivo y significativo, lo que podría haber señalado un mayor riesgo asociado a esa zona. Para las enfermedades digestivas, los coeficientes fueron pequeños y su significancia estadística reflejó una escasa relevancia práctica. Los  $R^2$ , de 0.81 y 0.60, evidenciaron un ajuste parcial de los modelos a la variación observada.

### 3.3.3 Gobernanza, acceso al agua y enfermedades

El diagrama estructural de la figura 6 fue diseñado para representar con claridad las relaciones causales del modelo de mediación, sintetizando visualmente la estructura estimada y distinguiendo relaciones de medición y trayectorias estructurales para la implementación del modelo en el software estadístico. Se incluyó la variable latente *Gobernanza\_Latente*, construida a partir de tres indicadores observables (e1, e2 y e3), modelados como manifestaciones reflectivas y representados mediante rectángulos, mientras que la variable latente se ilustró con un óvalo, siguiendo la notación estándar SEM de Kline, 2011. Desde *Gobernanza\_Latente* se trazaron flechas hacia Acceso al agua segura (mediador) y hacia las variables de salud (dependientes), reflejando tanto efectos directos como indirectos. Se incorporaron las variables de control *comuna*, *género*, *estado civil*, *nivel educativo* y *tamaño del hogar*, con trayectorias hacia el mediador y el resultado.

**Figura 6**

Diagrama modelo SEM



Nota: Figura de autoría propia

El modelo SEM aplicado a la estancia hospitalaria en la tabla 9.a evidenció una relación positiva pero no significativa entre gobernanza y acceso al agua. La relación entre el acceso al agua y la estancia varió según el tipo de enfermedad, destacando el caso del aparato genitourinario, con un efecto positivo y significativo. El efecto directo de la gobernanza sobre estas enfermedades también fue positivo, aunque sin significancia. En el resto de las enfermedades, los coeficientes fueron en su mayoría negativos y no significativos. Los efectos indirectos, mediados por el acceso al agua, fueron prácticamente nulos. El efecto total solo fue levemente positivo en enfermedades genitourinarias, sin ser significativo. En conjunto, la gobernanza tuvo un efecto directo marginal y el rol mediador del acceso al agua fue muy limitado.



<b>b. Sobre Tasa de Morbilidad</b>							
<b>Sea x: Gobernanza y: Acceso al agua z: Enfermedad</b>	<b>Infecciosas y parasitarias</b>	<b>Endocrinas, nutricionales y metabólicas</b>	<b>Del sistema circulatorio</b>	<b>Del sistema respiratorio</b>	<b>Enfermedades del sistema digestivo</b>	<b>Enfermedades del aparato genitourinario</b>	<b>Síntomas inespecíficos</b>
<b>Estructural</b>	<b>x ~ y</b>	0.0025 (0.0022)	0.0025 (0.0022)	0.0025 (0.0022)	0.0025 (0.0022)	0.0025 (0.0022)	0.0025 (0.0022)
	<b>y ~ z</b>	0.0005 (0.0005)	-0.0006** (0.0003)	-0.0007 (0.0006)	-0.0004 (0.0018)	0.0012 (0.0018)	0.0029** (0.0005)
<b>Efectos</b>	<b>Directo (x~z)</b>	0.0001 (0.0005)	0.00 (0.00)	0.00 (0.0001)	0.00 (0.00)	0.0030 (0.0007)	0.0001 (0.00)
	<b>Indirecto (x~y~z)</b>	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.0001)	0.00 (0.00)	-0.0001 (0.0001)	0.00 (0.00)
	<b>Total (Directo + Indirecto)</b>	0.0001 (0.0001)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.0001)	-0.0001 (0.0001)	0.0001 (0.00)
<b>Observaciones</b>		1150	1150	1150	1150	1150	1150

<b>c. Sobre Tasa de Mortalidad</b>			
	<b>Sea x: Gobernanza y: Acceso al agua z: Enfermedad</b>	<b>Del sistema circulatorio</b>	<b>Enfermedades del sistema digestivo</b>
<b>Estructural</b>	<b>x ~ y</b>	0.0025 (0.0022)	0.0025 (0.0022)
	<b>y ~ z</b>	-0.0001 (0.0003)	0.00 (0.0003)
<b>Efectos</b>	<b>Directo</b>	0.00* (0.00)	0.00 (0.00)
	<b>Indirecto</b>	0.00 (0.0001)	0.00 (0.0001)
	<b>Total</b>	0.00* (0.00)	0.00 (0.00)
	<b>(Directo + Indirecto)</b>		
	<b>Observaciones</b>	1150	1150

*Nota:* Error estándar en paréntesis y nivel de significancia al 10%\*, 5%\*\*,1%\*\*\*. Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto (JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

El modelo SEM para la tasa de morbilidad en la tabla 9.b mostró que la gobernanza tuvo una relación constante pero no significativa con el acceso al agua. Este, a su vez, se asoció significativamente con enfermedades endocrinas y genitourinarias, lo que no necesariamente implica que el acceso básico al agua incremente la incidencia de estas enfermedades, sino que podría reflejar una mejor capacidad para identificarlas y registrarlas gracias a la presencia institucional y a la cobertura de servicios. El efecto directo de la gobernanza sobre la morbilidad fue en general pequeño y no significativo, salvo en síntomas inespecíficos, con significancia al 10%. Los efectos indirectos fueron bajos y no significativos. Solo en genitourinarias y síntomas inespecíficos el efecto total fue distinto de

cero, siendo este último marginalmente significativo. En general, no se evidenció un impacto sistemático de la gobernanza.

El modelo SEM para la tasa de mortalidad en la tabla 9.c mostró coeficientes bajos y, en general, no significativos. La relación entre gobernanza y acceso al agua se mantuvo constante, sin significación estadística. En enfermedades circulatorias, la gobernanza tuvo un efecto directo negativo y significativo al 10%, sugiriendo una débil asociación con menor mortalidad. Para enfermedades digestivas, el efecto directo fue positivo, pero no significativo. Los efectos indirectos fueron cercanos a cero en ambas categorías, por lo que el efecto total replicó el efecto directo. En conjunto, solo se observó un efecto protector marginal de la gobernanza sobre la mortalidad por causas circulatorias.

Para las comunas, los modelos SEM mostraron efectos negativos y significativos de San Antonio, Cadeate y Valdivia sobre la estancia hospitalaria y la morbilidad, especialmente en enfermedades infecciosas, digestivas, respiratorias, endocrinas y genitourinarias, lo que sugiere menor carga registrada por posible subregistro o limitado acceso. En contraste, Río Chico presentó efectos positivos y significativos en todos los modelos, indicando mayor carga hospitalaria, posiblemente por mejor acceso o capacidad de reporte. Estos resultados evidencian una marcada dimensión territorial en el acceso a salud. Sin embargo, el modelo SEM presentó limitaciones: la relación gobernanza–acceso al agua no fue significativa; los efectos indirectos fueron nulos; y el uso de estimadores robustos, dummies y datos transversales redujo la potencia estadística y la validez causal.

### 3.4 Pruebas de Robustez

#### 3.4.1 Regresión Logística Binaria

Para evaluar la estabilidad del modelo logit binario, se realizaron pruebas de robustez en tabla 10 estimando dos versiones: una con controles socioeconómicos y demográficos, y otra sin ellos. En ambos casos, la variable dependiente fue el acceso binario al agua potable y el predictor principal fue el índice de gobernanza. El modelo con controles arrojó un coeficiente positivo pero no significativo para gobernanza y un pseudo  $R^2$  de 0.1517. En el modelo sin controles, el coeficiente aumentó pero siguió sin ser significativo, con un pseudo  $R^2$  bajo, lo que mostró una pérdida de capacidad explicativa. Los efectos marginales fueron mínimos y no significativos. La alta concentración en la categoría “básico” dificultó la estimación con efectos fijos por comuna. Aunque limitado, el modelo sigue siendo útil como aproximación inicial, y futuras investigaciones podrían mejorarlo mediante una muestra más balanceada, un rediseño del indicador de acceso y la inclusión de interacciones territoriales.

**Tabla 10***Modelo Logit Binario y Efectos Marginales*

Acceso básico y no básico	Con controles		Sin controles	
	General	dy/dx	General	dy/dx
<b>Score de Gobernanza</b>	0.0534 (0.2067)	0.0001 (0.0005)	0.0858 (0.1959)	0.0002 (0.0005)
<b>Tipo de vivienda</b>	10.7369 (110.1005)	0.0047 (0.0301)	-	-
<b>Género</b>	-10.1814 (10.2398)	-0.0032 (0.0038)	-	-
<b>Estado civil</b>	-0.6729 (0.4203)	-0.0018 (0.0015)	-	-
<b>Etnia</b>	-	-	-	-
<b>Nivel educativo</b>	0.1772 (0.4632)	0.0005 (0.0013)	-	-
<b>Tamaño del hogar</b>	0.2724 (0.2653)	0.0007 (0.0008)	-	-
<b>Forma consumo de agua</b>	-0.4749 (10.3154)	-0.0013 (0.0036)	-	-
<b>Monto factura agua</b>	0.02945 (0.0689)	0.0001 (0.0002)	-	-
<b>Intercepto</b>	40.2847 (220.4940)	-	40.9501** (20.2318)	-
<b>Pseudo R2</b>	0.1517	-	0.0042	-
<b>Observaciones</b>	1092	1092	1124	1124

*Nota:* Error estándar en paréntesis y nivel de significancia al 10%\*, 5%\*\*,1%\*\*\*. Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto (JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

### **3.4.2 Regresión Lineal Múltiple**

La regresión en dos etapas con variable instrumental (IV) de la tabla 11 buscó corregir la posible endogeneidad del acceso al agua al estimar su impacto en la salud. En la primera etapa, el instrumento *monto de la factura de agua* no fue significativo y el modelo obtuvo un  $R^2$  de 0.0113, indicando debilidad del instrumento.

En la segunda etapa, el acceso instrumentado no mostró asociaciones significativas con ninguna variable de salud, salvo una relación negativa con las enfermedades infecciosas y parasitarias reportadas mediante estadia hospitalaria, también sin significación. Estos resultados contrastaron con los del modelo OLS, donde sí se hallaron relaciones negativas y significativas entre el acceso básico y enfermedades del aparato genitourinario y digestivo, lo que cuestiona la utilidad del modelo IV en este caso.

La comparación sugiere que el modelo OLS presenta un mayor poder explicativo ( $R^2$  superiores al 0.95 en la mayoría de las estimaciones) y una mayor consistencia en la significancia de los efectos, mientras que el modelo IV, con  $R^2$  menores y coeficientes más inestables, carece de robustez al no contar con un instrumento fuerte. Sin embargo, el modelo OLS está expuesto al sesgo por variables omitidas y endogeneidad, lo que puede sobreestimar o subestimar los efectos del acceso al agua.

Si bien el modelo OLS ofrece resultados más intuitivos y consistentes con la literatura, su validez causal es limitada. Por su parte, el modelo IV, aunque más adecuado teóricamente para establecer causalidad, sufre de una debilidad instrumental que impide confiar plenamente en sus resultados. Se recomienda considerar variables instrumentales más sólidas o modelos alternativos como el de variables latentes o SEM para abordar la relación entre gobernanza del agua y salud.

**Tabla 11**

*Modelo de dos etapas con variable instrumental sobre estadía hospitalaria, tasa de morbilidad y de mortalidad*

<b>a. Sobre Estadía Hospitalaria</b>							
Categoría de enfermedades	Infecciosas y parasitarias	Endocrinas, nutricionales y metabólicas	Del sistema circulatorio	Del sistema respiratorio	Enfermedades del sistema digestivo	Enfermedades del aparato genitourinario	Síntomas inespecíficos
Comuna	<b>Acceso al agua</b>	-3.2263 (8.7495)	8.7768 (17.911)	0.2625 (3.830)	4.10244 (11.711)	-9.5639 (23.0407)	-10.344 (23.902)
	<b>Cadeate</b>	-	-	-	-	-	-
	<b>Libertador</b>	-0.0383 (0.0364)	0.0016 (0.0641)	-0.0112 (0.0184)	-0.0254 (0.0496)	-0.1000 (0.0913)	-0.0863 (0.0924)
	<b>Bolívar</b>						
	<b>Manglaralto</b>	-0.0477 (0.0943)	0.0563 (0.2004)	-0.0043 (0.0390)	0.0144 (0.1259)	-0.1369 (0.2517)	-0.1357 (0.2626)
	<b>Montañita</b>	0.0739** (0.0046)	-0.1294** (0.0088)	-0.0400** (0.0029)	-0.1453** (0.0062)	-0.1744** (0.0093)	-0.1207** (0.0091)
	<b>Río Chico</b>	0.8737** (0.0098)	10.3988** (0.0170)	0.5269** (0.0066)	10.3690** (0.0120)	10.300** (0.0167)	10.1586** (0.0179)
	<b>San Antonio</b>	0.0205** (0.0085)	0.0437** (0.0162)	0.0104** (0.0048)	0.0457** (0.0115)	0.03701 (0.0204)	0.0221 (0.0212)
	<b>R-squared</b>	0.3252	-	0.9293	0.5537	-	0.1399
	<b>Observaciones</b>	1126	1126	1126	1126	1126	1126

### **b. Sobre Tasa De Morbilidad**

<b>c. Sobre Tasa De Mortalidad</b>			
	<b>Categoría de enfermedades</b>	<b>Del sistema circulatorio</b>	<b>Enfermedades del sistema digestivo</b>
<b>Acceso al agua</b>		-0.0891 (0.1944)	-0.1079 (0.2367)
<b>Cadeate</b>		-	-
<b>Libertador</b>		-0.0005 (0.0007)	-0.0005 (0.0008)
<b>Bolívar</b>			
<b>Manglaralto</b>		-0.0009 (0.0021)	-0.0011 (0.0026)
<b>Comuna</b>			
<b>Montañita</b>		-0.0003** (0.0001)	-0.0001 (0.0001)
<b>Río Chico</b>		0.0060** (0.0001)	0.0021** (0.0001)
<b>San Antonio</b>		0.00 (0.00)	0.00 (0.0002)
<b>R-squared</b>		-	-
<b>Observaciones</b>		1126	1126

*Nota:* Error estándar en paréntesis y nivel de significancia al 10%\*, 5%\*\*,1%\*\*\*. Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto (JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

### ***3.4.3 Ecuaciones estructurales SEM***

Se aplicó una prueba de robustez al modelo SEM mediante un enfoque de dos etapas sin instrumentación, evaluando la relación entre gobernanza, acceso al agua y enfermedades. Los resultados fueron coherentes con el SEM inicial: la gobernanza influyó indirectamente en la salud a través del acceso al agua, con efectos modestos y no siempre significativos.

El modelo de dos etapas de la tabla 12 mostró que Manglaralto y Cadeate presentaron coeficientes negativos y significativos, indicando que un mejor acceso se asoció a menor carga hospitalaria. En contraste, Río Chico mostró valores positivos atípicos. Para enfermedades genitourinarias y síntomas inespecíficos, el acceso al agua tuvo un impacto moderado y significativo. Sin embargo, en enfermedades circulatorias, digestivas y respiratorias, la mediación fue limitada, lo que sugiere que factores estructurales no incluidos podrían tener un mayor peso en esos casos.

Aunque útil como prueba de robustez, el modelo presentó limitaciones importantes. Al no considerar errores correlacionados ni variables latentes, perdió capacidad para modelar relaciones estructurales complejas, a diferencia del SEM. No obstante, el modelo de dos etapas arrojó estimaciones empíricamente más precisas. Por ello, se sugiere usar el SEM como marco conceptual y complementarlo con modelos más robustos para análisis predictivo, como el de variables instrumentales.

**Tabla 12**

*Modelo en dos etapas 2sls sobre estadía hospitalaria, tasa de morbilidad y de mortalidad*

a. Sobre Estadía Hospitalaria							
Categoría de enfermedades	Infecciosas y parasitarias	Endocrinas, nutricionales y metabólicas	Del sistema circulatorio	Del sistema respiratorio	Enfermedades del sistema digestivo	Enfermedades del aparato genitourinario	Síntomas inespecíficos
Comuna	<b>Acceso al agua</b> -0.0073 (0.0050)	0.0016 (0.0103)	-0.0221 (0.0159)	-0.0217 (0.0409)	-0.0085 (0.0290)	0.0606** (0.0177)	0.0055 (0.0079)
	<b>Score de Gobernanza</b> -0.0007 (0.0016)	-0.0014 (0.0026)	-0.0009 (0.0012)	0.0002 (0.0024)	-0.0021 (0.0024)	0.0031 (0.0021)	-0.0024* (0.0013)
	<b>Cadeate</b> -0.0229** (0.0039)	-0.0370** (0.0061)	-0.0116** (0.0031)	-0.0425** (0.0060)	-0.0451** (0.0059)	-0.03219** (0.0049)	-0.0154** (0.0032)
	<b>Libertador Bolívar</b> -0.0461** (0.0038)	-0.0768** (0.0059)	-0.0238** (0.0030)	-0.0882** (0.0060)	-0.0993** (0.0060)	-0.0687** (0.0047)	-0.0290** (0.0030)
	<b>Manglaralto</b> -0.0381** (0.0044)	-0.0695** (0.0064)	-0.0185** (0.0032)	-0.0718** (0.0065)	-0.0843** (0.0064)	-0.0633** (0.0053)	-0.0271** (0.0033)
	<b>Montañita</b> -0.0982** (0.0039)	-0.1657** (0.0063)	-0.0525** (0.0031)	-0.1880** (0.0061)	-0.2224** (0.00594)	-0.1534** (0.0049)	-0.0652** (0.0032)
	<b>Río Chico</b> 0.8479** (0.0086)	10.3667** (0.0132)	0.5172** (0.0063)	10.3283** (0.0098)	10.2491** (0.0089)	10.1234** (0.0098)	0.5967** (0.0063)
	<b>San Antonio</b>	-	-	-	-	-	-
<b>R-squared</b>		0.9617	0.965	0.9425	0.9685	0.9631	0.968
<b>Observaciones</b>		1135	1135	1135	1135	1135	1135



**c. Sobre Tasa De Mortalidad**

<b>Categoría de enfermedades</b>	<b>Del sistema circulatorio</b>	<b>Enfermedades del sistema digestivo</b>
<b>Acceso al agua</b>	-0.0001 (0.0003)	0.00 (0.0003)
<b>Score de Gobernanza</b>	0.00* (0.00)	0.00 (0.00)
<b>Cadeate</b>	0.00** (0.00)	0.00 (0.00)
<b>Libertador Bolívar</b>	-0.0002** (0.0001)	0.00** (0.00)
<b>Manglaralto</b>	-0.0002** (0.00)	0.00 (0.00)
<b>Comuna</b>	<b>Montañita</b>	-0.0005** (0.0001) -0.0001** (0.00)
	<b>Río Chico</b>	0.0059** (0.0001) 0.0020** (0.00)
	<b>San Antonio</b>	- -
<b>R-squared</b>	0.8091	0.5942
<b>Observaciones</b>	1135	1135

*Nota:* Error estándar en paréntesis y nivel de significancia al 10%\*, 5%\*\*,1%\*\*\*. Datos tomados de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto (JAAPMAN & CIPAT, 2025) y del Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios (INEC, 2023).

## **Capítulo 4**

#### **4.1.1 Conclusiones**

Tras aplicar las fases necesarias de la propuesta y ejecutar los análisis definidos en la metodología, se obtienen las siguientes conclusiones primordiales. Estas se derivan directamente de los resultados obtenidos y se relacionan con los objetivos específicos planteados al inicio del proyecto, permitiendo validar, precisar o replantear algunos supuestos iniciales sobre la relación entre gobernanza, acceso al agua segura y salud en la parroquia Manglaralto. A continuación, se presentan las principales conclusiones organizadas de manera puntual, con base en la evidencia empírica recolectada y analizada durante el desarrollo del estudio.

- El análisis de datos secundarios sobre percepción ciudadana reveló desigualdades en la gestión del agua segura, alineadas con los retos del ODS 10 “Reducción de las desigualdades”. La gobernanza mostró variaciones entre comunas: Montañita y Cadeate registraron mayor confianza institucional, mientras Río Chico, San Antonio y Libertador Bolívar presentaron niveles bajos. Se detectó una relación inversa entre consumo de agua segura y confianza en las instituciones. Factores como educación, tipo de vivienda y monto de factura permitieron segmentar grupos socioeconómicos, mostrando patrones diferenciados de percepción. Estos resultados refuerzan la necesidad de políticas que reduzcan brechas territoriales y sociales en el acceso y la gobernanza hídrica.
- El impacto de la gobernanza sobre el acceso al agua segura se evaluó con modelos logit binarios, pero el indicador utilizado presentó una limitación por el fuerte desbalance entre acceso básico y limitado. Como se señaló en el marco teórico, el

acceso seguro implica disponibilidad, cercanía y capacidad de pago. Este último factor podría explicar que del 99% de los hogares conectados al sistema de la junta únicamente el 4% consuma su agua, mientras la mayoría compra agua purificada o usa métodos más económicos y menos seguros. Esto impidió obtener evidencia sólida y caracterizar efectos heterogéneos por grupos territoriales, socioeconómicos o demográficos.

- Se identificaron las principales enfermedades asociadas a la falta de agua segura en Manglaralto en coherencia con el ODS 3: enfermedades infecciosas, respiratorias, circulatorias, digestivas, genitourinarias, endocrinas e inespecíficas. Las regresiones lineales múltiples mostraron que, en zonas con acceso limitado, las enfermedades genitourinarias registraron mayor duración hospitalaria, mientras que el acceso básico se asoció con menores tasas de morbilidad en endocrinas, genitourinarias y síntomas inespecíficos. Las desigualdades territoriales detectadas, como las altas tasas en Río Chico, justifican la definición de prioridades y estrategias de salud pública en la parroquia.
- El análisis del Modelo de Ecuaciones Estructurales y las pruebas de robustez evidenció que la relación entre gobernanza y salud está mediada principalmente por el acceso efectivo al agua segura, en coherencia con el ODS 6. Aunque la gobernanza es estratégica en la gestión hídrica, su impacto en la salud depende de su capacidad para generar mejoras reales en cobertura, calidad y asequibilidad. El acceso presentó asociaciones significativas con enfermedades genitourinarias, endocrinas y síntomas inespecíficos, reafirmando su rol como mediador clave. Estos hallazgos respaldan la

necesidad de fortalecer el acceso seguro como base para futuras reformas legales y políticas que regulan la gestión y operación del recurso.

#### **4.1.2 Recomendaciones**

Tras culminar lo planificado en la propuesta, se identificaron diversos aspectos clave que merecen ser abordados en investigaciones futuras. A continuación, se presentan recomendaciones prioritarias que podrían fortalecer la evidencia disponible y servir como base para el diseño de políticas públicas más efectivas y contextualizadas.

- Se recomienda coordinar con el Ministerio de Salud Pública para acceder a información clínica actualizada, cruzando registros hospitalarios con encuestas de la Junta de Agua o aplicando la encuesta de gobernanza a pacientes. Esto permitirá superar datos desactualizados y analizar mejor la relación entre percepción institucional, acceso al agua segura y salud.
- Se sugiere incorporar la sección de participación comunitaria de la Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto 2025 para fortalecer el indicador de gobernanza. También incluir factores del contexto local y problemas identificados por operadores en las seis comunas, como la mayor concentración de cloro en aquellas que reciben primero el suministro.
- Se propone reemplazar la variable “tipo de acceso al agua” como indicador del nivel de acceso al agua por la pregunta “tipo de consumo de agua”, ambas preguntas de la encuesta a los hogares. Este ajuste aportaría información más representativa para orientar mejoras en la gestión y prestación del servicio de agua potable y obtener datos más precisos en los modelos probabilísticos.

- Finalmente, se plantea enriquecer el análisis incluyendo variables monetarias, como lo hacen Goetzel (2009) y Mateus et al. (2020), para estimar el costo económico de enfermedades asociadas al agua. Esto permitiría proyectar el ahorro potencial en salud pública derivado de mejorar el acceso al agua segura.

## Referencias

- Aguilar, L. F. (2010). *Gobernanza. El nuevo proceso de gobernar*. Mexico: Fundación Friedrich Naumann para la Libertad. Retrieved 11 de junio de 2025, from [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53267386/Gobernanza\\_El\\_nuevo\\_proceso\\_de\\_gobernar\\_FINAL\\_2da\\_edicion\\_1-libre.pdf?1495667090=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DG\\_o\\_b\\_e\\_r\\_n\\_a\\_n\\_z\\_a\\_El\\_nuevo\\_proceso\\_de.pdf&Expires=1749677180&Signature=YQD](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53267386/Gobernanza_El_nuevo_proceso_de_gobernar_FINAL_2da_edicion_1-libre.pdf?1495667090=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DG_o_b_e_r_n_a_n_z_a_El_nuevo_proceso_de.pdf&Expires=1749677180&Signature=YQD)
- Alegría, M. I. (2018). *Percepcion de la calidad y acceso del consumo de agua segura en familias de la red de Tamburco – Abancay*. Retrieved 6 de junio de 2025, from [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_4c385089aeffa9b1e5397c2512ba87c3](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_4c385089aeffa9b1e5397c2512ba87c3)
- Alvarado Vélez, J. A., Ube Olvera, J., & Naranjo Armijo, F. G. (2019). *Buen Vivir y Políticas públicas en Ecuador: una revisión del proceso formativo de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos*. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 3(26), 24-30. Retrieved 11 de junio de 2025, from [https://www.researchgate.net/profile/Julio-Alvarado-Velez-2/publication/336573026\\_Buen\\_Vivir\\_y\\_Politicas\\_publicas\\_en\\_Ecuador\\_una\\_revisio\\_n\\_del\\_proceso\\_formativo\\_de\\_la\\_Ley\\_Organica\\_de\\_Recursos\\_Hidricos/links/612a45ee0360302a0062af2b/Buen-Vivir-y-Politicas-p](https://www.researchgate.net/profile/Julio-Alvarado-Velez-2/publication/336573026_Buen_Vivir_y_Politicas_publicas_en_Ecuador_una_revisio_n_del_proceso_formativo_de_la_Ley_Organica_de_Recursos_Hidricos/links/612a45ee0360302a0062af2b/Buen-Vivir-y-Politicas-p)
- Álvarez Miño, L., Cantillo Matos, K., Rico Gutiérrez, G., y Salazar, A. (2013). *Acceso y calidad del agua para el consumo humano en Santa Marta como indicador de inequidad en salud.*" *Universidad y Salud*. Retrieved 6 de junio de 2025, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-71072013000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-71072013000200003&script=sci_arttext)
- Asaba Bagonza, R. (2015). *Gender and representation in local water governance in rural Uganda*. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 11(3-4), 247-261. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJARGE.2015.074091>
- Ashbolt, N. J. (2015). *Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems*. *Current environmental health reports*, 2(1), 95-106.

Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://link.springer.com/article/10.1007/s40572-014-0037-5>

Azhar, K., Dharmayanti, I., y Anwar, A. (2014). *The Influence of Drinking Water Access on the Occurrence of Water-borne Diseases (Diarrhea and Typhoid)*. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Influence-of-Drinking-Water-Access-on-the-of-Azhar-Dharmayanti/c49cf0d831879d3c94adb64d31f8ae7696a75897>

Bayu, T., Kim, H., & Oki, T. (2020). *Water Governance Contribution to Water and Sanitation Access Equality in Developing Countries*. *Water Resources Research*, 56. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.semanticscholar.org/paper/Water-Governance-Contribution-to-Water-and-Access-Bayu-Kim/b38cce7d1859d80122bdd3df6385b2a307b4e6a9>

Carpita, M., Sandri, M., Simonetto, A., & Zuccolotto, P. (2014). *Data Mining Applications with R*, Pages 397-433. Retrieved 5 de julio de 2025, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780124115118000153>

Carrión-Mero, P., Morante-Carballo, F., Herrera-Franco, G., Jaya-Montalvo, M., Rodríguez, D., Loor-Flores de Valgas, C., & Berrezueta, E. (2021). *Community-University Partnership in Water Education and Linkage Process. Study Case: Manglaralto, Santa Elena, Ecuador*. *Water*, 13(15), 1998. Retrieved 12 de junio de 2025, from <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/15/1998>

Cochran, W. G. (1977). *Fórmula de Cochran para poblaciones finitas*. Retrieved 19 de junio de 2025, from <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1390266>

Córdoba, M. A., Fernanda Del Coco, V., y Basualdo, J. A. (2010). *Agua y salud humana. Química viva*, 9(3), 105-119. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.redalyc.org/pdf/863/86315692002.pdf>

Cruz Roja Ecuatoriana. (2006). *Manual comunitario para el mejoramiento de la calidad y acceso a agua segura." Programa Salud Comunitaria. Proyecto Ayuda Humanitaria Frontera Norte.* Retrieved 6 de junio de 2025, from [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CRUZ%20ROJA%20ECUATORIANA%202010.%20Manual%20comunitario%20para%20el%20mejoramiento%20calidad%20y%20acceso%20a%20agua%20segura.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CRUZ%20ROJA%20ECUATORIANA%202010.%20Manual%20comunitario%20para%20el%20mejoramiento%20calidad%20y%20acceso%20a%20agua%20segura.pdf)

- Cunha Ferreira, D., Grazielle, I., Cunha Marques, R., & Gonçalves, J. (2021). *Investment in drinking water and sanitation infrastructure and its impact on waterborne diseases dissemination: The Brazilian case*. *Science of the Total Environment*, 779, 146279. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721013474>
- Empresa Pública AGUAPEN-EP. (s.f.). *Manual del Proceso de Potabilización de Agua*. Retrieved 12 de junio de 2025, from [http://www.aguapen.gob.ec/aguapenep/?page\\_id=2120](http://www.aguapen.gob.ec/aguapenep/?page_id=2120)
- Empresa Pública del Agua EPA-EP. (2014). *Programa Nacional De Mantenimiento Y Operación De Infraestructura*. Retrieved 12 de junio de 2025, from <https://www.empresagua.gob.ec/>
- Esrey, S., Potash, J., Roberts, L., y Shiff, C. (1991). *Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma*. *Bulletin of the World Health organization*, 69(5), 60. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2393264/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Manglaralto. (2019). *Plan de Desarrollo Territorial*. Retrieved 19 de junio de 2025, from <https://gadmanglaralto.gob.ec/pdot/1/>
- Goetzel, R. Z. (2009). *Do prevention or treatment services save money? The wrong debate*. *Health Affairs*, 28(1), 37-41. Retrieved 11 de junio de 2025, from [https://www.researchgate.net/profile/Ron-Goetzel/publication/23759893\\_Do\\_Prevention\\_Or\\_Treatment\\_Services\\_Save\\_Money\\_The\\_Wrong\\_Debate/links/59a5baeca6fdcc61fcf982fb/Do-Prevention-Or-Treatment-Services-Save-Money-The-Wrong-Debate.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ron-Goetzel/publication/23759893_Do_Prevention_Or_Treatment_Services_Save_Money_The_Wrong_Debate/links/59a5baeca6fdcc61fcf982fb/Do-Prevention-Or-Treatment-Services-Save-Money-The-Wrong-Debate.pdf)
- Hegga, S., Kunamwene, I., y Ziervogel, G. (2020). *Local participation in decentralized water governance: insights from north-central Namibia*. *Regional Environmental Change*, 20(3), 105. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10113-020-01674-x.pdf>
- Herrera-Franco, G., Carrión-Mero, P., Aguilar-Aguilar, M., Morante-Carballo, F., Jayamontalvo, M., & Morillo-Balsara, M. (2020). *Groundwater Resilience Assessment in a Communal Coastal Aquifer System. The Case of Manglaralto in Santa Elena, Ecuador*. *Sustainability*, 12(19), 8290. Retrieved 12 de junio de 2025, from <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/19/8290>

- INEC. (2020). *Registro Estadístico de Recursos y Actividades de Salud [Conjunto de datos]*. Retrieved 18 de junio de 2025, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/actividades-y-recursos-de-salud/>
- INEC. (2023). *Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios [Conjunto de datos]*. Retrieved 18 de junio de 2025, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/camas-y-egresos-hospitalarios/>
- INEC. (julio de 2024). *Camas y Egresos Hospitalario: Metodología*. Retrieved 18 de junio de 2025, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/camas-y-egresos-hospitalarios/>
- INEC. (octubre de 2024). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo [Conjunto de datos]*. Retrieved 18 de junio de 2025, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/empleo-octubre-2024/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *Censo Ecuador: Estructura poblacional*. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.censoecuador.gob.ec/resultados-censo/#resultados>
- Ivens, S. (2008). *Does increased water access empower women? Development*, 51(1), 63-67. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://link.springer.com/article/10.1057/palgrave.development.1100458>
- JAAPMAN & CIPAT. (2025). *Encuesta de Acceso al Agua Potable en la parroquia de Manglaralto*. [Conjunto de datos]. Retrieved 18 de junio de 2025.
- Kayser, G., Amjad, U., Dalcanale, F., Bartram, J., & Bentley, M. (2015). *Drinking water quality governance: A comparative case study of Brazil, Ecuador, and Malawi, Volume 48, Pages 186-195*. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901114002470>
- Kline, R. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling (3rd ed.)*. The Guilford Press. Retrieved 5 de julio de 2025, from <https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/74702/1/35.pdf>
- Lara Figueroa, H. N., y García Salazarb, E. M. (2019). *Prevalencia de enfermedades asociadas al uso de agua contaminada en el Valle del Mezquital. Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 7(21), 91-106. Retrieved 11 de junio de 2025, from [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-80642019000300091&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-80642019000300091&script=sci_arttext)

- Levallois, P., y Villanueva, C. M. (2019). *Drinking water quality and human health: an editorial*. *International journal of environmental research and public health*, 16(4), 631. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/4/631>
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. (4 de agosto de 2014). *Asamblea Nacional del Ecuador*. Retrieved 12 de junio de 2025, from <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADdricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Mateus, C., Valencia, M., DiFrancesco, K., Ochoa-Herrera, V., Gartner, T., y Quirog, D. (2020). *Governance mechanisms and barriers for achieving water quality improvements in Galapagos*. *Sustainability*, 12(21), 8851. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/8851>
- McMichael, C. (2019). *Water, sanitation and hygiene (WASH) in schools in low-income countries: a review of evidence of impact*. *International journal of environmental research and public health*, 16(3), 359. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/3/359>
- Meeks, R. C. (2017). *Water works: The economic impact of water infrastructure*. *Journal of Human Resources*, 52(4), 1119-1153. Retrieved 12 de junio de 2025, from <https://jhr.uwpress.org/content/52/4/1119.short>
- Miller, J. D., Vonk, J., Staddon, C., y Young, S. L. (2020). *Is household water insecurity a link between water governance and well-being? A multi-site analysis*. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://iwaponline.com/washdev/article/10/2/320/73830/Is-household-water-insecurity-a-link-between-water>
- Mukheibir, P. (2010). *Water access, water scarcity, and climate change*. *Environmental management*, 45, 1027-1039. Retrieved 6 de junio de 2025, from <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-010-9474-6>
- Nelson-Nuñez, J., y Pizzi, E. (2018). *Governance and water progress for the rural poor*. *Global Governance: A Review of Multilateralism and International Organizations*, 24(4), 575-593. Retrieved 11 de junio de 2025, from [https://brill.com/view/journals/gg/24/4/article-p575\\_7.xml](https://brill.com/view/journals/gg/24/4/article-p575_7.xml)
- Octavio-Aguilar, P. &.-P. (2022). *Efectos sobre la salud del agua contaminada por metales pesados*. *Herreriana*, 4(1), 43-47. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/herreriana/article/view/8630>

- OMS. (1993). *Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud (CIE)*. Retrieved 30 de junio de 2025, from <https://www.who.int/es/standards/classifications/classification-of-diseases>
- OMS-UNICEF. (noviembre de 2021). *Programa conjunto OMS / UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento de Agua, el Saneamiento y la Higiene*. Retrieved 25 de junio de 2025, from <https://washdata.org/report/jmp-2021-wins-country-consultation-es>
- O'Toole, K., y Burdess, N. (2005). *Governance at community level: Small towns in rural Victoria*. *Australian Journal of Political Science*, 40(2), 239-254. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10361140500130055>
- Ramos Mancheno, A. D. (2024). *Efectos del consumo de agua contaminada en la calidad de vida de las personas*. *Polo del Conocimiento*, 9(1), 614-632. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6396>
- Rehman, M. F.-u. (2019). *Polluted water borne diseases: Symptoms, causes, treatment and prevention*. *J Med Chem Sci*, 2(1), 21-26. Retrieved 11 de junio de 2025, from [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/78792357/article\\_82887\\_fbd6647764040233a6ebd1f45cc87cde-libre.pdf?1642246297=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPolluted\\_Water\\_Borne\\_Diseases\\_Symptoms\\_C.pdf&Expires=1749680495&Signature=EAUFkagDfaHH8eT](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/78792357/article_82887_fbd6647764040233a6ebd1f45cc87cde-libre.pdf?1642246297=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPolluted_Water_Borne_Diseases_Symptoms_C.pdf&Expires=1749680495&Signature=EAUFkagDfaHH8eT)
- Stock, J., & Watson, M. (2015). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno (3.<sup>a</sup> ed.)*. Pearson Educación.
- Thomas, T. K., Ritter, T., Bruden, D., Bruce, M., Byrd, K., y Goldberger, R. (2016). *Impact of providing in-home water service on the rates of infectious diseases: results from four communities in Western Alaska*. *Journal of water and health*, 14(1), 132-141. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://iwaponline.com/jwh/article/14/1/132/28247/Impact-of-providing-in-home-water-service-on-the>
- Torres Parra, C., Saldeño, Y., y Villegas, N. (2020). *Propuesta para facilitar el acceso al agua segura en comunidades rurales a partir del proceso de filtración lenta de arena y el emprendimiento social." Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería*. Retrieved 6 de junio de 2025, from <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/791>
- Valls Martínez, M. d., & Martin Cervantes, P. A. (diciembre de 2021). *Partial Least Squares Structural Equation Modeling PLSSEM Applications in Economics and Finance*. Retrieved 26 de junio de 2025, from

[https://www.researchgate.net/publication/357096984\\_Partial\\_Least\\_Squares\\_Structural\\_Equation\\_Modeling\\_PLSSEM\\_Applications\\_in\\_Economics\\_and\\_Finance](https://www.researchgate.net/publication/357096984_Partial_Least_Squares_Structural_Equation_Modeling_PLSSEM_Applications_in_Economics_and_Finance)

Vedeld, T. (2022). *The co-creation paradox: Small towns and the promise and limits of collaborative governance for low-carbon, sustainable futures*. Retrieved 11 de junio de 2025, from <https://oda.oslomet.no/oda-xmlui/handle/11250/3051127>

Wenhai, L., Cusack, C., Baker, M., Tao, W., Mingbao, C., Paige, K., . . . Pearlman, J. (2019). *Successful blue economy examples with an emphasis on international perspectives*. *Frontiers in Marine Science*, 6, 261. Retrieved 12 de junio de 2025, from <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2019.00261/full>

## **Apéndices**

## Apéndice A

### *Autorización de uso de datos*



Guayaquil - Ecuador  
Campus Gustavo Galindo Velasco - Km. 30.5 Vía Perimetral - Pbx: (593-4) 2269 269

## CARTA DE AUTORIZACIÓN

Guayaquil, 05 de junio de 2025

En mi calidad de director del proyecto de vinculación titulado "**Siembra, cosecha y reutilización del agua para estrategias de sostenibilidad**", con código PG13-PY24-07, que se lleva a cabo en el Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra. Me permito autorizar al estudiante **Gabriel Alfonso González Puertas**, con número de matrícula 2019151758 y cédula de identidad 0930782420, el uso de los datos generados del proyecto mencionado, los cuales serán utilizados en su proyecto integrador titulado "*Acceso equitativo y sostenible al agua segura en Manglaralto: análisis territorial, social y de gobernanza*", para la obtención del título de Licenciado en Economía, en la Facultad de Ciencias Sociales y Humanística.

Particular que se informa para los fines pertinentes.

Cordialmente,



Ing. Paúl Carrión Mero, Ph.D.  
**Director del Proyecto**  
**Director CIPAT-ESPOL**



## Apéndice B

### Código Bootstrap de base de datos

A continuación se detalla el código utilizado para implementar un procedimiento de bootstrap estratificado por comuna para estimar indicadores de salud a partir de datos hospitalarios y demográficos. Utiliza las librerías `readxl`, `dplyr`, `purrr` y `openxlsx` para leer, procesar y exportar la información. Primero, carga la base de encuestas desde Excel, renombra y transforma variables clave, y calcula la población total y el número de registros válidos. Luego, define los totales hospitalarios por categoría CIE-10, especificando casos vivos, fallecidos y días de estancia. En la fase de simulación, establece  $B = 1000$  iteraciones y una semilla para garantizar reproducibilidad. Para cada comuna, crea matrices para almacenar los resultados de casos vivos, fallecidos y días, seleccionando muestras aleatorias con reemplazo según la distribución observada y asignando días mediante una distribución multinomial. Posteriormente, calcula los promedios simulados y deriva las tasas de mortalidad y morbilidad por cada 1.000 habitantes, ajustadas a la población de cada comuna. Finalmente, aplica la función a todas las comunas, combina los resultados y exporta un archivo Excel con los indicadores generados. Este enfoque permite obtener estimaciones robustas y comparables, incorporando la variabilidad muestral y respetando la estructura poblacional.

---

#### 1. Preparar el entorno y cargar datos

```
library(readxl) # Lectura de Excel
library(dplyr) # Tidy data
library(purrr)
install.packages("openxlsx") # para exportar nuevo Excel
# 1) Base de encuesta
df <- read_excel("base 1.xlsx", sheet = 1)
df <- df %>%
  rename(comuna = `a.1`) # 0.1 Renombrar la columna de estrato geográfico
df$`d.11` <- as.numeric(df$`d.11`) # 0.2 Asegurarse de que d.11 sea numérico
POBLACION <- sum(df$`d.11`, na.rm = TRUE)
cat("Población total válida:", POBLACION, "\n")
N <- nrow(df)
n <- nrow(df) # Número real de filas en la Base 1
```

---

#### 2. Parámetros del estudio (Totales hospitalarios por categoría CIE-10)

---

```
agg <- list(
  "A00-B99" = list(vivos = 36, fallecidos = 0, dias = 106),
  "E00-E90" = list(vivos = 42, fallecidos = 0, dias = 184),
  "I00-I99" = list(vivos = 16, fallecidos = 3, dias = 54),
  "J00-J99" = list(vivos = 67, fallecidos = 0, dias = 231),
  "K00-K93" = list(vivos = 107, fallecidos = 1, dias = 328),
```

---

---

```
"N00-N99" = list(vivos = 64, fallecidos = 0, dias = 189),
"R00-R99" = list(vivos = 21, fallecidos = 0, dias = 64 )
)
```

---

### **3. Función bootstrap estratificada por comuna**

---

```
B <- 1000
set.seed(42)
procesar_comuna <- function(data_comuna) {
  n <- nrow(data_comuna)
  mat_v <- lapply(agg, function(x) matrix(0, n, B))
  mat_f <- lapply(agg, function(x) matrix(0, n, B))
  mat_d <- lapply(agg, function(x) matrix(0, n, B))

  for (b in seq_len(B)) {
    for (g in names(agg)) {
      a <- agg[[g]]
      idx_v <- sample.int(n, a$vivos, replace = TRUE)
      mat_v[[g]][idx_v, b] <- 1

      if (a$fallecidos > 0) {
        idx_f <- sample.int(n, a$fallecidos, replace = TRUE)
        mat_f[[g]][idx_f, b] <- 1
      }

      idx_total <- c(idx_v, if (a$fallecidos > 0) idx_f else integer(0))
      dias_vec <- rmultinom(1, a$dias, rep(1, length(idx_total)))
      mat_d[[g]][idx_total, b] <- dias_vec
    }
  }
}
```

---

```
for (g in names(agg)) {
  data_comuna[[paste0(g, "_casos_vivos")]] <- rowMeans(mat_v[[g]])
  data_comuna[[paste0(g, "_casos_fallecidos")]] <- rowMeans(mat_f[[g]])
  data_comuna[[paste0(g, "_dia_estad")]] <- rowMeans(mat_d[[g]])
```

```
  data_comuna[[paste0(g, "_tasa_mortalidad")]] <-
  data_comuna[[paste0(g, "_casos_fallecidos")]] * 1000 / POBLACION
```

```
  data_comuna[[paste0(g, "_tasa_morbilidad")]] <-
  (data_comuna[[paste0(g, "_casos_vivos")]] +
  data_comuna[[paste0(g, "_casos_fallecidos")]]) * 1000 / POBLACION
}
```

```
return(data_comuna)
}
```

---

### **4. Aplicar a cada comuna y unir todo**

---

```
df_split <- split(df, df$comuna)
df_final <- map(dfr(df_split, procesar_comuna))
```

---

### **5. Exportar**

---

```
openxlsx::write.xlsx(df_final, "base1_enriched.xlsx", overwrite = TRUE)
```

---

## Apéndice C

### Desglose de enfermedades CIE-10

<b>Capítulo I: Ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias (A00 -B99)</b>		<b>Casos</b>	<b>días en cama</b>
A05	Otras intoxicaciones alimentarias bacterianas, no clasificadas en otra parte	1	2
A06	Amebiasis	2	6
A09	Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	13	41
A41	Otras septicemias	2	8
A59	Tricomoniasis	1	3
A63	Otras enfermedades de transmisión predominantemente sexual, no clasificadas en otra parte	1	6
A97	Dengue	7	20
B07	Verrugas víricas	4	4
B08	Otras infecciones víricas caracterizadas por lesiones de la piel y de las membranas mucosas	1	1
B23	Enfermedad por virus de la inmunodeficiencia humana [VIH], resultante en otras afecciones	1	8
B34	Infección viral de sitio no especificado	2	3
B37	Candidiasis	1	4
<b>Total</b>		<b>36</b>	<b>106</b>

<b>Capítulo IV: Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas (E00-E90)</b>		<b>Casos</b>	<b>días en cama</b>
E10	Diabetes mellitus insulinodependiente	12	54
E11	Diabetes mellitus no insulinodependiente	14	69
E12	Diabetes mellitus asociada con desnutrición	6	29
E14	Diabetes mellitus, no especificada	4	14
E16	Otros trastornos de la secreción interna del páncreas	3	10
E28	Disfunción ovárica	1	3
E86	Depleción del volumen	2	5
<b>Total</b>		<b>42</b>	<b>184</b>

	<b>Capítulo IX: Enfermedades del sistema circulatorio (I00-I99)</b>	<b>Casos</b>	<b>días en cama</b>
I10	Hipertensión esencial (primaria)	6	16
I12	Enfermedad renal hipertensiva	2	15
I15	Hipertensión secundaria	1	2
I46	Paro cardíaco	1	1
I48	Fibrilación y aleteo auricular	1	1
I50	Insuficiencia cardíaca	1	2
I64	Accidente vascular encefálico agudo, no especificado como hemorrágico o isquémico	2	8
I67	Otras enfermedades cerebrovasculares	3	7
I69	Secuelas de enfermedad cerebrovascular	1	1
I87	Otros trastornos de las venas	1	1
<b>Total</b>		<b>19</b>	<b>54</b>

	<b>X Enfermedades del sistema respiratorio (J00-J99)</b>	<b>Casos</b>	<b>días en cama</b>
J03	Amigdalitis aguda	1	2
J06	Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, de sitios múltiples o no especificados	6	12
J15	Neumonía bacteriana, no clasificada en otra parte	2	15
J18	Neumonía, organismo no especificado	35	135
J20	Bronquitis aguda	4	10
J21	Bronquiolitis aguda	5	7
J22	Infección aguda no especificada de las vías respiratorias inferiores	2	13
J44	Otras enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	1	5
J45	Asma	2	5
J80	Síndrome de dificultad respiratoria del adulto	3	6
J90	Derrame pleural no clasificado en otra parte	2	8
J96	Insuficiencia respiratoria, no clasificada en otra parte	4	13
<b>Total</b>		<b>67</b>	<b>231</b>

	<b>XI Enfermedades del sistema digestivo (K00-K93)</b>	<b>Casos</b>	<b>días en cama</b>
K27	Úlcera péptica, de sitio no especificado	1	1
K30	Dispepsia	1	2
K35	Apendicitis aguda	3	13
K37	Apendicitis, no especificada	12	31
K40	Hernia inguinal	16	34
K41	Hernia femoral	1	3
K42	Hernia umbilical	3	6
K43	Hernia ventral	1	4
K52	Otras colitis y gastroenteritis no infecciosas	1	1
K56	Ileo paralítico y obstrucción intestinal sin hernia	1	3
K60	Fisura y fistula de las regiones anal y rectal	1	1
K65	Peritonitis	1	3
K71	Enfermedad tóxica del hígado	1	12
K74	Fibrosis y cirrosis del hígado	1	2
K74	Fibrosis y cirrosis del hígado	3	12
K80	Colelitiasis	51	166
K81	Colecistitis	3	10
K82	Otras enfermedades de la vesícula biliar	1	3
K85	Pancreatitis aguda	4	16
K92	Otras enfermedades del sistema digestivo	2	5

<b>Total</b>	<b>108</b>	<b>328</b>
--------------	------------	------------

<b>Capítulo XIV: Enfermedades del aparato genitourinario (N00-N99)</b>		<b>Casos</b>	<b>días en cama</b>
N10	Nefritis tubulointersticial aguda	3	12
N17	Insuficiencia renal aguda	1	4
N19	Insuficiencia renal no especificada	1	11
N23	Cólico renal, no especificado	1	3
N28	Otros trastornos del riñón y del uréter, no clasificados en otra parte	1	4
N39	Otros trastornos del sistema urinario	24	87
N40	Hiperplasia de la próstata	1	3
N63	Masa no especificada en la mama	2	3
N75	Enfermedades de la glándula de Bartholin	8	11
N80	Endometriosis	1	2
N81	Prolapso genital femenino	6	20
N83	Trastornos no inflamatorios del ovario, de la trompa de Falopio y del ligamento ancho	1	3
N84	Pólipo del tracto genital femenino	1	1
N85	Otros trastornos no inflamatorios del útero, excepto del cuello	2	4
N92	Menstruación excesiva, frecuente e irregular	4	8
N93	Otras hemorragias uterinas o vaginales anormales	6	11

N95 Otros trastornos menopáusicos y perimenopáusicos	1	2
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>189</b>

<b>Capítulo XVIII: Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte (R00-R99)</b>		<b>Casos</b>	<b>días en cama</b>
R04 Hemorragia de las vías respiratorias		1	3
R07 Dolor de garganta y en el pecho		1	1
R10 Dolor abdominal y pélvico		8	22
R11 Náusea y vómito		1	1
R16 Hepatomegalia y esplenomegalia, no clasificadas en otra parte		2	7
R17 Ictericia no especificada		1	6
R18 Ascitis		1	4
R22 Tumefacción, masa o prominencia de la piel y del tejido subcutáneo localizados		1	1
R59 Adenomegalia		1	7
R73 Nivel elevado de glucosa en sangre		4	12
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>64</b>	