

Documento de Trabajo N°4

# Impacto en la salud pública y beneficios económicos del tratamiento de las aguas residuales:

Análisis de los casos de las PTAR  
Cusco y Cajamarca

# PRO INVERSIÓN

Iván Mirko Lucich Larrauri

## IMPACTO EN LA SALUD PÚBLICA Y BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Análisis de los casos de las PTAR Cusco y  
Cajamarca

La Agencia de Promoción de la Inversión Privada no se responsabiliza por los comentarios y/o afirmaciones que el presente documento contenga. La presente investigación tiene como finalidad contribuir a la discusión desde un punto de vista académico y no de crítica. Las opiniones y estimaciones representan el juicio de los autores, están sujetos a modificación sin previo aviso y no implican, necesariamente, una posición institucional de ProInversión. La investigación desarrollada se basa en información pública disponible, por lo cual no puede ser empleada como medio probatorio dentro de cualquier tipo de controversia.

**Documento de Trabajo N.º4:**

Impacto en la salud pública y beneficios económicos del tratamiento de aguas residuales: Análisis de los casos de las PTAR Cusco y Cajamarca

Editado por Agencia de Promoción de la Inversión Privada - ProInversión  
Av. Canaval y Moreyra N.º 150 piso 9  
San Isidro, Lima, Perú

**Director ejecutivo:**

José Antonio Salardi Rodríguez

**Coordinador de la Unidad de Análisis de Datos, Investigación e Inteligencia Estratégica:**

Raúl Lizardo García Carpio

**Autor:**

Iván Mirko Lucich Larrauri<sup>1 2</sup>

**Coordinación editorial:**

Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional de ProInversión

**Segunda edición digital:**

Enero de 2025

Está permitida la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio, siempre y cuando se cite la fuente y al autor.

Citar el documento como: Lucich, I. (2025). Impacto en la salud pública y beneficios económicos del tratamiento de aguas residuales: Análisis de los casos de las PTAR Cusco y Cajamarca (2.ª ed.). *Documento de Trabajo N.º 4, Unidad de Análisis de Datos, Investigación e Inteligencia Estratégica – ProInversión, Perú*

Para comentarios o sugerencias escribir al siguiente correo electrónico:

[estudios.economicos@proinversion.gob.pe](mailto:estudios.economicos@proinversion.gob.pe)

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2024-12845

Publicación digital disponible en: <https://www.investinperu.pe/es/pi/publicaciones-digitales>

ISSN: 3028-9556 (En línea)

<sup>1</sup> Docente del Departamento de Economía de la PUCP, [ilucich@pucp.edu.pe](mailto:ilucich@pucp.edu.pe).

<sup>2</sup> El documento ha sido elaborado en base del servicio de consultoría encargado de realizar el diagnóstico y la evaluación del impacto de los proyectos de saneamiento promovidos por ProInversión; además, dicho documento incluye los aportes derivados del proceso de revisión por pares en el marco de la Red de Análisis y Buenas Prácticas en Asociaciones Público-Privadas (Red APP) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

# Impacto en la salud pública y beneficios económicos del tratamiento de las aguas residuales: análisis de los casos de las PTAR Cusco y Cajamarca

## Resumen

El presente estudio cuantifica los beneficios económicos que se generarían si se trataran las aguas residuales de las ciudades de Cajamarca y Cusco, y se evitara que la población del ámbito de influencia de sus vertimientos se exponga directamente a las aguas contaminadas. Los resultados de la investigación resaltan la importancia que tiene para la sociedad la ejecución de proyectos de tratamiento de aguas residuales. Concentrándonos solamente en los beneficios económicos que se generarían al reducirse los niveles de anemia y desnutrición crónica, y de enfermedades diarreicas y respiratorias agudas, el beneficio total per cápita en Cajamarca ascendería a 96 soles anuales, y en Cusco a 199 soles anuales. Finalmente, de la comparación de los beneficios económicos que se generarían al tratarse las aguas residuales con los costos sociales asociados al uso de recursos públicos para cumplir con las obligaciones que contraerían el Estado y las empresas prestadoras con las empresas concesionarias de los proyectos Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Cajamarca y Cusco, promovidos por ProInversión a través de asociaciones público privadas (APP), concluimos que los beneficios económicos estimados serían mayores a los costos sociales de los proyectos PTAR Cajamarca y PTAR Cusco, cuando utilizamos una tasa de descuento dual.

*Palabras clave: beneficios económicos, salud, anemia, tratamiento de aguas residuales, disposición a pagar.*

## Abstract

The present study quantifies the economic benefits that would be generated by treating the wastewater of the cities of Cajamarca and Cusco, thereby preventing the population within the area of influence of their discharges from being directly exposed to contaminated waters. The research results highlight the societal importance of implementing wastewater treatment projects. Focusing solely on the economic benefits derived from reducing levels of anemia, chronic malnutrition, and acute diarrheal and respiratory diseases, the total per capita benefit would amount to 96 soles annually in Cajamarca and 199 soles annually in Cusco. Finally, by comparing the economic benefits of treating wastewater with the social costs associated with the use of public resources to meet the obligations assumed by the State and the service providers toward the concessionaire companies of the Cajamarca and Cusco Wastewater Treatment Plant (WWTP) projects, promoted by ProInversión through public-private partnerships (PPPs), we conclude that the estimated economic benefits would outweigh the social costs of the WWTP Cajamarca and WWTP Cusco projects when applying a dual discount rate.

*Keywords: economic benefits, health, anemia, wastewater treatment, willingness to pay.*

## Acrónimos y Siglas

<b>AR</b>	: Aguas residuales
<b>APP</b>	: Asociación público privada
<b>Cenan</b>	: Centro Nacional de Alimentación, Nutrición y Vida Saludable
<b>DAP</b>	: Disposición a pagar
<b>EDA</b>	: Enfermedades diarreicas agudas
<b>Enaho</b>	: Encuesta Nacional de Hogares
<b>Endes</b>	: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar
<b>EPS</b>	: Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento
<b>Escale</b>	: Estadística de la Calidad Educativa
<b>IRA</b>	: Infecciones respiratorias agudas
<b>MVCS</b>	: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
<b>PTAR</b>	: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
<b>Sicap</b>	: Sistema de Captura y Transferencia de Datos de la Sunass
<b>Sunass</b>	: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
<b>TAR</b>	: Tratamiento de aguas residuales

## 1. Introducción

El tratamiento de las aguas residuales genera importantes beneficios para la sociedad, siendo los más destacados la reducción de las afectaciones a la salud de las personas y de los ecosistemas, la mejora en la belleza paisajística, el aumento del valor predial, el impulso del turismo y de la actividad económica, entre otros. De estos, el principal beneficio es la reducción de la prevalencia de enfermedades transmitidas por el contacto directo de las personas con las aguas contaminadas, como son la anemia, la desnutrición crónica, el cólera, la tifoidea, la hepatitis, la diarrea, las enfermedades respiratorias, entre otras.

Estas enfermedades generan mortalidad y pérdidas económicas a los hogares y al Estado. Sin embargo, muchas de estas enfermedades también se pueden contraer por otros factores, como la pobreza, falta de hierro y de vitamina A, etc. Pero no solo la exposición a las aguas residuales y la falta de servicios de recolección y tratamiento de estas aguas impacta en la salud de las personas, sino también los malos hábitos de higiene y la inexistencia de sanitarios dentro del hogar. Estas condiciones hacen propicia la transmisión de enfermedades desde las heces de una persona contagiada hacia la boca de otra persona vulnerable, como los niños menores de cinco años.

La política pública de tratamiento de las aguas residuales debe evitar la exposición de la población a las aguas contaminadas; y con ello, disminuirá la mortalidad y la prevalencia de las enfermedades señaladas anteriormente.

La literatura se ha enfocado en cuantificar los efectos, en la salud, del acceso al agua potable y alcantarillado, pero muy poco esfuerzo ha dedicado a cuantificar los efectos que tiene sobre la economía la exposición de las personas a las aguas residuales, puesto que resulta complejo cuantificar los beneficios que genera a la población la implementación de un proyecto de reducción o control de las aguas residuales, ya que los efectos de la contaminación sobre un cuerpo receptor no son transables en el mercado y, además, porque estos efectos, que impactan primero sobre la salud y luego sobre el presupuesto y capacidades humanas, no son directos ni rápidamente identificables. Las afectaciones a la salud demoran en manifestarse y en ser identificadas.

El objetivo del presente estudio es cuantificar los beneficios económicos que genera a la sociedad el control y tratamiento de las aguas residuales (TAR) en el ámbito de influencia de los vertimientos de aguas residuales de las ciudades de Cajamarca y Cusco, al evitar que su población se exponga directamente a estas aguas y se enferme. La exposición de la población a los efectos de las aguas residuales provoca que los hogares incurran en mayores gastos en salud y pierdan ingresos para su manutención; y que el Estado destine mayores recursos del presupuesto público al sector Salud y al sector Educación, por los efectos que generan estas aguas en la salud pública y en la educación de los niños y las niñas. Otro propósito de este estudio es comparar los beneficios que genera el TAR con los costos sociales asociados a los recursos públicos que se utilizarían para cumplir con las obligaciones que contraerían el Estado y las empresas prestadoras, con las empresas concesionarias de los proyectos PTAR Cajamarca y PTAR Cusco, promovidos por ProInversión a través de APP.

Del conjunto de enfermedades asociadas a la exposición de la población a las aguas residuales (AR) nos hemos centrado específicamente en anemia, desnutrición crónica, enfermedades diarreicas agudas (EDA) e infecciones respiratorias agudas (IRA). Existe una relación de causalidad que tiene lugar desde la ocurrencia de la EDA hasta la IRA, pasando por la anemia y la desnutrición. La prevalencia de la IRA tiene que ver con la vulnerabilidad del

organismo ante la pérdida de micronutrientes. El vertimiento de las aguas residuales afecta a la salud a través de la generación de diarrea, que a su vez provoca anemia y desnutrición, y la desnutrición genera otras enfermedades, como las IRA. Estos episodios no solo ocasionan gastos en salud y pérdida de ingresos a la población en el corto plazo, sino que también generan reducción de las capacidades mentales y laborales que posteriormente devendrán en pérdida de producción, de ingresos y de productividad en la economía.

El elemento central para la valoración de los beneficios de los proyectos PTAR es la cuantificación del nivel de afectación que generan las aguas residuales sobre la salud de las personas, la misma que está basada en la estimación de la función de prevalencia de anemia y en la función de prevalencia de enfermedades vinculadas predominantemente a EDA e IRA, y en la estimación del impacto económico que generan estas enfermedades.

En este estudio utilizamos las funciones de prevalencia de enfermedades de dos formas diferentes, una forma para cuantificar la pérdida de producción e ingreso de las personas que sufren y han sufrido de anemia en su niñez, y la otra forma, para cuantificar las diferentes acciones y los costos en los que incurren los hogares para abordar enfermedades como EDA e IRA, puesto que sus efectos son percibidos directamente por la población.

En el caso de la anemia y desnutrición crónica, las familias no perciben los impactos que generan sobre la pérdida de producción y de ingresos en el futuro. En cambio, en el caso de EDA e IRA, las familias sí perciben la pérdida de ahorros por una parte y la pérdida de ingresos por otra. La diferenciación de los impactos entre estos dos grupos de enfermedades permite separar la valoración económica de los efectos que genera la anemia y la desnutrición sobre la salud de las personas, de la valoración económica por evitar enfermarse de EDA o IRA, sin generarse superposición, con el propósito de agregar estos valores y evaluar el cambio en el bienestar.

De esta forma, para lograr nuestro objetivo de valorar los beneficios económicos del TAR en el ámbito de influencia de los vertimientos de AR de las ciudades de Cajamarca y Cusco, y de compararlos con los costos sociales asociados a los proyectos PTAR, por una parte, calculamos los beneficios económicos que se generan al reducirse la prevalencia de anemia y desnutrición crónica, y por otra parte, calculamos los beneficios económicos que se generan al reducirse la prevalencia de enfermedades asociadas a las EDA e IRA.

Finalmente, ambos beneficios serán sumados para su comparación con los costos sociales. Para el primer cálculo estimamos el efecto del TAR sobre la disminución de la prevalencia de anemia, y luego valoramos las pérdidas económicas de los hogares y del Estado que se podrían evitar al reducirse la prevalencia de anemia en el ámbito de influencia de los vertimientos de aguas residuales, utilizando la metodología desarrollada por Alcázar (2012) basada en Ross y Horton (1998), y; en Martínez y Fernández (2006).

Para el segundo cálculo, estimamos la máxima disposición a pagar no marginal por evitar las enfermedades diarreicas agudas e infecciones respiratorias agudas, a partir de estimar la probabilidad de enfermarse como función del gasto preventivo y defensivo, utilizando la teoría de la función de producción de salud y gastos preventivos, propuesta por Bartik (1988), Courant & Porter (1981), Harrington & Portney (1987) que han modelado el comportamiento de los individuos considerando que además de valorar los bienes y servicios, valoran su salud.

Finalmente, los beneficios económicos del tratamiento de las aguas residuales en las ciudades de Cajamarca y Cusco que hemos cuantificado en este estudio, serán igual a la suma del valor de los impactos económicos evitados al reducirse la prevalencia de anemia y la máxima disposición a pagar no marginal por evitar las enfermedades diarreicas agudas e infecciones respiratorias agudas.

Consideramos que este estudio sería el primero que utiliza la información sobre el nivel de TAR en el ámbito de las empresas prestadoras (EP) para estimar la prevalencia de anemia y desnutrición crónica, y para cuantificar los beneficios económicos que se obtiene del tratamiento de las aguas residuales en el ámbito de influencia de las EP.

La estructura de este documento es la siguiente: en la próxima sección se presenta la problemática y la propuesta de tratamiento de las aguas residuales en las ciudades de Cajamarca y Cusco. Luego, en la tercera sección, se hace revisión de la literatura sobre la incidencia que tiene el acceso a los servicios de saneamiento sobre la salud de la población. En la sección cuarta se presenta en detalle la estimación de los beneficios económicos que se generan con el tratamiento de las aguas residuales para las ciudades de Cajamarca y Cusco. La comparación de los beneficios económicos con los costos sociales se presenta en la sección quinta. Finalmente, en las dos últimas secciones se presentan las conclusiones y las recomendaciones y agenda pendiente.

## **2. Problemática y tratamiento de las aguas residuales en Cajamarca y Cusco**

En la actualidad, según la Sunass, se trata el 74 % de las aguas residuales en el ámbito de las empresas prestadoras (EP). Del grupo de empresas medianas, se trata el 45 % de las aguas residuales, siendo el nivel de remoción de los factores contaminantes aproximadamente del 50 %. Esto quiere decir que casi el 80 % de las aguas residuales generadas en el ámbito urbano de las EP se vierten al cuerpo receptor sin tratar o con un tratamiento defectuoso, contaminando las fuentes de agua y afectando a la población que las utiliza aguas abajo, ya sea directamente para consumo o indirectamente a través de la ingesta de alimentos regados con estas aguas.

Considerando que la brecha del tratamiento de las aguas residuales, según el Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026, asciende a 70 000 millones de soles, y que la asignación anual a través del Presupuesto Público es de aproximadamente 1500 millones de soles, para los diferentes niveles de Gobierno; el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) ha encargado a PronInversión el diseño, financiamiento, ejecución y operación, y mantenimiento de 17 proyectos de PTAR a través de la modalidad de Asociación Público Privada (APP).

En este marco, es de interés analizar la problemática de dos proyectos de APP: PTAR Cajamarca y PTAR Cusco.

### **2.1. Creación del servicio de tratamiento de aguas residuales para la disposición final y reusó, mejoramiento y ampliación de la infraestructura de la red de recolección en los distritos de Cajamarca y Los Baños del Inca, en la provincia de Cajamarca**

Desde hace más de diez años el sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cajamarca se encuentra colapsado o fuera de servicio. Las lagunas facultativas que trataban antiguamente las aguas residuales de esta ciudad ahora no tienen la capacidad requerida, y su optimización sería inviable. Actualmente, las aguas residuales generadas por la ciudad de Cajamarca se vierten al cauce natural del río Mashcón sin tratamiento, provocando impacto ambiental y afectando la salud pública.

El Proyecto PTAR Cajamarca tiene como propósito solucionar el déficit del tratamiento de las aguas residuales de la ciudad, y evitar su vertimiento a los ríos Mashcón y Chonta. Esto implica definir un nuevo lugar para la PTAR y nuevo trazo para ciertos emisores, así como también, intervenir en los últimos tramos de la red de colectores principales. Los colectores y emisores actuales vierten las aguas residuales al río Mashcón en puntos diferentes, luego de recolectarlas de las áreas de drenaje, mientras que los colectores de Los Baños del Inca vierten directamente al río Chonta. Por lo señalado, el proyecto comprenderá una PTAR y el mejoramiento de la red de colectores existentes y nuevos tramos de colectores.

El monto de inversión del proyecto asciende a S/ 260 931 548 con IGV, y con un OPEX de aproximadamente 30 millones de soles.

Los principales beneficios del proyecto son la disminución de la contaminación de las aguas de los ríos Mashcón y Chonta, la disminución de las enfermedades de la población expuesta a las aguas contaminadas de estos dos ríos y/o que consume alimentos regados con estas aguas, la reducción de la contaminación del aire por gas metano, entre otros.

Consideramos que la disminución de las enfermedades de la población expuesta a las aguas residuales es el efecto más importante. La población beneficiaria del proyecto asciende a 221 949 personas ubicadas en el área urbana del distrito de Cajamarca y en la periurbana y rural del distrito de Los Baños del Inca.

## **2.2. Proyecto de mejoramiento y ampliación del servicio de tratamiento de aguas residuales para disposición final, e infraestructura de la red de recolección en 5 distritos de la ciudad del Cusco**

En la actualidad, la PTAR San Jerónimo trata el 85 % del total de las aguas residuales generadas por la ciudad del Cusco, el resto se descarga directamente al río Huatanay antes de ser recolectadas por las redes de la empresa. Se estima que existen 32 vertimientos con 67 descargas que corresponden en su mayor parte a sectores que no administra Sedacusco. A su vez, la capacidad de tratamiento de la PTAR San Jerónimo resulta insuficiente para tratar la demanda actual y futura de los usuarios conectados a la red de alcantarillado de la empresa.

El proyecto consiste en mejorar y ampliar la PTAR San Jerónimo, considerando un tratamiento físico químico y decantación primaria, seguida de un tratamiento biológico mediante filtros percoladores, en dos etapas, más una decantación secundaria. El proyecto comprende la intervención de colectores principales, tratamiento y disposición final de las aguas residuales a través de la construcción de unidades de tratamiento en la PTAR San Jerónimo.

El monto de inversión del proyecto asciende a S/ 176 462 000 sin IGV. La población beneficiada dentro del área urbana del Cusco será la que reside en los distritos de Wanchaq, Santiago, San Sebastián y San Jerónimo, con un total de 428 450 habitantes. Como parte del área de influencia, se incluye a algunos centros poblados de los distritos de Cusco, Wanchaq, Santiago, San Sebastián, San Jerónimo y Saylla. Además, se han identificado 22 centros poblados rurales potenciales, cuya población es de 2151 habitantes.

Los principales beneficios del proyecto son la disminución de las enfermedades en la población por contacto directo con las aguas residuales y por el consumo de alimentos provenientes de fuentes contaminantes; la disminución de la contaminación hídrica de los cuerpos receptores del río Huatanay, la reducción de la contaminación del aire por gas metano, la reducción de los gastos de atención en salud de la población, la mejora del medio ambiente

de la ciudad del Cusco, el incremento de oportunidades para generar nuevas actividades recreativas y turísticas, entre otras.

### 3. Revisión de la literatura

La literatura presenta muchos estudios que analizan la incidencia que tiene el acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado sobre la prevalencia de enfermedades como anemia, desnutrición crónica, enfermedades infecciosas respiratorias agudas (IRA) y enfermedades diarreicas agudas (EDA), así como también sobre la deserción escolar; pero son escasos los estudios que cuantifican el impacto económico de la exposición de las personas a las aguas residuales, y más escasos aún son aquellos que cuantifican los beneficios económicos generados al tratarse las aguas residuales (TAR).

De los trabajos que analizan la incidencia que tiene el acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado sobre la prevalencia de enfermedades, nos interesan aquellos que se han enfocado en estudiar la mejora en la calidad del agua que consume el hogar a partir de gastos defensivos o preventivos que estos hacen. Entre los principales trabajos, destacamos los de Jamil, Faisal et al. (2021), Charles Abdalla et al. (1992), Nil Adote Abrahams et al. (2000), el de Mi-Jung Um et al. (2002), y el de Roger Loyola y Carlos Soncco (2006).

Respecto al trabajo de Jamil, Faisal et al. (2021), los autores calculan los costos defensivos para evitar la diarrea. Los resultados obtenidos establecen que el nivel de ingreso per cápita y el comportamiento defensivo de los hogares contribuyen de manera importante a reducir la diarrea. La probabilidad de tener diarrea es mayor en los hogares que gastan menos en tratar el agua. La distancia entre la planta potabilizadora y el hogar contribuye a la prevalencia de diarrea. Los hogares que tienen tanques para almacenar el agua tienen mayor probabilidad de contraer la diarrea.

En el trabajo de Charles Abdalla et al. (1992), se estima la probabilidad de realizar gastos defensivos, y a partir ello, cuantifican la magnitud del gasto. Este estudio concluye que los hogares con conocimiento de la contaminación, percepción del riesgo y presencia de niños, emprenden acciones defensivas, y su nivel de gasto se incrementa si tienen niños pequeños.

Nil Adote Abrahams et al. (2000) estudian la elección del comportamiento defensivo de los hogares, estableciendo dos alternativas al statu quo, el consumo de agua en botella o la instalación de un filtro de agua dentro de la vivienda, concluyendo que los gastos en bienes que reducen el riesgo e incrementan la utilidad tienen que ser usados como una medida de gastos defensivos. La percepción del riesgo de la calidad del agua de grifo es importante para ciertos grupos étnicos y etarios que eligen agua embotellada. En cambio, quienes tienen mayores ingresos prefieren el filtro en la llave de agua para abordar la percepción de calidad del agua. Sin embargo, ajustando las diferencias de calidad entre ambas alternativas, el gasto en botellas de agua sobrestima en 12 % los costos evitados.

En el trabajo de Mi-Jung Um et al. (2002), se estima la disposición a pagar de los usuarios por mejorar los niveles aceptables de contaminación del agua del grifo o llave. Concluyen que los hogares están dispuestos a pagar entre USD 4,2 y 6,1 por mes, como monto adicional en el recibo, para mejorar los niveles aceptables de contaminación del agua en la llave.

Finalmente, para el Perú, Roger Loyola y Carlos Soncco (2006) estiman el efecto en la salud de los hogares de zonas urbano-marginales del Callao. Estos autores concluyen que la disposición de los hogares a pagar por evitar enfermarse, asciende a 16 soles mensuales.

Respecto a los trabajos que miden la incidencia del acceso a los servicios de agua potable y saneamiento sobre la deserción escolar, destacamos el trabajo de Ortiz-Correa et al. (2016).

Los autores proponen un modelo de maximización de la utilidad del hogar basado en el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento, a partir del cual se determina la salud del niño y su incidencia en la educación y en el bienestar del hogar. Las estimaciones sugieren que el acceso a los servicios de agua y saneamiento tiene un efecto positivo y significativo en la escolaridad, cuando se mide por el número de años escolares completados.

Entre los estudios que cuantifican el impacto económico de la exposición de las personas a las aguas residuales, destacamos el trabajo de Kontogianni et al. (2003), en Grecia. Estos autores, empleando el método de valoración contingente, estiman la máxima disposición a pagar de las personas para garantizar el pleno funcionamiento de la PTAR Salónica que en su momento se encontraba parcialmente operativa. Por otro lado, Yañez (2007) estima el costo económico de tratar las enfermedades y señala los costos que se pueden ahorrar como consecuencia del tratamiento de las aguas residuales.

Finalmente, de los estudios que cuantifican los beneficios económicos que genera el tratamiento de las aguas residuales, destacamos el trabajo de Ahn et al. (2020). Este trabajo investiga los beneficios sociales de ampliar y modernizar las plantas de tratamiento de aguas residuales en Corea del Sur utilizando el método de valoración contingente. Los resultados muestran que los hogares coreanos, en promedio, están dispuestos a pagar USD 33 al año para mejorar las plantas de tratamiento de aguas residuales. Alrededor del 47 % de los costos del proyecto pueden cubrirse con los beneficios sociales de los que disfrutaban los hogares coreanos. Este estudio sugiere que el Gobierno coreano necesita considerar los beneficios sociales estimados al determinar la escala y el cronograma de los proyectos de mejora. Aun cuando el valor obtenido responde a un contexto diferente, es muy cercano a lo encontrado por Tudela y Rodríguez (2017) para el caso de Puno, en Perú, donde aplicó la misma metodología (USD 3,32 al mes o USD 39,84 al año).

## 4. Estimación de los beneficios económicos por tratar las aguas residuales

En esta sección presentamos la metodología y los resultados de la estimación de los beneficios económicos que se generarían al tratar las aguas residuales (TAR) en el ámbito de los vertimientos de estas aguas en Cajamarca y Cusco.

Hemos considerado dos tipos de beneficios económicos: i) los beneficios que se generarían al reducirse la prevalencia de anemia y desnutrición crónica y evitar los impactos económicos que estas generan; y, ii) los beneficios que se generarían al evitar que las personas gasten en salud, por enfermedades asociadas a las EDA e IRA, y en gastos preventivos o defensivos; puesto que la exposición de las personas a las aguas residuales, además de incidir en la prevalencia de anemia y desnutrición crónica, incide en EDA e IRA. Estas, además, incrementan su prevalencia en presencia de anemia y desnutrición crónica, por la vulnerabilidad de la salud de las personas. Para el caso de EDA e IRA, más que para el caso de anemia y desnutrición, las familias perciben la pérdida de su bienestar a partir del gasto en el que incurren para afrontar estas enfermedades, y también por el esfuerzo y el tiempo que ocupan para implementar ciertas medidas de prevención y mitigación.

El daño a la salud, por no contar con una PTAR, también se enfoca en aquellas personas que no cuentan con alcantarillado, o sufren de roturas e interrupciones, justamente porque el sistema de recolección de las aguas residuales se encuentra colapsado.

Desde la perspectiva de la teoría económica, por lo general, las enfermedades o las afectaciones a la salud tienen doble efecto para las personas, por un lado, genera un mayor gasto

vinculado a la prevención y al tratamiento de la enfermedad, y, por otro lado, genera un menor ingreso a lo largo de la vida laboral y la pérdida de capacidades para trabajar. Autores como Freeman (1993), Bartik (1988), Courant & Porter (1981) y Cropper (1981) lo han documentado suficientemente. En el caso de las afectaciones directas a la salud, los gastos defensivos son una buena aproximación a la disposición a pagar de la población o al cambio en el bienestar económico para evitar la afectación.

A su vez, desde la perspectiva de los recursos fiscales, una población con salud resquebrajada genera un mayor gasto al Estado; los presupuestos de los sectores Salud y Educación incrementan sus partidas, sea por la prevención o por la mitigación. Además de las implicancias fiscales que genera una reducción de la productividad en la economía, se reduce la productividad laboral por efecto del impacto en la salud, con efectos tanto temporales como permanentes.

#### **4.1. Beneficios económicos por reducir la anemia y la desnutrición crónica**

En esta sección calculamos los beneficios económicos que se generarían en el ámbito de influencia de los vertimientos de aguas residuales de las ciudades de Cajamarca y Cusco, como consecuencia de tratar las aguas residuales y reducir la prevalencia de anemia y desnutrición crónica. Para ello, en primer lugar, estimamos el efecto del TAR sobre la disminución de la prevalencia de anemia, y luego valoramos las pérdidas económicas que se podrían evitar a la sociedad al reducirse esta prevalencia en el ámbito de influencia de los vertimientos de aguas residuales de las ciudades de Cajamarca y Cusco.

Estos dos procesos corresponden a la aplicación del método de la función de producción y costos evitados.

##### **Método de la función de producción y los costos evitados**

El método de la función de producción y los costos evitados tiene dos partes: la primera correspondiente a la “función de producción” que se utiliza para medir la relación causa-efecto que genera la contaminación del agua sobre un cuerpo receptor, puede ser el cuerpo humano o un campo de cultivo, pastizales, un lago, un río, entre otros. Epidemiológicamente también se le conoce como la función de dosis-respuesta. Por lo general, mide la probabilidad o prevalencia de afectación de la contaminación sobre un cuerpo receptor. El método trata de encontrar la relación funcional entre el cambio ambiental y las condiciones de producción para ciertos bienes con mercado.

La segunda parte de este método está referida al valor económico del efecto generado que puede medirse a través de los costos incurridos, luego de sucedido el impacto, que de alguna forma busca cubrir el daño o mitigarlo; así como también de los gastos preventivos o de defensa en que se incurre para evitar ser afectado por un daño de probable ocurrencia. En ambas situaciones, sean costos incurridos o gastos preventivos, en caso se dé una mejora en la calidad ambiental del agua, se transforman en costos evitados o presupuesto que se ahorra porque no sucede el impacto.

#### 4.1.1. Disminución de prevalencia de anemia y desnutrición crónica

A continuación, se presenta la estimación de la disminución de la prevalencia de anemia y desnutrición crónica en niños menores de 5 años y en madres gestantes, como consecuencia del TAR en el ámbito de los vertimientos de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento de Cusco y Cajamarca, a través de la especificación de un modelo econométrico probit/logit.

El vertimiento de las aguas residuales no tratadas a un cuerpo receptor, afecta principalmente a la población local expuesta a estas, así como también a la población que utiliza como fuente de agua dicho cuerpo receptor. Para la estimación de la disminución de la prevalencia de anemia hemos supuesto que la población afectada se encuentra en los distritos en los que se hallan los vertimientos de la EP y en aquellos distritos por donde discurren estos vertimientos, independientemente estén ubicados, dentro o fuera del ámbito de responsabilidad de la EP.

La incidencia de anemia por exposición a las aguas residuales no solo se da por el vertimiento de estas aguas, sino también por su no recolección desde las viviendas que las generan. Al respecto, es importante considerar también, como variable explicativa de la función de prevalencia de anemia, la cobertura de alcantarillado. La incidencia de la ausencia de alcantarillado sobre la anemia amplifica los efectos generados por el no tratamiento de las aguas residuales. En este sentido, existiría un segundo efecto sobre la prevalencia de anemia en la estimación econométrica, asumiendo que, en gran medida, las poblaciones no son las mismas: una población se ubica en las viviendas que no tienen sistema de recolección de aguas residuales, y la otra población se ubica en las viviendas cercanas a los lugares por donde discurren las aguas residuales vertidas por las empresas prestadoras sobre las que realizamos este estudio. Sin embargo, existe un grupo de personas que recibe un doble impacto por la exposición a las aguas residuales: por las aguas residuales no evacuadas de sus viviendas a través del alcantarillado; y, por las aguas residuales que provienen de otro distrito cuyo prestador no trata dichas aguas.

A continuación, en el cuadro 1, presentamos la descripción de las variables utilizadas en las diferentes especificaciones econométricas de esta sección.

Cuadro 1: Descripción de las variables del modelo de prevalencia de anemia

Variable y abrev.	Definición	Periodicidad y Fuente	Tipo de variable
Anemia (anemia y desnutrición)	<u>Anemia</u> : condición en la que el contenido de hemoglobina en la sangre se encuentra por debajo de valores normales.	Al momento de realizar la encuesta.	<i>Dummy</i> Toma el valor de “1” si el nivel de hemoglobina ajustada por altitud se encuentra entre 1 y 11.
<b>anemia (enfo)</b>	<u>Desnutrición crónica</u> : estado en el cual los niños tienen una baja estatura con relación a una población de referencia.  La Enfes mide la anemia en niños menores de 5 años, y también en mujeres de 12 a 49 años.	<u>Fuente</u> : Enfes 2022	Toma el valor de “0” en otro caso.
Desagüe  <b>des</b>	Se pregunta sobre el tipo de servicio higiénico del hogar: conectado a la red pública de desagüe (dentro o fuera de la vivienda), letrina, otras.	Al momento de la encuesta.  <u>Fuente</u> : Enfes 2022	<i>Dummy</i> Toma el valor de “1” si la vivienda está conectada a la red de desagüe. Toma el valor de “0” en caso contrario.
Tratamiento de aguas residuales.	Nivel de tratamiento de aguas residuales distritales en el	Anual año 2022	Numérica Expresada como el cociente:

Variable y abrev.	Definición	Periodicidad y Fuente	Tipo de variable	
<b>tar</b>	ámbito de las EPS y en el ámbito del vertimiento de las aguas residuales.	<u>Fuente:</u> Sicap (Sunass)	volumen anual/volumen anual.	tratado vertido
Región Cajamarca			<i>Dummy</i>	
<b>dum1</b>	Representa a Cajamarca (Cusco) en relación a las demás regiones.	Anual (año 2022)	Toma el valor de “1” si la región es Cajamarca. Toma el valor de “0” en caso contrario.	
Importancia relativa del TAR en Cajamarca.	Mide “la importancia relativa” o el efecto sobre la anemia, del tratamiento de las aguas residuales en Cajamarca, en relación a otras regiones.	Anual (año 2022) <u>Fuente:</u> Endes 2022	Cofactor	
<b>dum1#tar</b>				
Hacinamiento	Mide el nivel de hacinamiento existente en el hogar.	Anual (año 2022) <u>Fuente:</u> Endes 2022	Numérica Expresada como: número de personas en el hogar/número de habitaciones.	
<b>hacina</b>				
Tratamiento del agua para beber en el hogar.	Establece si el hogar realiza algún tipo de tratamiento al agua, dentro de la vivienda, antes de beberla.	Anual (año 2022) <u>Fuente:</u> Endes 2022	<i>Dummy</i> Toma el valor de “1” si el hogar realiza algún tipo de tratamiento al agua antes de beberla. Toma el valor de “0” en caso contrario.	
<b>tratagua</b>				
Importancia relativa del tratamiento de aguas residuales en la ciudad.	Mide “la importancia relativa” o efecto sobre la anemia del TAR en la ciudad, en relación a los demás lugares que no son ciudad, como por ejemplo, centros poblados o campos. Ciudad =1 Otro lugar (pequeña ciudad pueblo, campo) =0	Anual (año 2022) <u>Fuente:</u> Endes 2022	Cofactor	
<b>t*lugar</b>				

Fuente: Elaboración propia

La información utilizada para estimar el cambio en la prevalencia de anemia en mujeres gestantes y en niños menores de 5 años proviene de la Endes 2022; y aquella referida al “nivel de tratamiento de aguas residuales” en el ámbito de las empresas prestadoras y de las localidades donde estas vierten los desagües, proviene de la Sunass, específicamente del Sistema de Captura de Información (Sicap). Esta información la hemos incorporado como variable “tar” en la Endes 2022 y en la Enaho 2022, utilizando la variable “ubigeo” para cada uno de los distritos que son administrados por las empresas prestadoras y para aquellos distritos que, no formando parte de las EP, reciben las descargas de aguas residuales. Para ello se identificaron los puntos de vertimiento de aguas residuales de cada una de los distritos de las localidades administradas por las EP (tengan o no PTAR), así como los distritos que habrían sido afectados por estos vertimientos. La afectación se daría principalmente en los distritos administrados por la EP en los que se realiza el vertimiento de las aguas residuales, así como también en los distritos ubicados en el recorrido inmediato a tales vertimientos.

### Prevalencia de anemia en niños menores de 5 años

Considerando el limitado número de observaciones en los ámbitos de estudio, hemos realizado, para cada caso, dos estimaciones. En la primera estimación medimos la importancia relativa del efecto del TAR en las ciudades de Cajamarca (y luego de Cusco) sobre la prevalencia de anemia en todo el país, en relación al efecto que genera el TAR en las demás ciudades del país. En la segunda estimación, con una especificación econométrica más reducida que la

primera, medimos el efecto del TAR en las ciudades de Cajamarca (y luego de Cusco) sobre la prevalencia de la anemia en sus respectivos ámbitos de vertimiento. En la medida que el efecto del TAR en las ciudades de Cajamarca (y luego de Cusco) sobre la anemia en todo el país sea significativo, la segunda estimación, que tiene lugar solamente en los ámbitos de vertimiento de las ciudades de Cajamarca y Cusco, quedará validada.

### Primera estimación:

Habiendo constatado que no existe evidencia de endogeneidad entre la variable independiente, prevalencia de anemia y/o desnutrición crónica, y alguna de las variables explicativas de la especificación econométrica presentada en la ecuación 1, hemos estimado un modelo probit, caso contrario se habría estimado un modelo probit bivariado.

$$Pr(\text{anemia}(\text{enfo})) = \beta_0 + \beta_1 * \text{des} + \beta_2 * \text{tar} + \beta_3 * \text{dum1} + \beta_4 \text{ dum1\#tar} + \beta_5 \text{hacina} + \beta_6 \text{tratagua} + [\beta_7 t^* \text{lugar}] \quad (1)$$

La principal consideración de esta estimación es que incluye como variable explicativa el cofactor  $\text{dum1\#tar}$  para medir la importancia en la reducción de la prevalencia de anemia nacional del TAR en las ciudades de Cajamarca (y luego de Cusco), en relación a las demás ciudades del país. Además, el modelo incluye otro cofactor,  $t^* \text{lugar}$ , para medir la importancia en la reducción de la prevalencia de anemia por parte de las ciudades del país, en relación al total de lugares diferentes a las ciudades en el Perú.

En esta sección estimamos dos modelos, uno para Cajamarca y otro para Cusco, para explicar el cambio en la prevalencia de anemia en niños menores de 5 años en el ámbito de todos los vertimientos de las empresas prestadoras. En estos dos modelos incorporamos como variable explicativa el cofactor  $\text{dum1\#tar}$ , que para el primer modelo mide la importancia relativa en la reducción de la prevalencia de anemia nacional del tratamiento de aguas residuales que tiene lugar en Cajamarca en relación a las demás ciudades del país, y para el segundo modelo mide lo mismo, pero considerando el aporte de la ciudad del Cusco.

Los resultados de las estimaciones que explican el cambio en la prevalencia de anemia en niños menores de 5 años en el ámbito de todos los vertimientos de las empresas prestadoras, los presentamos en el cuadro 2. Estos resultados revelan, para los dos modelos, una buena significancia estadística de los coeficientes. En ambos modelos los signos revelan coherencia con la teoría. Incrementar la cobertura de alcantarillo y tratar las aguas residuales en Cajamarca reduce la prevalencia de anemia, y en Cusco, además de reducir la anemia, reduce la desnutrición crónica. El hacinamiento contribuye a aumentar la prevalencia de anemia y el tratamiento o cuidado del agua dentro del hogar contribuye a su disminución en ambas ciudades.

Cuadro 2: Prevalencia de anemia en niños menores de 5 años

Probit regresión - Prevalencia de anemia - niños menores de 5 años					Probit regresión- Prevalencia de anemia - niños menores de 5 años				
Perú: <i>Dummy</i> : Cajamarca					Perú <i>Dummy</i> : Cusco				
Obs = 9635					Obs = 9635				
Prob >chi2 = 0,000					Prob >chi2 = 0,000				
Log Likelihood = -5894,11					Log Likelihood = -6103,7				
Rseudo R2 = 0,0251					Rseudo R2 = 0,0328				
Anemia(e nfo)	Coef	Stad.Err	z	P<z	Coef	Stad.Err	z	P<z	
des	-0,28218	0,03033	-9,30	0	-0,34209	0,03000	-11,4	0	
tar	-0,14844	0,03354	-4,42	0	-0,22358	0,03331	-6,71	0	
dum1	-0,21800	0,12065	-1,81	0,07	0,85758	0,25977	3,3	0,001	
dum1#tar	-0,45887	0,25834	-1,78	0,07	-0,55667	0,28331	-1,96	0,049	

hacina	0,10637	0,01055	10,08	0	0,10850	0,01051	10,32	0
tratagua	-0,19527	0,05432	-3,59	0	-0,22207	0,05374	-4,13	0
_cons	-0,31150	0,06427	-4,85	0	-0,11581	0,06346	-1,82	0,068

  

at#Dum1	Delta method				Delta method			
	Margin	Stad.Err	z	P<z	Margin	Stad.Err	z	P<z
10	0,34618	0,00722	47,91	0	0,39569	53,92	53,92	0
11	0,27133	0,03856	7,04	0	0,71618	8,36	8,36	0
20	0,33289	0,00531	62,62	0	0,37490	69,38	69,38	0
21	0,22448	0,03000	7,48	0	0,64845	9,23	9,23	0
30	0,31981	0,00479	66,75	0	0,35447	71,89	71,89	0
31	0,18262	0,03173	5,76	0	0,57568	11,21	11,21	0
40	0,30695	0,00587	52,2	0	0,33445	54,87	54,87	0
41	0,14603	0,03727	3,92	0	0,50029	14,04	14,04	0
50	0,29432	0,00782	37,6	0	0,31490	38,99	38,99	0
51	0,11473	0,04174	2,75	0,006	0,42495	11,98	11,98	0

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la importancia del TAR en ambas ciudades, se puede indicar que a medida que aumenta el TAR en todo el país, el efecto del TAR en Cajamarca y en Cusco sobre la prevalencia de anemia en todo el país, en relación al efecto del TAR en el ámbito de todos los vertimientos de las demás ciudades, es muy significativo. El efecto marginal del TAR en Cajamarca sobre la disminución de la prevalencia de anemia en el ámbito de los vertimientos de las EP es del 27 %, mientras que el efecto que generan las demás ciudades es del 34 %. Para el caso de Cusco, el efecto marginal del TAR sobre la disminución de la prevalencia de anemia en el ámbito de los vertimientos de las EP es del 71 %, mientras que el efecto que generan las demás ciudades es del 39 %. En ambos casos, estos efectos van reduciéndose en la medida en que se tratan todas las aguas residuales.

### Segunda estimación

La segunda estimación mide el cambio en la prevalencia de anemia en niños menores de 5 años en el ámbito solo de las ciudades de Cajamarca y Cusco. Los resultados muestran que el efecto marginal del tratamiento de las aguas residuales sobre la reducción de la prevalencia de anemia, en promedio, es de 19 puntos porcentuales en Cajamarca, y de 33 puntos porcentuales en Cusco, como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3: Prevalencia de anemia en niños menores de 5 años en Cajamarca y Cusco

Cajamarca					Cusco				
Probit regresión - Prevalencia de anemia - niños menores de 5 años					Probit regresión- Prevalencia de anemia - niños menores de 5 años				
Obs = 190					Obs = 228				
LR chi(1)=6,77					LR chi(1) = 11,07				
Prob >chi2 = 0,0093					Prob >chi2 = 0,0009				
Log Likelihood = -101,78					Log Likelihood = -150,52				
Rseudo R2 = 0,0322					Rseudo R2 = 0,0355				
Anemia	Coef	Stad.Err	z	P<z	Coef	Stad.Err	z	P<z	
tar	-0,63862	0,25313	-2,52	0,012	-0,88555	0,27416	-3,23	0,001	
_cons	-0,52980	0,11781	-4,5	0	0,59199	0,25160	2,35	0,019	
Expresión : Pr(enfo), predict () dy/dx w.r.t : TAR Hacina Delta-method					Expresión : Pr(enfo), predict () dy/dx w.r.t : TAR Hacina Delta-method				
	dy/dx	Stad.Err	z	P<z	dy/dx	Stad.Err	z	P<z	
tar	-0,19280	0,07349	-2,62	0,009	-0,33503	0,09619	-3,48	0	

Fuente: Elaboración propia

### Prevalencia de anemia en mujeres gestantes

En el cuadro 4, mostramos la estimación del cambio en la prevalencia de anemia en las madres gestantes. La metodología y las variables son las mismas que se utilizaron para el caso de los niños menores de 5 años. La diferencia se encuentra en la base de datos utilizada.

Los resultados muestran significancia estadística en los coeficientes del modelo, y los signos revelan coherencia teórica. Incrementar el tratamiento de las aguas residuales reduce la prevalencia de anemia en mujeres gestantes, en cambio el hacinamiento aumenta la prevalencia.

La reducción en la prevalencia de anemia en mujeres gestantes como consecuencia del tratamiento de aguas residuales es del 4 % en Cajamarca y del 15 % en Cusco. Como era de esperarse, el nivel de reducción de la anemia es menor al nivel observado en niños menores de 5 años.

Cuadro 4: Prevalencia de anemia en mujeres gestantes en Cajamarca y Cusco

Cajamarca					Cusco				
Probit regresión - Prevalencia de anemia - mujeres gestantes					Probit regresión- Prevalencia de anemia - mujeres gestantes				
Obs = 990					Obs = 1287				
LR chi(1)=7,89					LR chi(1)=7,89				
Prob >chi2 = 0,0483					Prob >chi2 = 0,0000				
Log Likelihood = -357,71					Log Likelihood = -636,79				
Rseudo R2 = 0,0109					Rseudo R2 = 0,0188				
Anemia	Coef	Stad.Err	z	P<z	Coef	Stad.Err	z	P<z	
tar	-0,24913	0,15507	-1,61	0,108	-0,55602	0,1113	-4,99	0	
t*lugar	-0,24428	0,13532	-1,81	0,071	-----	-----	-----	-----	
hacina	0,08582	0,04188	2,05	0,04	-----	-----	-----	-----	
_cons	-1,24239	0,16637	-7,47	0	-0,37462	0,09900	-3,78	0	
Expresión : Pr(enfo), predict () dy/dx w.r.t : TAR Hacina Delta-method					Expresión : Pr(enfo), predict () dy/dx w.r.t : TAR Hacina Delta-method				
	dy/dx	Stad.Err	z	P<z	dy/dx	Stad.Err	z	P<z	
tar	-0,04905	0,03051	-1,61	0,108	-0,15386	0,030110	-5,11	0	
t*lugar	-0,04770	0,02623	-1,82	0,069	-----	-----	-----	-----	
hacina	0,01689	0,00823	2,05	0,04	-----	-----	-----	-----	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el cuadro 5 se muestra, de manera ordenada, todos los resultados obtenidos en esta sección que serán utilizados en las ecuaciones que se presentan en la siguiente sección, a excepción de la prevalencia de anemia en adultos, cuyo valor lo hemos recogido de la encuesta del Cenano del año 2011, suponiendo de manera conservadora que esta puede disminuir en tan solo 1 %.

Cuadro 5: Cambio en prevalencia de anemia en Cajamarca y Cusco

Ciudades	Grupos	Prevalencia		Cambio en la prevalencia		Población del ámbito	
		Pv	Fuente	ΔPv	Fuente	Población	Fuente
	Niños < 5 <sup>a</sup>	38,1 %	Endes 2022	19 %	Cuadro 3	6554	Enaho 2022
Cajamarca	Mujeres gestantes	11,7 %	Endes 2022	4,9 %	Cuadro 4	83 987	Enaho 2022
	Adultos	2,1 - 4,4 %	Cenan 2011	1 %	Supuesto	217 114	Enaho 2022

Cusco	Niños < 5ª	51,2 %	Endes 2022	33 %	Cuadro 3	4337	Enaho 2022
	Mujeres gestantes	19,7 %	Endes 2022	15 %	Cuadro 4	121 409	Enaho 2022
	Adultos	2,9 – 4,5 %	Cenan 2011	1 %	Supuesto	330 390	Enaho 2022

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Valoración económica de reducir la prevalencia de anemia y desnutrición

Para valorar la pérdida económica que se podría evitar a la sociedad como consecuencia de reducir la prevalencia de anemia y desnutrición crónica, en primer lugar, estimamos el impacto económico que generaría la anemia y desnutrición crónica a las personas y al Estado, y luego, calculamos cuánta de esta pérdida se podría evitar. Para ello, en esta sección utilizaremos la metodología desarrollada por Alcázar (2012) basada en Ross y Horton (1998), y en Martínez y Fernández (2006).

Según Alcázar (2022) y Martínez y Fernández (2006), habría dos efectos que genera la anemia y la desnutrición crónica en el desarrollo intelectual del niño, que tienen repercusión en el bienestar futuro de las personas. El primer efecto es el cognitivo, que repercute sobre la productividad laboral en el futuro de quienes tuvieron anemia cuando niños, y el segundo, es el efecto del desarrollo escolar en las competencias laborales futuras. Este efecto reduce el ingreso percibido por los adultos, al obtener un menor salario como consecuencia del bajo desempeño escolar y las limitadas competencias reveladas en el mercado laboral, en relación con las personas que no sufrieron anemia ni desnutrición crónica cuando fueron niños, lo que permitió que tuvieran más energía y menos dificultades para la atención escolar, y por tanto mayor desempeño escolar. Alcázar (2012) sostiene que estos dos efectos, a pesar de que se superponen, deben ser cuantificados de manera separada. Por una parte, porque la escuela brinda ciertas habilidades que tienen repercusión en el mercado laboral, particularmente sobre el salario, y, por otra parte, porque los estudios utilizados para estimar la repercusión de la anemia por bajo desarrollo cognitivo, no han tomado en cuenta este aspecto.

Además de lo señalado, la anemia y desnutrición crónica genera pérdida de recursos fiscales al Estado, asociados a partos prematuros y, a la repitencia del año escolar por los niños que padecieron anemia.

Finalmente, la anemia también se presenta en la población adulta y tiene un efecto sobre la productividad laboral actual.

Considerando lo señalado, a continuación, estimamos cinco tipos de impactos económicos que genera la anemia y desnutrición crónica en la sociedad, y además, estimamos la incidencia del TAR sobre la reducción de estos impactos.

i. Menor productividad como consecuencia del bajo desarrollo cognitivo de los trabajadores que tuvieron anemia cuando fueron niños.

El bajo desarrollo cognitivo generado por la anemia y la desnutrición crónica, impacta en la productividad laboral de las personas cuando son adultas a través de la reducción del valor agregado por trabajador o del ingreso medio del trabajo.

Siguiendo a Alcázar (2012) y considerando el limitado desarrollo del mercado laboral en el Perú, con un gran número de trabajadores independientes, la pérdida del valor agregado por trabajador la podemos reemplazar por la pérdida de ingreso anual de los trabajadores que sufrieron de anemia cuando fueron niños.

De esta forma, la menor producción resultante del efecto cognitivo que genera la anemia en los trabajadores cuando fueron niños, la podemos calcular a través de la ecuación 2.

*Menor producción anual*

$$= [\text{efecto pérdida cognitiva}] \times [\text{Ingreso Anual del Trabajador}] \times Pv(\text{niño}) \times \text{Población} \quad (2)$$

Esta ecuación explica la pérdida de producción anual como resultado de multiplicar la pérdida del ingreso anual del trabajador como consecuencia del efecto de la pérdida cognitiva [efecto pérdida cognitiva x Ingreso Anual del Trabajador] por el tamaño de la población que sufrió de anemia cuando fueron niños [Pv(niño) x Población].

Ross y Horton (1998) afirman que el efecto negativo que genera la pérdida cognitiva por anemia, sobre el salario, es del 4 %. Este valor lo fundamenta con los estudios de Pollitt (1983) y de Psacharopoulos y Vélez (1992). Los estudios establecen que la anemia reduce el coeficiente intelectual en 0,5 desviación estándar, y que 1 de desviación estándar en el CI afecta al salario en promedio en 8 % (citado por Alcázar [2012]). Es por ello que este valor (4 %) también es utilizado por Alcázar para el estudio del impacto económico de la anemia en el Perú.

Si se reduce la prevalencia de anemia como consecuencia del TAR, entonces se reducirá en los próximos años la pérdida de la producción anual por el efecto cognitivo que generó la anemia a los niños. A continuación, se presentan estos resultados para Cajamarca y Cusco. Utilizamos la ecuación 2 para estimar el efecto del cambio en la prevalencia de anemia. Los resultados son mostrados en el cuadro 6:

Cuadro 6: Reducción de la pérdida de producción anual por efecto cognitivo como consecuencia de tratar las aguas residuales

Ciudades	Pérdida cognitiva (a)	Ingreso anual (b)	Población laboral (c)	∇ Pv(niño) (d)	Reducción de la pérdida (a*b*c*d)
Cajamarca	4 %	S/ 14 534	138 843	19 %	S/ 15 335 962
Cusco	4 %	S/ 17 439	198 765	33 %	S/ 45 755 708
Fuente	Pollit (1983)	Enaho 2022	Enaho 2022	Cuadro 6	

Fuente: Elaboración propia

ii. Menor ingreso generado como consecuencia de la pérdida de años de escolaridad de los trabajadores que tuvieron anemia cuando eran niños.

La anemia y desnutrición crónica, además de impactar en la productividad de los trabajadores que tuvieron anemia cuando fueron niños, también impacta en los salarios que percibirán estos niños cuando sean adultos.

El menor salario percibido por los trabajadores, en ciertos casos, sería consecuencia de la insuficiente capacidad generada en su escolaridad por la anemia que tuvieron en temprana edad. Una buena porción de niños con anemia pierde años de escolaridad y con ello capacidades para competir en el mercado laboral, en relación con aquellos niños que no sufrieron anemia.

Se ha estimado que los niños con anemia pierden 0,22 años de escolaridad, y que perciben % menos del salario<sup>3</sup>. Cada año escolar perdido afectará el retorno de la educación expresado en el salario obtenido por cada trabajador.

Estimamos la pérdida de ingresos de todos los trabajadores que tuvieron anemia cuando fueron niños, por haber obtenido menores salarios, multiplicando el ingreso anual que no se genera por cada año de escolaridad perdido, valorado por el retorno de un año más de escolaridad; esto es: [años escolaridad perdidos x retorno por año de educación] x [Ingreso Anual del Trabajador]; por, la población laboral que tuvo anemia cuando niño; esto es: [Pv(niño) x Población], a través de la ecuación 3 que es una simplificación de la presentada por Alcázar (2012).

Menor ingreso =

$$=[\text{años escolaridad perdidos} \times \text{retorno por año de educación}] \times [\text{Ingreso Anual del Trabajador}] \times \text{Pv}(\text{niño}) \times \text{Población} \quad (3)$$

Martínez y Fernández (2006) consideran que la pérdida de ingresos de los trabajadores (de un grupo etario) que sufrieron anemia y desnutrición (en relación al ingreso promedio de las personas que no sufrieron), para un determinado nivel de educación, depende del cambio en la probabilidad de alcanzar ese nivel de educación debido a la desnutrición. De este modo, si aumenta la anemia y desnutrición, la probabilidad de alcanzar un nivel educativo disminuye mucho. Si el cambio en la probabilidad de alcanzar ese nivel de educación es grande, el diferencial de ingresos del grupo de personas que tuvo desnutrición cuando niño, también será grande.

Al reducirse la prevalencia de anemia como consecuencia del TAR, se reducirá en los próximos años la pérdida de ingresos por menores salarios obtenidos por los trabajadores que sufrieron anemia cuando fueron niños. Utilizando la ecuación 3, calculamos el cambio en la prevalencia de anemia para Cajamarca y Cusco. Los resultados se presentan en el cuadro 7:

Cuadro 7: Reducción de la pérdida de ingresos anuales por efecto de pérdida de años de escolaridad como consecuencia de tratar las aguas residuales

Ciudades	Ingreso anual (a)	Años perdidos de escolaridad (b)	Retorno por año de educación (c)	Población laboral (d)	∇ Pv(niño) (e)	Reducción de la pérdida a*b*c*d*e
Cajamarca	S/ 14 534	0,22	5 %	138 843	19 %	S/ 4 217 390
Cusco	S/. 17 439	0,22	5 %	198 765	33 %	S/ 12 582 820
Fuente	Enaho 2022	Alcázar (2012)	Yamada (2010)	Enaho 2022	Cuadro 6	

Fuente: Elaboración propia

### iii. Menor productividad generada como consecuencia de la anemia que afecta actualmente a la población adulta.

La anemia que se presenta a la población adulta afecta la productividad laboral actual. Siguiendo a Alcázar (2012), este efecto lo podemos expresar como la pérdida de una porción del producto medio del trabajo de cada segmento laboral afectado por la anemia. El segmento laboral se define por el nivel de energía que es requerida por su actividad.

<sup>3</sup> Alcázar (2012)

Considerando dos segmentos laborales  $i$  y  $j$ , la menor productividad generada por la anemia a la población laboral actual, la calculamos de la siguiente forma:

*Menor producción/Población =*

$$\{[pérdida\ productiv(i)] \times [segmento(i)/PEA] \times [Ingreso\ del\ Trabajador(i)] \times Pv(i)\} + \\ \{[pérdida\ productiv(j)] \times [segmento(j)/PEA] \times [Ingreso\ Trabajador(j)] \times Pv(j)\} \quad (4)$$

De acuerdo a Alcázar (2012) y Ross y Horton (1998), el rango de pérdida de productividad laboral oscila entre el 5 % y el 12 %, según el esfuerzo realizado.

Ahora, considerando que muchos de los adultos también sufrieron anemia cuando niños y repercutió en la productividad laboral por procesos cognitivos, asumiremos, como lo hace Alcázar, que solo al primer grupo poblacional que realiza menor esfuerzo físico, se le restará lo correspondiente a la pérdida por procesos cognitivos (5 % - 4 % del literal  $i$ ), mientras que para el segundo grupo que realiza un trabajo más intenso se le mantendrá el 12 %. Además, se debe considerar que no necesariamente es la misma población.

Distribuida la población en dos segmentos de actividad, un segmento con mayor requerimiento de energía física en relación al otro, aplicamos al ingreso medio de cada segmento la pérdida del 12 % y del 1 % respectivamente, considerando que el ingreso del segundo segmento ya ha sido afectado por la pérdida cognitiva en 4 %.

Si se reduce la anemia en adultos como consecuencia del TAR, se reducirá la pérdida de productividad actual atribuible a la anemia. A partir de la ecuación 4, calculamos la pérdida que se puede evitar en la productividad de los trabajadores como consecuencia de la reducción de la prevalencia de anemia. Los resultados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8: Pérdida evitada de la productividad actual por anemia en adultos como consecuencia de tratar las aguas residuales

Ciudades	∇ Productividad (a)	Ingreso anual (b)	PEA (c)	∇ Prevalencia de anemia en adultos (d)	Población laboral (e)	Total de pérdida evitada
Cajamarca segmento i	1 %	S/ 14 534	44 %	1 %	138 843	S/ 88 787
Cajamarca segmento j	12 %	S/ 14 534	56 %	1 %	138 843	S/ 1 356 021
						1 533 596
Cusco segmento i	1 %	S/ 17 439	60 %	1 %	198 765	S/ 207 980
Cusco segmento j	12 %	S/ 17 439	40 %	1 %	198 765	S/ 1 663 844
Fuente	Alcázar (2012)	Enaho 2022	Enaho 2022	Cuadro 5	Enaho 2022	S/ 1 871 824

Fuente: Elaboración propia

#### iv. Pérdida de recursos públicos por partos prematuros.

En esta sección consideramos la atención médica a mujeres que dieron a luz de forma prematura como consecuencia de padecer anemia.

El Estado utilizará mayores recursos públicos en la medida que aumente la prevalencia de enfermedades como la anemia y desnutrición crónica, puesto que con la presencia de estas enfermedades deberá atender una mayor cantidad de partos prematuros.

Esta atención consiste en cesárea, requerimiento de mayores transfusiones de sangre, días de hospitalización, etc. En mujeres con anemia, el riesgo de parto prematuro es 2,7 veces más alto que el de mujeres sin anemia. Esta estimación fue realizada por Scholl et al. (1992) en New Jersey, Estados Unidos y es utilizada por diferentes investigadores como Ross y Horton (1998), Moncada et al. (2009), entre otros.

Ross y Horton (1998) proponen la ecuación 5 para estimar los costos por parto prematuro:

$$\text{Costo por parto prematuro} = [\text{costo extra}] \times [PAR] \times [\text{nacidos vivos}] \times [\% \text{prematuros}] \quad (5)$$

Donde:

- “costo extra”, es el costo incrementado respecto a un parto normal, considerando no solo los gastos para el Estado sino también para las familias, en el desarrollo de la infancia.
- “nacidos vivos” representa el número de niños nacidos vivos.
- “%prematuros”, representa el porcentaje de partos prematuros, que tienen lugar antes de las 37 semanas de gestación.
- *PAR*, representa la proporción de la población de mujeres gestantes que tuvieron parto prematuro por anemia. Esta se expresa de la siguiente manera:

$$PAR = \{Pv(m) \times (RR-1)\} / \{1 + [Pv(m) \times (RR-1)]\} \quad (6)$$

Donde:

- *Pv(m)* es la prevalencia de anemia en mujeres gestantes (información que se obtiene de la Endes).
- *RR* es el riesgo de parto prematuro en mujeres con anemia, que es igual a 2,7, según Scholl et al. (1992).

La ecuación 6 también se puede leer como la porción de bebés que nacieron de manera prematura (nacidos vivos x % prematuros) de madres que tuvieron anemia en su periodo de gestación. Por tanto, en la medida que disminuya la prevalencia de anemia, disminuirá esta porción que explica los partos prematuros y, por tanto, el costo que posteriormente asumen el Estado y las familias para mejorar la salud de los niños.

La disminución del costo por parto prematuro, o reducción de la pérdida de recursos públicos por parto prematuro, ante una reducción en la prevalencia de anemia en las madres gestantes, transmitida a través de *PAR* (dado que  $\Delta Pv(m) \rightarrow \Delta PAR$ ), se presenta en el cuadro 9, habiendo sido calculado utilizando la ecuación 7.

$$\text{Reducción de pérdida por parto prematuro} = [\text{costo extra}] \times [\Delta PAR] \times [\text{nacidos vivos}] \times [\% \text{prematuros}] \quad (7)$$

Cuadro 9: Reducción de la pérdida anual de recursos públicos por partos prematuros como consecuencia de tratar las aguas residuales

Ciudades	Costo extra (a)	$\Delta P_{AR}$ (b)	Nacidos vivos* (c)	Porción de prematuros (d)	$\nabla$ Pv (mujeres) [ecuación 6]	RR [ecuación 6]	Reducción de la pérdida (a*b*c*d)
Cajamarca	S/ 4700	0,085	5331	8,4 %	5 %	2,7	S/ 178 900
Cusco	S/ 4700	0,255	6051	5,7 %	15 %	2,7	S/ 413 400
Fuente	Ross & Horton (1998)	Ecuación 6	INEI 2021	INEI 2021	Cuadros 5 y 6	Scholl (1992)	

Fuente: Elaboración propia. (\*) En el ámbito de los proyectos

v. Pérdida de recursos públicos por repitencia del año escolar.

El Estado destinará mayores recursos públicos al sector Educación en la medida que los estudiantes repitan el año. Una de las causas de la repitencia del año escolar es la anemia y desnutrición crónica. La pérdida de recursos públicos por repitencia del año escolar está referida al costo operativo en que incurre el Estado por cada alumno que repite, tal como se muestra en la ecuación 8.

$$\text{Costo de anemia} \times \text{repitencia escolar} = [\text{Repitentes} \times \text{Anemia}] \times [\text{CostoOperEstudiante}] \quad (8)$$

La porción de niños repitentes por anemia se calcula multiplicando la tasa de repitencia (tr) por el total de niños matriculados [#Matriculados], ajustado por la proporción de la población de niños que repitieron teniendo como causa la anemia, esta proporción se representa por  $\Phi$ .

$$\text{Repitentes} \times \text{Anemia} = tr \times \# \text{Matriculados} \times \Phi \quad (9)$$

Al no estar disponible el valor de  $\Phi$  (proporción de niños que repiten por causa de la anemia), utilizamos la siguiente identidad:

$$\text{Repitentes} \times \text{Anemia} = tr \times \# \text{Matriculados} \times \Phi = Pv(n) \times \# \text{Matriculados} \times \theta \quad (10)$$

La letra  $\theta$  representa el porcentaje de niños que tuvieron anemia y que repitieron el año. Para su estimación utilizamos la información disponible en Alcázar (2012), y la mantenemos constante para realizar las estimaciones del año 2022.

Habiendo estimado los valores de  $\theta$  para primaria y secundaria, calculamos el costo de anemia por repitencia del año escolar utilizando la ecuación 11:

$$\text{Costo de anemia por repitencia escolar} = [Pv(n) \times \# \text{Matriculados}] \times \theta \times [\text{CostoOperEstudiante}] \quad (11)$$

La información del costo operativo por estudiante en que incurre el Estado, proviene del programa Escale (Estadísticas de la Calidad Educativa), del Minedu, y la información del número de niños matriculados proviene del INEI.

La reducción de la pérdida de recursos públicos por repitencia del año escolar, atribuible a la disminución de la prevalencia de anemia como consecuencia del tratamiento de las aguas residuales, se presenta en el cuadro 10, habiendo sido calculada utilizando la ecuación 12.

$$\text{Reducción de pérdida por repitencia escolar} = [\Delta Pv(\text{niño}) \times \# \text{Matriculados}] \times \theta \times [\text{CostoOperEstud.}] \quad (12)$$

Cuadro 10: Reducción de la pérdida anual de recursos públicos por repitencia escolar como consecuencia de tratar las aguas residuales

Ciudades	Nivel educativo	$\Delta P_v(n)$	#Matriculados	$\theta$	Costo Operativo x estudiante	Reducción de la pérdida
Cajamarca	Primaria	19 %	52 946	0,05562	4517	2 527 507
	Secundaria	19 %	40 551	0,07196	4852	2 689 754
Cusco	Primaria	33 %	44 154	0,05562	4539	3 679 387
	Secundaria	33 %	34 102	0,07196	5290	4 283 378
Fuente	-	Cuadro 6	INEI 2022	Adap. Alcazar(2012)	Escale 2022	-

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, todos los resultados mostrados en esta sección sobre la incidencia del TAR en la reducción de los impactos económicos generados por la anemia y desnutrición crónica, tanto en el ámbito de los vertimientos de la ciudad de Cajamarca como en el ámbito de la ciudad de Cusco, los presentamos de manera agregada en el cuadro 11.

Cuadro 11: Pérdida económica evitable de tratar las aguas residuales y reducir la anemia en Cajamarca y Cusco

Efectos de la anemia	Pérdida evitable (en soles)	
	Cajamarca	Cusco
<b>Hogares</b>		
Pérdida cognitiva	15 335 962	45 755 708
Reducción de ingresos (salario)	4 217 390	12 582 820
Pérdida de productividad	1 444 809	1 871 824
<b>Estado</b>		
Parto prematuro	178 900	413 400
Repitencia escolar primaria	2 527 507	3 679 387
Repitencia escolar secundaria	2 689 754	4 283 378
<b>Pérdida económica total</b>	<b>26 394 322</b>	<b>68 586 518</b>

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Beneficios económicos por evitar gastos de EDA e IRA

En esta sección calculamos el beneficio económico generado por los gastos en salud en los que no incurriría la población como consecuencia del TAR en el ámbito de influencia de los vertimientos de las ciudades de Cajamarca y Cusco.

Desde la perspectiva de la economía ambiental, el valor de la calidad de la salud se expresa a través de gastos preventivos y/o de restauración de bienes con mercado, con el propósito de evitar el daño sobre la salud y sobre los factores de producción. Los costos que se evitan, al incurrir en gastos preventivos, constituyen el beneficio de un proyecto de tratamiento de las aguas residuales. Los costos evitados son una expresión indirecta del valor o de la mejora en el bienestar material de las personas, y mide de manera más eficiente el cambio de las personas en su máxima disposición a pagar para evitar enfrentar el daño.

Para realizar este cálculo, estimamos el cambio en la disposición de la población a pagar para evitar enfermedades diarreicas e infecciones respiratorias agudas, utilizando la teoría de la función de producción de salud y gastos preventivos. Desde la teoría económica, diversos autores como Bartik (1988), Courant & Porter (1981), Harrington & Portney (1987), han

modelado el comportamiento de los individuos considerando que además de valorar los bienes y servicios, valoran su salud.

A través de esta teoría se cuantifica el esfuerzo y el gasto que realizan las familias para prevenir y mitigar enfermedades; entre estos, se destaca el tiempo dedicado a la atención de la enfermedad, el tiempo para acceder a la fuente segura de agua antes de beberla, el tiempo dedicado a la atención de la salud de los miembros del hogar, el gasto en medicinas y en transporte para tratar la enfermedad, entre otros. A partir de este comportamiento, se puede afirmar que las personas valoran la calidad de su salud a partir del gasto que les genera y de las diversas acciones que realizan para evitar ser afectadas por los impactos que la mala calidad ambiental les ocasiona, así como también para mitigar y afrontar sus efectos negativos. Por esta racionalidad, el beneficio de la reducción de la contaminación debe igualar al ahorro en gastos defensivos o preventivos, así como también en gastos de mitigación, siendo muchas de estas medidas no marginales. Por ello, cuando las personas deciden alcanzar un nivel óptimo de gasto y de acciones para afrontar un determinado grado de contaminación que afecta su salud, considerarán que esta afectación depende del nivel y del tiempo de exposición al ambiente contaminado, así como también de ciertas medidas discretas (no marginales), tipo dicotómicas, que disponen las personas o familias, para abordar el problema.

Con el propósito de medir el beneficio económico generado por los gastos en enfermedades asociadas a las EDA e IRA que la población no realizaría como consecuencia del TAR en el ámbito de las ciudades de Cajamarca y Cusco, seguimos el planteamiento metodológico propuesto por Hanemann (1984) que aborda esta situación como un problema de elección discreta, en el que el individuo, con una función de utilidad, debe decidir si tomar o no tomar ciertas medidas y acciones de tipo preventivo para minimizar la probabilidad de enfermarse (aproximándola a cero); considerando que, para decidir, compara su nivel de pérdida de bienestar al deteriorarse su salud, con el nivel de pérdida de bienestar por una reducción de su ingreso disponible o presupuesto, y de su tiempo; escogiendo finalmente, el nivel de gasto que lo pone en una situación de indiferencia, de modo que la diferencia de utilidad se aproxima a cero.

Esto es:  $Pr(\text{no enfermarse}) = Pr(\Delta V > \delta) = F(\Delta V)$ , (13)

Siendo:  $\Delta V = V(I=0, Y - G(Q,P), S) - V(I=1, Y, S) > \delta$

El primer término de la ecuación 13 indica el nivel de utilidad habiendo considerado las medidas para no enfermarse  $G(\cdot)$ , y el segundo término, sin considerarlas, donde el indicador  $I=i$  ( $i=1, 0$ ), señala si existe o no existe contaminación del agua. Siendo  $\delta = \epsilon_1 - \epsilon_0$ , donde la media de  $\epsilon$  es cero. Siendo  $Y$  el nivel de ingreso y  $S$  las condiciones socioeconómicas del individuo.

Los individuos deciden sobre el grado de esfuerzo y gasto  $G$  que deben realizar para lograr el nivel de salud deseado  $Q$ , considerando que el nivel de calidad ambiental  $P$  afecta de diferente forma la salud de las personas. Para la estimación de  $Pr(\text{no enfermarse})$  se especifica una forma funcional para la función de utilidad indirecta  $V$ , y por tanto para  $\Delta V$ , y una distribución de probabilidad para el error  $\delta$  que puede ser probit o logit.

Bartik (1988) mostró que la disponibilidad a pagar no marginal por una mejora en la calidad ambiental, a través de cambios en la variación compensada o equivalente, puede estimarse en función del gasto y de las diversas acciones que realizan las personas para evitar que su salud sea afectada por los impactos ambientales. Además, lo planteó como un método costo-efectividad para estimar los beneficios de una política ambiental.

Tomando una forma funcional lineal para  $V(\cdot)$  (expresada en la ecuación 13), y; la medida de cambio de bienestar asociada a la función lineal  $E[DAP]$  presentada por Ardila (1993), utilizamos la siguiente forma funcional, escrita a través de la ecuación 14:

$$Pr(\text{enfermarse de EDA o IRA}) = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 \text{Ingreso} + \beta_3 S, \quad \text{siendo: } \Delta V = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 \text{Ingreso} + \beta_3 S, \quad (14)$$

$$E[DAP] = (-) a / \beta_1, \quad \text{siendo: } a = \beta_0 + \beta_2 \text{Ingreso} + \beta_3 S, \quad (15)$$

En la ecuación 14 se debe incorporar, a través de la variable  $S$ , el nivel de esfuerzo, el nivel de gasto y las diferentes medidas de prevención y mitigación que toman las personas para evitar caer enfermos; o de otra forma, encaminadas a “lograr” un nivel de exposición a aguas residuales que conduzca a un nivel deseado de salud, de modo que su probabilidad de enfermarse sea cercana a cero. Utilizando esta función se estima la máxima disposición de las familias a pagar para evitar este tipo de enfermedades, como una expresión bastante aproximada del cambio en el nivel de bienestar.

La especificación del modelo econométrico utilizado para estimar la probabilidad de contraer enfermedades que están vinculadas predominantemente a diarreas o a infecciones respiratorias agudas, se presenta con la ecuación 16.

$$Pr(\text{eda-ira}) = \beta_0 + \beta_1 * \text{gas} + \beta_2 * \text{ing} + \beta_3 * \text{tar} + \beta_4 * \text{edu} + \beta_5 * \text{tvr} \quad (16)$$

Las variables utilizadas en el modelo, así como su descripción, se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12: Descripción de las variables del modelo de prevalencia de EDA-IRA

Variable y abrev.	Definición	Periodicidad y fuente	Tipo de variable
Enfermedad EDA e IRA <b>(eda-ira)</b>	<u>EDA</u> : deposición tres o más veces al día de heces sueltas o líquidas. <u>IRA</u> : enfermedades del aparato respiratorio, causadas por diferentes microorganismos como virus o bacterias, que empiezan de manera repentina y duran al menos dos semanas.	En las últimas cuatro semanas previas a la realización de la encuesta. <u>Fuente</u> : Enaho 2022	<i>Dummy</i> Toma valor de “1” si la persona ha presentado EDA o IRA. Toma el valor de “0” en otro caso.
Gasto de la enfermedad <b>(gas)</b>	Monto de dinero gastado en la consulta médica, medicinas y exámenes clínicos, asociados a la EDA e IRA, en las últimas cuatro semanas previas a la realización de la encuesta.	En las últimas cuatro semanas previas a la realización de la encuesta. <u>Fuente</u> : Enaho 2022	Numérica
Ingresos <b>(ing)</b>	Total de los ingresos anuales del hogar, por todo concepto, dividido entre doce meses.	Anual (año 2022) <u>Fuente</u> : Enaho 2022	Numérica
Tratamiento de aguas residuales <b>(tar)</b>	Nivel de tratamiento de aguas residuales en los distritos en el ámbito de la EPS y en el ámbito del vertimiento de las aguas residuales.	Anual (año 2022) <u>Fuente</u> : Sicap (Sunass)	Numérica Expresada como el cociente: volumen tratado anual/volumen vertido anual.
Nivel de educación <b>(edu)</b>	¿Cuál es el último año o grado de estudios y nivel que aprobó? (Sin nivel, inicial, primaria incompleta, primaria completa, secundaria)	Al momento en que se realizó la encuesta.	Variable categorizada

	incompleta, secundaria completa, superior no universitaria incompleta, etc.)	<u>Fuente:</u> Enaho 2022	(valores de 1 hasta 11).
Tiempo de viaje  (tv)	Total de minutos para llegar al establecimiento de salud donde lo atenderán.	Cuando asisteal establecimiento de salud. <u>Fuente:</u> Enaho 2022	Numérica

Fuente: Elaboración propia

Para estimar la función de probabilidad de ocurrencia de EDA e IRA,  $Pr(EDA-IRA)$ , se ha utilizado la Enaho 2022 y la información sobre el nivel de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de las empresas prestadoras proveniente del Sicap de la Sunass. Respecto a la información sobre EDA e IRA de la Enaho 2022, es importante mencionar que estas enfermedades se encuentran incluidas en el grupo de aquellas que se presentan con diversos síntomas, como la gripe, el dolor de cabeza y la fiebre, que podrían no estar vinculados directamente a las EDA o IRA.

Sin embargo, esta información presenta dos limitaciones. Por un lado, el tamaño de la muestra de la Enaho 2022 no es suficiente para estimar la máxima disposición a pagar (DAP) para evitar los impactos sobre la salud en el ámbito de las EP del Cusco y de Cajamarca; y por otro lado, la variable “nivel de tratamiento de las aguas” no muestra suficiente variabilidad en algunos ámbitos. Para abordar estas dos limitaciones hemos utilizado toda la información de la Enaho 2022 del ámbito de los vertimientos de todas las EP, y con ella, hemos especificado dos funciones econométricas con el propósito de minimizar una posible sobreestimación del valor DAP, a las que llamamos modelo 1 y modelo 2, estas son las siguientes:

$$Pr(eda-ira)^1 = \beta_0^1 + \beta_1^1 gas + \beta_2^1 ing + \beta_3^1 tar + \beta_4^1 edu + \beta_5^1 ing + \beta_6^1 tvr \quad (\text{modelo } 1) \quad (17)$$

$$Pr(eda-ira)^2 = \beta_0^2 + \beta_1^2 gas + \beta_2^2 ing + \beta_3^2 tar + \beta_4^2 edu + \beta_5^2 ing + \beta_6^2 tvr \quad (\text{modelo } 2) \quad (18)$$

La especificación del modelo 1 (ecuación 17), contiene información de todas las EP, y la especificación del modelo 2 (ecuación 18), contiene información solo de las EP con mayor población y con mayor variabilidad en el tratamiento de aguas residuales.

Realizadas las dos estimaciones, nos quedamos con el menor valor obtenido de la máxima disposición a pagar no marginal DAP, con el propósito de tener una estimación conservadora del valor que le otorga la población al tratamiento de las aguas residuales para evitar enfermarse de EDA o IRA. Para obtener el valor de la DAP de los hogares del ámbito de influencia de los vertimientos de las EP de las ciudades de Cajamarca y Cusco que minimiza la probabilidad de contraer EDA o IRA, reemplazamos los valores promedio de las variables dependientes de cada especificación econométrica, en la función de valor de la disposición a pagar no marginal DAP de cada modelo (modelo 1 y modelo 2).

### Resultados

Los resultados de la estimación de los modelos 1 y 2, tanto para Cajamarca como para Cusco, se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 13. Prevalencia de EDA e IRA en las ciudades de Cajamarca y Cusco

Variables	Cajamarca		Cusco	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2
eda - ira				
gas	0,00457*** (0,000118)	0,00416*** (0,000123)	0,00457*** (0,000118)	0,00416*** (0,000123)
ing	-2,89e-05*** (2,28E-06)	-3,25e-05*** (2,55E-06)	-2,89e-05*** (0,00235)	-3,25e-05*** (0,00267)
tar	-0,155*** (0,014)	-0,224*** (0,0166)	-0,155*** (0,014)	-0,224*** (0,0166)
edu	-0,0425*** (0,00235)	-0,0479*** (0,00267)	-0,0425*** (0,00235)	-0,0479*** (0,00267)
tv	0,0590*** (0,00145)	0,0561*** (0,00164)	0,0590*** (0,00145)	0,0561*** (0,00164)
_con	0,154*** (0,0154)	0,245*** (0,0186)	0,154*** (0,0154)	0,245*** (0,0186)
Obs.	49,664	38,061	49,664	38,061
<i>Standard errors in parentheses</i> *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1				

Fuente: Elaboración propia

En los cuatro modelos estimados, dos para Cajamarca y dos para Cusco, los signos son los esperados y los coeficientes son altamente significativos. El tratamiento de las aguas residuales disminuye la probabilidad de contraer enfermedades vinculadas predominantemente a EDA e IRA. Asimismo, una mayor probabilidad de enfermarse implica mayor gasto en salud. Las personas con mayor ingreso y con mayor nivel educativo tienen menor propensión a enfermarse, mientras que las personas que ocupan más tiempo en llegar a su centro de salud, tienen mayor propensión a enfermarse.

Por otra parte, es importante mencionar que, para todos los modelos, no hay evidencia de endogeneidad en las variables dependientes puesto que no se logra rechazar la hipótesis nula de exogeneidad de un modelo probit bivariado.

La función de valor para Cajamarca que genera el menor valor de la DAP, proviene del modelo 2, mientras que, para Cusco, proviene del modelo 1 (ver cuadro 13).

Con estos modelos, el efecto marginal de tratar las aguas residuales sobre la reducción de la probabilidad de contraer enfermedades vinculadas predominantemente a EDA o IRA, en el ámbito en que las empresas prestadoras realizan sus descargas, es de 9 puntos porcentuales en Cajamarca, cuando se alcanza el 100 % de tratamiento en las localidades que son atendidas por empresas prestadoras, y de 7 puntos porcentuales en Cusco.

En Cajamarca, la disposición a pagar no marginal de los hogares sería de 12 soles mensuales, para un nivel de prevalencia cercano a cero, mientras que en Cusco sería de 46 soles mensuales. Estos valores representan el ahorro en gastos y esfuerzo de los hogares en la prevención y en la mitigación de las enfermedades de origen hídrico, como EDA o IRA, y se obtiene de reemplazar los valores medios de las variables dependientes de Cajamarca y de Cusco en las funciones de valor de las ecuaciones 19 y 20 respectivamente.

$$\text{DAP en Cajamarca} = - [0,1544 - 0,00002*(ing) - 0,1552*tar - 0,0424*edu + 0,0589*tv] / [0,0045] \quad (19)$$

$$\text{DAP en Cusco} = - [0,2445 - 0,00003*(ing) - 0,2242*ptar - 0,0561*edu + 0,0561*tvr] / [0,0041] \quad (20)$$

Para la ciudad de Cajamarca, con una incidencia de enfermedades vinculadas predominantemente a EDA e IRA, del 62 %, reducir la probabilidad de contraer estas enfermedades a 52 % (esto es -10 pp), debiera generar una disposición a pagar no menor de 2 soles mensuales por vivienda, considerando que por reducir 62 pp se pagaría 12 soles. Mientras que para la ciudad del Cusco, con una incidencia de enfermedades vinculadas predominantemente a EDA o IRA del 35 %, reducir la probabilidad de contraer estas enfermedades a 25 % (es decir -10 pp), considerando que su DAP por todo tipo de gasto y esfuerzo (realizado por prevenir o mitigar las enfermedades de origen hídrico) es de 46 soles, debiera generar una disposición a pagar no menor de 13 soles mensuales por vivienda (considerando que por reducir 35 % pp (es decir llevar la prevalencia a cero) se pagaría 46 soles).

Al multiplicar los valores obtenidos por el número de hogares que serán beneficiarios de los proyectos PTAR en sus ámbitos de influencia, obtenemos el valor económico total por tratar las aguas residuales y evitar afectarse con enfermedades vinculadas predominantemente a EDA o IRA, tanto para la ciudad de Cajamarca como para la ciudad de Cusco. Estos resultados se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 14. Disposición a pagar por evitar enfermarse en Cajamarca y Cusco

Ciudad	DAP por cada hogar		Población total en el ámbito del proyecto (4,8 y 4,5 hab/hogar)	Número hogares	Valor anual por TAR
	Mensual	Anual			
Cajamarca	2	24	291 079	60 641	1 455 384
Cusco	13	156	415 990	92 442	14 420 952

Fuente: Elaboración propia

## 5. Importancia de los beneficios calculados

Con el propósito de conocer la importancia de la magnitud del valor de los beneficios económicos calculados en la sección previa, como consecuencia de tratar las aguas residuales de las ciudades de Cajamarca y Cusco, en esta sección comparamos estos beneficios con los costos en que incurriría la sociedad por la construcción, operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en estas ciudades.

Los beneficios económicos del tratamiento de las aguas residuales (TAR) en las ciudades de Cajamarca y Cusco los hemos calculado como costos que se evitarían, tanto al Estado como a la población de sus ámbitos de influencia, al reducirse la prevalencia de anemia y de enfermedades vinculadas predominantemente a las diarreas agudas y a las infecciones respiratorias agudas.

La comparación de los beneficios con respecto a los costos nos permitirá saber en qué medida los beneficios calculados en este estudio tendrían la capacidad de cubrir los costos sociales que se derivan de la utilización de recursos públicos para cumplir con las obligaciones financieras en que incurrirían el Estado y las empresas prestadoras con las empresas concesionarias, de ejecutarse estos proyectos. Al respecto, debe precisarse que los beneficios considerados en este estudio no son los únicos que se obtendrían al tratarse las aguas residuales. Existen otros que se generan al tratar las aguas residuales y que no han sido considerados en este estudio; entre los principales, destacamos: el costo evitado generado por la ingesta de

alimentos regados con aguas residuales, el valor por la mejora en la belleza paisajística, el aumento del valor predial, del turismo y de la actividad económica, la reducción de la mortalidad, entre otros.

En el cuadro 15 se muestra los beneficios anuales que generarían los proyectos PTAR Cajamarca y PTAR Cusco, calculados en la sección previa, así como también el valor actual de los beneficios (VAB), para dos escenarios, el primer escenario considera una tasa social de descuento (TSD) de 8,21 %, y el segundo escenario considera una tasa ambiental de descuento (TAD) de 1,1 %.

Cuadro 15. Beneficio económico de tratar las aguas residuales en las ciudades de Cajamarca y Cusco

Concepto de beneficio	PTAR Cajamarca	PTAR Cusco
Costo evitado a las familias por anemia.	20 998 161	60 210 353
Costo evitado al Estado por anemia.	5 696 161	8 376 165
Disposición no marginal a pagar por evitar enfermarse.	1 455 395	14 420 987
Total	27 849 717	83 007 505
Valor actual de los beneficios (TSD : 8,2 %, 25 años)	141 838 721	422 757 556
Valor actual de los beneficios (TAD : 1,1 %, 25 años)	425 673 051	1 268 740 282

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que los beneficios económicos se obtendrían recién al noveno año de entrada en operación de los proyectos PTAR, mientras que los costos sociales se mostrarían desde el primer año.

Por otro lado, el valor actual de los costos (VAC) a precios sociales, que se derivan de la utilización de recursos públicos para cumplir con las obligaciones financieras en que incurrirían el Estado y las empresas prestadoras con las empresas concesionarias de estos proyectos, se presenta en el cuadro 16. Esta información ha sido proporcionada por ProInversión.

Cuadro 16. Valor actual de los costos sociales de los proyectos PTAR Cajamarca y Cusco

Concepto de costo	PTAR Cajamarca	PTAR Cusco
Valor actual de los costos (VAC) (precios sociales) (25 años; TSD: 8,21 %)	421 268 865	292 850 951

Fuente: Elaboración propia

El método utilizado para la comparación es la ratio beneficio-costo (RBC). Este método consiste en dividir la suma proyectada de los “beneficios económicos del proyecto” entre la suma proyectada de los “costos sociales del proyecto”, a una determinada tasa de descuento.

El cuadro 17 muestra los resultados de esta comparación, considerando diferentes tasas de descuento, para los proyectos PTAR Cajamarca y PTAR Cusco.

Cuadro 17. Ratio Beneficio Costo (RBC) de los proyectos PTAR Cajamarca y Cusco

<b>Tasa de descuento</b> (horizonte de 25 años)	<b>PTAR Cajamarca</b>	<b>PTAR Cusco</b>
Tasa social de descuento (TSD) : 8,21 %	0,34	1,44
Tasa ambiental de descuento (TAD): 1,1 %	0,48	2,08
Tasa de descuento dual (TSD: 8,21 %, TAD: 1,1 %)	1,01	4,33

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de PTAR Cusco, en todos los escenarios, los beneficios económicos calculados en este informe, superan a los costos sociales del proyecto. Mientras que para el caso de PTAR Cajamarca, esto sucede solamente cuando se utiliza una tasa de descuento dual, mediante la cual se descuenta los flujos de mercado con la tasa social de descuento, y; los flujos de no mercado con la tasa ambiental de descuento.

Al respecto, existe literatura que fundamenta el uso de la estrategia dual de descuento cuando se incluye proyectos ambientales en la evaluación. Price (1993) afirma que no es correcto aplicar una simple tasa de descuento para evaluar diferentes tipos de bienes futuros, al considerar que diferentes flujos de utilidad, derivados de diferentes bienes (de consumo y ambientales), deberían influir en la evaluación del proyecto. Baumgartner et. al. (2015) citado por Nestico et. al (2023), argumentan que mientras los servicios ecosistémicos declinan, la producción de bienes de consumo aumenta; estos desarrollos opuestos justifican el uso de tasas de descuento específicas para bienes manufacturados y servicios ecosistémicos. A su vez, Nestico et. al (2023), afirman que descontar los impactos ambientales por separado de los económicos, se convierte en una forma de guiar, a quienes toman decisiones, hacia opciones más sostenibles.

Los resultados mostrados en el cuadro 17 pueden leerse también en porcentaje. Así, podemos decir que los beneficios económicos del tratamiento de aguas residuales, representan al menos el 34 % de los costos sociales del proyecto PTAR Cajamarca si se utiliza la TSD de 8,21 %, toda vez que existen otros beneficios que no han sido calculados en este estudio.

Sin embargo, considerando que los proyectos PTAR son proyectos ambientales que contribuyen a la manutención de los servicios ecosistémicos, y a través de estos la población evita enfermarse, al aplicar una tasa de descuento dual que incluya a la tasa ambiental de descuento (TAD) de 1,1 % para los beneficios económicos de los servicios sin mercado, los beneficios económicos calculados para el proyecto PTAR Cajamarca cubren el 100 % de los costos sociales en que se incurriría de ejecutarse el proyecto.

Para el caso del proyecto PTAR Cusco, los beneficios económicos del tratamiento de aguas residuales (TAR), calculados en este estudio, cubren el 100 % de los costos sociales, para cualquiera escenario de tasa de descuento utilizada.

El resultado obtenido revela que el cofinanciamiento que otorgaría el Ministerio de Economía y Finanzas, a través del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, es necesario y estaría bien justificado, porque su retorno en términos de bienestar para la población es positivo. Además, las cifras muestran que existe justificación para que este cofinanciamiento sea mayor, e inclusive pueda cubrir las obligaciones por operación y mantenimiento.

## 6. Conclusiones

El acceso a los servicios de agua potable y saneamiento evita que la población contraiga diversas enfermedades de origen hídrico (como anemia, desnutrición, EDA, IRA, hepatitis, etc.), y que se aceleren otras enfermedades de tipo crónico, ya sea por el contacto directo con el cuerpo contaminado o por el consumo de alimentos regados con aguas residuales. Invertir en proyectos que traten las aguas genera, entre otros beneficios, que la población evite enfermarse, y a la vez, libere su tiempo y ciertos recursos para mejorar su bienestar.

Existen otros beneficios derivados del tratamiento de las aguas residuales que no han sido considerados en este estudio, entre estos, destacamos el costo que se podría evitar por la ingesta de alimentos regados con aguas residuales, el valor por la mejora en la belleza paisajística, el aumento del valor predial, del turismo y de la actividad económica, la reducción de la mortalidad, entre los principales.

En este trabajo hemos constatado que las enfermedades de origen hídrico, como la anemia, desnutrición crónica, enfermedades diarreicas e infecciones respiratorias agudas, incrementan el gasto de las familias y reducen el ingreso disponible, tanto en el presente como en el largo plazo. Sin embargo, la población no percibe, necesariamente, todos los riesgos que implica no tener acceso a agua segura y saneamiento adecuado.

Los beneficios obtenidos, en el ámbito de influencia de los vertimientos de aguas residuales en las ciudades de Cajamarca y de Cusco, como consecuencia de tratar estas aguas, se expresan a través de los costos que se evitarían con el TAR y el no impactar de manera directa en la salud de las personas. Así, el beneficio total per cápita en Cajamarca asciende a 96 soles anuales, y en el Cusco a 199 soles anuales; solamente evitándose la ocurrencia de las enfermedades antes mencionadas. Estos beneficios, cubrirían el 100 % del costo social que implicaría usar recursos públicos para cubrir las obligaciones financieras que se deriven de inversión, operación y mantenimiento del proyecto PTAR Cusco bajo la modalidad de APP, para cualquier escenario de tasa de descuento utilizada. Mientras que los beneficios económicos del tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajamarca cubrirían, al menos, el 34 % de los costos sociales, considerando que existen otros beneficios económicos, derivados del TAR, que no han sido calculados en este estudio. Sin embargo, al aplicar una tasa de descuento dual, los beneficios económicos calculados en este estudio para el proyecto PTAR Cajamarca, cubrirían el 100 % del costo social que implicaría el uso de recursos públicos para cubrir las obligaciones financieras que se deriven de inversión, operación y mantenimiento del proyecto PTAR Cajamarca bajo la modalidad de APP.

Los resultados demuestran que tanto los costos por no tratar las aguas residuales, como los beneficios por tratarlas, deben ser tomados en cuenta en la evaluación de impacto de la política pública de tratamiento de las aguas residuales. Estos resultados serían los primeros que vinculan la incidencia del tratamiento de las aguas residuales sobre la prevalencia de anemia y sobre la prevalencia de enfermedades de origen hídrico como las EDA e IRA, utilizando la EnDES y la EnAHO.

## 7. Recomendaciones y agenda pendiente

En el marco del proceso de promoción de la inversión privada, y, en el contexto de crecimiento acelerado de las ciudades, contaminación de los cuerpos de agua por vertimiento de aguas residuales; y, del impacto que esto genera en la salud de las personas, es necesario alertar sobre las consecuencias de no acelerar el proceso de adjudicación y de ejecución de proyectos para el tratamiento de las aguas residuales; así como también, medir el impacto de las consecuencias de tomar un largo periodo de tiempo para justificar la viabilidad de los proyectos PTAR, cuando es posible demostrar los impactos directos sobre la salud que tiene la exposición de las personas a las aguas residuales. Para que estos impactos sean más precisos aún, se recomienda realizar estudios con información primaria generada en el ámbito de influencia de los proyectos que se encuentran en el proceso de promoción de la inversión privada.

Como agenda de investigación, queda pendiente dimensionar la escala mínima eficiente y el volumen de tratamiento de aguas residuales, bajo la condición de subaditividad en costos, que debe tener un proyecto de TAR, pudiendo este agrupar varias localidades aprovechando las economías de escala y, si fuera posible, también las economías de alcance. De esta manera se reducirían los impactos sobre el presupuesto público y sobre las tarifas de los servicios de saneamiento. Con este análisis se podría promocionar nuevos proyectos APP más eficientes en costos, considerando que actualmente el sector presenta una gran atomización de prestadores.

Dada la diversidad de tecnologías existentes para el tratamiento de aguas residuales, las diferentes dimensiones de área de los territorios disponibles, y la variabilidad de la calidad del cuerpo receptor, la escala mínima eficiente de tratamiento requeriría estimar funciones de costos técnico-eficientes de los procesos de tratamiento bajo un enfoque territorial, que optimicen los sistemas y los procesos que intervienen en la cadena de valor de la prestación de los servicios de saneamiento en un determinado espacio, en el que se incluyan las fuentes.

Por otro lado, desde la perspectiva de la demanda, queda pendiente la identificación y valoración de los atributos de los servicios de abastecimiento de agua potable y de recolección y tratamiento de aguas residuales que sean preferidos por los usuarios, con el propósito de diseñar contratos de concesión que incluyan los niveles preferidos de calidad del servicio y, a partir de ello, diseñar una estrategia para la aplicación de incrementos tarifarios necesarios para lograr la viabilidad financiera de la concesión.

Finalmente, es importante evaluar las actuales estructuras tarifarias, para saber si son las más adecuadas o eficientes para la recaudación de los ingresos y para la asignación del subsidio cruzado entre diferentes categorías de usuarios. Sobre la base de ello, proponer nuevas estructuras tarifarias bajo esquema tarifario de corto y de largo plazo, de cierre de brechas de infraestructura; que contribuyan a atraer financiamiento privado y mitiguen el riesgo de no pago de las obligaciones financieras. Estos recursos podrían alimentar el Fondo de Inversión en Agua y Saneamiento (FIAS), para gestionar de manera eficiente los recursos recaudados.

## 8. Referencias bibliográficas

- Ahn, J. *et al.* (2020). Social benefits of improving water infrastructure in South Korea: upgrading sewage treatment plants. *Environmental Science and Pollution Research*: January 2020, 27.
- Alcázar, L. (2012). Impacto económico de la anemia en el Perú. Grade. Acción Contra el Hambre.
- Ardila, S. (1993). Guía para la utilización de modelos econométricos en aplicaciones del método de valoración contingente. *Environment Division Working Paper ENP-101*. Washington, D. C.: Inter-American Development Bank.
- Bartik, T. J. (1988). Evaluating the benefits of non marginal reductions in pollution using information on defensive expenditures. *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol 15. Pp. 111-127.
- Baumgartner *et al.* (2015). Ramsey discounting of ecosystem services. *Environmental Resources Economics*. 61: 273-296.
- Abdalla, C. *et al.* (1992). Valuing environmental quality changes using averting expenditures: an application to groundwater contamination. *Land Economics*. May 1992. 68(2): 163-69
- Courant, P. and Porter, R. (1981). Averting expenditures and the cost of pollution, J. *Environ. Econom. Management* 8, 321-29.
- Cropper, M. L. (1981). Measuring the benefits from reduced morbidity. *American Economic Association Papers and Proceedings* 71 (2): 235-240.
- Freeman III, M. (1993). The measurement of environmental and resource values, theory and methods. Resources for the Future, Washington, D. C.
- Hanemann, W. M. (1984). Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. *Amer. J. Agri. Econom.* 66, 332-341.
- Harrington, W. and Portney, P. (1987). Valuing the benefits of health and safety regulation, J. *Urban Economics*. 22: 101-112.
- Jamil, Faisal *et al.* (2021). Valuing health loss in Karachi city from water contamination and household defensive behavior. *Water Economics and Policy*. Vol 8 N.º 1 (2002).
- Kontogianni, A. *et al.* (2003). Social preferences for improving water quality: an economic analysis of benefits from wastewater treatment. *Water Resources Management*. Oct 2003, 17.
- Martínez, R. y Fernández, A. (2006). Modelo de análisis del impacto social y económico de la desnutrición infantil en América Latina. Santiago de Chile: Cepal.
- Mi-Jung Um *et al.* (2002). Estimating willingness to pay for improved drinking water quality using averting behavior method with perception measure. *Environmental and Resources Economics* 21: 287-302, (2002).
- Nestico *et al.* (2023). A dual probabilistic discounting approach to assess economic and environmental impacts. *Environmental and Resources Economics* 85: 239-265.
- Mi-Jung Um *et al.* (2002). Estimating willingness to pay for improved drinking water quality using averting behavior method with perception measure. *Environmental and Resources Economics* 21: 287-302, (2002).
- Nil Adote, Abrahams *et al.* (2000). Joint production and averting expenditure measure of willingness to pay: do water expenditures really measure avoidance costs? *American Journal of Agriculture Economics*, 82 (May 2000) 427-437.
- Ortiz-Correa *et al.* (2016). Impact of access to water and sanitation services on educational

- attainment. *Water Resources and Economics*. Vol. 14. April 2016.
- Price C (1993). Time discounting and value. Blackwell.
- Loyola, R. y Soncco, C. (2006). Valoración económica del efecto en la salud por el cambio en la calidad del agua en zonas urbano marginales de Lima y Callao. CIES. 2006.
- Pollit, E. (1983). Iron deficiency anemia and cognitive test performance in pre-school children. *Nutrition and Behavior*, N.º 1: 137-146.
- Pscharopoulos, G. y Vélez, E. (1992). Schooling, ability and earnings in Colombia, 1988. *Economic Development and Cultural Change*, N.º 40: 629-643.
- Ross, J. y Horton, S. (1998). Economic consequences of iron deficiency. Ottawa: The Micronutrient Initiative.
- Scholl, T. O., Hediger, M. L., Fisher, R. L. y Shearer, J. W. (1992). Anemia vs iron deficiency: increased risk of preterm delivery in a prospective study. *American Journal of Clinical Nutrition* 55, N.º 5: 985-988.
- Tudela, W. (2017). Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (Perú). *Revista Desarrollo y Sociedad*. Segundo Semestre 2017 pp. 189-237.
- Yamada, G. y Castro, J. F. (2010). Educación superior e ingresos laborales: estimaciones paramétricas y no paramétricas de la rentabilidad por niveles y carreras en el Perú. Documento de discusión. Centro de investigación de la Universidad del Pacífico.
- Yañez, M. (2007) Costos de enfermedad asociados a la contaminación de la Ciénaga de la Virgen de Cartagena de Indias. Tesis magister en economía del medio ambiente y los recursos naturales. Universidad de los Andes. Colombia.

# PRO INVERSIÓN

## PRO INVERSIÓN

Av. Enrique Canaval Moreyra 150  
Piso 9, San Isidro  
Lima 27 / PERÚ  
T: +51 1 200 1200



[www.investinperu.pe](http://www.investinperu.pe)

