



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Valor Económico del Servicio de Dilución de Nitratos a través de  
Costos Descontaminación Evitados, Cuenca del Río Coata, Puno,  
2021.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR:**

Condori Apaza, Miguel Angel (ORCID: 0000-0002-9550-9883)

**ASESOR:**

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Esta tesis de investigación está dedicada a mi familia y mi pareja, quienes me han apoyado y motivado, para llegar a la conclusión de esta primera etapa de aquella larga carrera de la vida.

## **Agradecimiento**

Agradezco a dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han sido el soporte y motivo para completar esta meta de la vida.

## Índice de Contenidos

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	III
Índice de contenidos	IV
Índice de tablas	V
Índice de gráficos	VI
Resumen	VII
Abstract	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	13
3.2. Variables y Operacionalización	14
3.3. Población y muestra	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5. Procedimientos	20
3.6. Método de análisis de datos	25
3.7. Aspectos éticos	25
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIONES	37
VII. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS	50

## Índice de Tablas

Tabla 1: Antecedentes de la investigación.	5
Tabla 2: Categorización de los bienes y servicios del ecosistema proporcionados por los recursos hídricos.	8
Tabla 3: Operacionalización de las variables.	14
Tabla 4: Estaciones hidrológicas en la cuenca del río Coata.	15
Tabla 5: Estaciones de monitoreo de la calidad superficial del agua en la cuenca del río Coata.	16
Tabla 6: Instrumento para registro de concentraciones de nitrógeno del agua para el río Coata.	18
Tabla 7: Instrumento de registro de datos para el registro de caudales en la cuenca del río Coata.	18
Tabla 8: Instrumento de registro de datos para los costos de tratamiento del agua en la cuenca del río Coata.	19
Tabla 9: Instrumento de registro de datos para la población total en la cuenca del río Coata.	19
Tabla 10: Validación del instrumento por juicio de expertos.	19
Tabla 11: Costo de tratamiento y tamaño de planta.	23
Tabla 12: Cuantificación de la concentración de nitrógeno total del agua en la cuenca del río Coata.	27
Tabla 13: Concentración de nt en el subsistema Lampa.	29
Tabla 14: Concentración de nt en el subsistema Cabanillas.	29
Tabla 15: Concentración de nt en el subsistema Coata.	30
Tabla 16: Caudales medio anuales en la cuenca del río Coata.	30
Tabla 17: Dilución de nitrógeno del agua por subsistema en la cuenca del río Coata.	31
Tabla 18: Costos de descontaminación evitados en la cuenca del río Coata.	32

## **Índice de Gráficos**

Grafica n° 1: Diagrama del método para la obtención del valor económico de la calidad del agua a través de costos evitados. 21

## RESUMEN

La contaminación del agua por las formas iónicas del nitrógeno es en la actualidad uno de los problemas más importantes que afecta a los servicios ecosistémicos del medio ambiente y a la humanidad, por lo que conocer el valor económico que ofrecen los ríos para diluir estos contaminantes es importante para la gobernanza ambiental. Por tal en la presente investigación se busca valorar económicamente el servicio de dilución de nitrato en la cuenca del río Coata, por medio de un método basado en costos evitados. Para lo cual fue necesario primeramente cuantificar el contenido de nitrógeno total del agua en los tres sus sistemas hidrológicos (Lampa, Cabanillas y Coata) que conforman la cuenca del río Coata, luego se procedió con medir la capacidad de los caudales naturales para diluir el nitrógeno presente en el medio acuático, y finalmente calcular el valor del servicio de dilución de nitrato del agua por medio de los costos de descontaminación evitados. Encontrándose que el valor económico del servicio de dilución de nitrato es superior a 270 millones de soles anuales.

**Palabras clave:** valor económico, nitrato, costos evitados, recursos hídricos, calidad del agua.

## ABSTRACT

Water pollution by ionic forms of nitrogen is currently one of the most important problems affecting the ecosystem services of the environment and humanity, so knowing the economic value offered by rivers to dilute these pollutants is important for environmental governance. Therefore, this research seeks to economically value the service of nitrate dilution in the Coata river basin, by means of a method based on avoided costs. For this purpose, it was first necessary to quantify the total nitrogen content of the water in the three hydrological systems (Lampa, Cabanillas and Coata) that make up the Coata river basin, then proceed to measure the capacity of the natural flows to dilute the nitrogen present in the aquatic environment, and finally calculate the value of the water nitrate dilution service by means of the avoided decontamination costs. The economic value of the nitrate dilution service was found to be more than 270 million soles per year.

**Keywords:** economic value, nitrate, avoided costs, water resources, water quality.



## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial es probable que las proyecciones de aumento poblacional y cambio climático, exacerben la gestión de los recursos hídricos e impacten en los servicios ecosistémicos que proveen (Young & Loomis, 2014). Tal impacto se presenta en América Latina, la cual posee la tasa de pérdida más alta de servicios ecosistémicos y biodiversidad a nivel mundial (Latterra et al., 2019). Por otro lado las políticas públicas vinculadas con el suministro y la calidad del agua también pueden generar impactos económicos importantes para las poblaciones humanas (Paprotny et al., 2021), ya que la sobreexplotación de los bienes y la degradación de los servicios ecosistémicos relacionados con agua, cobran un costo innecesariamente grave en vidas y capital humano (Young & Loomis, 2014). Lo que puede afectar la sostenibilidad de alimentos, energía y agua (Yuan & Lo, 2020).

En las últimas décadas la contaminación del agua por nitrógeno en sus formas iónicas (nitrito, nitrato y amonio), es uno de los principales problemas que afectan al medio ambiente y la actividad humana (Chuquimboques Marrero et al., 2019); siendo a su vez los compuestos de nitrato un indicador común mundial de la calidad del agua (Tapia et al., 2020).

El desarrollo urbano y la agricultura son los ejes de contaminación acuática más importantes, ya que generan cargas de nutrientes que interactúan con la escorrentía natural de los ecosistemas, la cuales transportan estas cargas hacia cuerpos de agua receptoras aguas abajo (Nayeb Yazdi et al., 2021). En estas cargas de nutrientes la presencia particular de los compuestos de nitrógeno provoca procesos acelerados de eutrofización en el medio acuático, vulnerando la estabilidad de los ecosistemas presentes en estos cuerpos de agua (Zhao et al., 2021).

En el Perú la calidad del agua potable está muy ligada a la calidad de las fuentes de agua, las mismas que en su totalidad son expuestas a aguas residuales no tratadas, metales pesados de origen natural u antropogénico y escorrentía de insumos agrícolas (Villena Chávez, 2018). Tal es el caso de la cuenca del río Utcubamba en la región Amazonas, donde se identificó que la contaminación a este

recurso hídrico, generan inconvenientes en la capacidad de retención y dilución de contaminantes de este ecosistema (Andrés et al., 2018).

Para el ámbito de la cuenca del Lago Titicaca, se tiene la certeza que gran cantidad de los cuerpos de agua de sus sub cuencas, están muy perturbadas (Laqui, 2019). Una de las sub cuencas que conforma a la cuenca del Lago Titicaca, es la del río Coata; las personas que habitan allí utilizan los bienes y servicios del recurso hídrico para el consumo humano y el desarrollo de sus actividades económicas (Marca Maquera et al., 2019). Allí se han identificado 12 puntos de vertimientos de aguas residuales en los cuerpos de agua superficiales, incluyéndose también la presencia de actividad minera informal y deposición de residuos sólidos municipales (Guevara Pérez & De La Torre Villanueva, 2019).

Por tal se infiere que la calidad del agua en la cuenca del río Coata se ha degradado. Ya que producto de la contaminación se han encontrado niveles superiores de pH en la parte alta de la cuenca, como también niveles altos de conductividad, DQO, DBO5, fosfatos, nitratos, coliformes termo tolerantes, y metales pesados, en la parte baja (Autoridad Nacional del Agua, 2017), siendo particularmente especial la presencia de nitrato, ya que la cuenca del río Coata es un afluente del Lago Titicaca, y en este cuerpo de agua las altas concentraciones de nitrato generan procesos de eutrofización extrema en su bahía interior (Farfán et al., 2015). Lo que pone en juego la capacidad económica de los recursos hídricos para absorber, diluir y transportar desechos o contaminantes (Young & Loomis, 2014).

Esta situación lleva a la mayoría de gobiernos a considerar como graves los efectos de la contaminación del agua, también admiten que su degradación está sujeta al desconocimiento de su escases y a su uso sin precio (Paredes-Vilca, 2019).

Por lo que en la actualidad se han realizado investigaciones relacionadas al valor económico de los servicios ecosistémicos que ofrece los recursos hídricos, claro ejemplo es la investigación hecha por Virraruel et al. (2021), que usando métodos directos de valoración económica, obtuvo un monto económico orientado a la mejora y conservación los servicios ecosistémicos del río Coata.

Si bien los métodos directos son los más usados para valorar los servicios ambientales de los ecosistemas (Tapia et al., 2020); no se puede seguir el mismo

enfoque para abordar la contaminación por nitratos de fuentes difusas ya que subjetividad de los análisis en los métodos directos de valoración económica, suele generar sobreestimaciones en sus resultados, además de que requiere una gestión centralizada del estado (Paredes-Vilca, 2019). Es por eso que Watanabe y Ortega (2011), abordaron el problema de valoración en términos de energía involucrada, tanto en los procesos de contaminación y descontaminación, según estos autores el ciclo del nitrógeno, en agua o aire, puede reducirse a un proceso de pérdida de energía, en este sentido revertir las pérdidas implica necesariamente suministrar la energía perdida y su consiguiente gasto monetario. En tal sentido el valor económico de la contaminación se va derivar de los costos de descontaminación que nos vemos obligados a soportar para volver al estado anterior (Tapia et al., 2020).

En este contexto la investigación presente formula el siguiente problema general, ¿Cuál es el valor económico del servicio de dilución de nitrato del agua a través de los costos de descontaminación evitados en la cuenca del río Coata? Es decir, los costos hipotéticos para reemplazar el servicio que brinda ahora el ecosistema ripario de la cuenca Coata sin costo, por lo que se tienen los siguientes problemas específicos:

- ¿Cuál es el contenido de nitrógeno total del agua, en la cuenca del río Coata?
- ¿Cuál es la capacidad de los caudales naturales para diluir el nitrógeno total del agua, en la cuenca del río Coata?
- ¿Cuáles son los costos de descontaminación evitados obtenidos a raíz de la dilución de nitrógeno total del agua, en la cuenca del río Coata?

Por tal la presente investigación busca resaltar la importancia de la valoración de los servicios ambientales que brindan los ríos mediante la definición de un método basado en costos evitados propuesto por Tapia et al (2020), buscando generar nuevos conocimientos en materia de valoración económica, y contribuir con la evidencia empírica de la zona en materia de gobernanza ambiental, por medio de la inclusión de los resultados de esta investigación, en los análisis de costo – beneficio de las políticas públicas que se han de aplicar en un futuro en la región.

Por lo cual se tiene como objetivo general, determinar el valor económico del servicio de dilución de nitrato a través de los costos de descontaminación evitados en la cuenca del río Coata. y como objetivos específicos:

- Cuantificar la concentración de nitrógeno total del agua, en la cuenca del río Coata.
- Medir la capacidad de los caudales naturales para diluir el nitrógeno total del agua, en la cuenca del río Coata.
- Calcular los costos de descontaminación evitados obtenidos por el servicio de dilución de nitrógeno total del agua, en la cuenca del río Coata.

## II. MARCO TEÓRICO

Se presenta a los antecedentes de la investigación en la tabla 1, la cual está representada en base al tipo de servicio ecosistémico, enfoque, técnica y valor económico estudiado.

**Tabla 1: Antecedentes de la Investigación**

N°	Autor	Servicio(s) ecosistémico	Enfoque	Técnica	Valor económico
1	(Pradit & Kitchaicharoen, 2020)	Servicios ambientales y culturales	MPD	Costo de viaje	69.45 mil USD
2	(Paprotny et al., 2021)	Servicios ambientales y culturales	MPD	Costo de viaje	60.45 mil USD
3	(Tapia et al., 2020)	Remoción Biológica y Difusión física	MPR	Costos Evitados	91 y 117 mil EUR (monto anual)
4	(Wiederholt et al., 2020)	Servicios ambientales y de Provisión	MPD	Experimentos de Elección	1.18 mil USD (monto anua1l)
5	(Mazzucato, 2018)	Servicios ambientales	MPD	Experimentos de elección	243.3 mill USD
6	(O'Connor et al., 2020)	Servicios ambientales y culturales	MPD	Método de valoración contingente	15 EUR por persona/año
7	(Delgado & Marín, 2020)	Servicios ambientales y culturales	MPD	Método de valoración contingente	20 USD por personas/año
8	(Huenchuleo & de Kartzow, 2018)	Servicios ambientales y de aprovisionamiento	MPD	Experimentos de Elección	8 USD por persona/año
9	(Zavaleta Zavaleta et al., 2020)	Servicios ambientales	MPD	Método de Valoración contingente	5 USD por persona/año
10	(Catachura-Vilca et al., 2021)	Servicios ambientales	MPD	Método de Valoración contingente	4.48 PEN por persona
11	(Papenfus, 2019)	Calidad del agua	MPR	Precios Hedónicos	67.45 mil USD
12	(Prayaga, 2017)	Servicios culturales de las playas	MPR	Costo de viaje	5.61 mil USD
13	(Müller et al., 2020)	Servicios ambientales y culturales	MPD	Costo de viaje	45 mil USD

La valoración económica (VE), del medio ambiente se considera un término antropocentrista, y se debe considerar como una pequeña parte del valor total que ofrece la biodiversidad, ya que es engorroso presentar todo el valor económico que tiene un ecosistema, ya que este es ínfimo al valor desconocido de la biodiversidad (Kumar et al., 2014). Aun así, es imprescindible valorar los servicios ecosistémicos (SE) no solo para resaltar la importancia de la naturaleza, que es vital para que la especie humana sobreviva (Mudavanhu et al., 2017), sino además para que haya un impacto sobre las prácticas culturales relacionadas a estos (Fish et al., 2016).

El valor económico total (VET) se define como el producto de todos los servicios que crea el capital natural, eso incluye la suma de todas las utilidades derivadas de los servicios ecosistémicos (L. Zhang et al., 2017); expresar el valor de los servicios ecosistémicos en términos monetarios es muy eficaz para la evaluación de proyectos restauración y conservación de ecosistemas (Perez-Verdín et al., 2016).

Los servicios ecosistémicos (SE) se definen usualmente como los productos o flujos que provienen del recurso natural, como el aire, suelo, agua y la biota, que se han descrito como activos del capital natural (Mcelwee & Shapiro Garza, 2020). Por tal se han clasificado a los tipos de SE en cuatro grupos: soporte, provisión, regulación y culturales; los cuales participan en la regulación del clima, mantenimiento de la diversidad genética, formación de suelos, regulación de la disponibilidad de agua, autodepuración del medio ambiente y otros (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Los servicios ecosistémicos de regulación (SER) o también llamados servicios ambientales, son uno de los cuatro grupos más importantes de los servicios ecosistémicos (SE), ya que interviene en la biosfera, hidrosfera y atmósfera, y es el que está más susceptible a las actividades humanas, que al mismo tiempo afectan el bienestar humano; a su vez los beneficios que brindan son el de mantenimiento de la calidad del aire, regulación climática, regulación del agua, control de la erosión, purificación del agua, regulación de enfermedades humanas y control biológico (Li et al., 2018; Liang et al., 2021; Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Por tal los servicios ecosistémicos de regulación (SER), están muy estrechamente vinculados con los diferentes funciones hidrológicas de los ecosistemas, tanto en sus cualidades positivas como negativas (Ouyang et al., 2016); la relación de conexión que tienen los SER con la degradación de ecosistemas, tiende a ser de carácter correlacional negativo (Delgado & Marín, 2020); es así entonces que la degradación de las funciones ecológicas por parte de las actividades humanas en los ecosistemas provoca también la pérdida del valor económico que pueden ofrecer los servicios ecosistémicos (SE) al bienestar humano (Sutton et al., 2016).

La valoración económica para los recursos hídricos ayuda a comprender de una forma más integral todas las incidencias relacionadas al agua, como los derechos de uso de agua y la protección de las funciones hidrológicas del agua, buscando así un equilibrio entre las necesidades socioeconómicas y ambientales de las poblaciones humanas (Koundouri & Rulleau, 2019), debiendo realizarse la valoración económica para cada servicio ecosistémico (SE) que brindan el agua y en escalas espaciales de aplicación (Grizzetti et al., 2016).

Según Griffin (2016) menciona que, los servicios ecosistémicos (SE) que brinda el agua se ven de dos maneras, los que son provistos con poca mano de obra o capital construido, y los que en cambio requieren todo lo contrario (por ejemplo, represas, hidroeléctricas), considerando a los SE generados como bienes privados o públicos/no comercializables. Los servicios ecosistémicos públicos (SEP) que brindan el agua, a su vez se clasifican según su noción de utilidad, teniendo a los valores de uso (VU) y los valores de no uso (VNU) o uso pasivo (Mazzucato, 2018). Los VU requieren por lo general un consumo real (beber, irrigar y otros), la producción de un bien (generación energética) o del uso recreativo (natación o estética de playas); por el contrario, los VNU se refieren a valor que obtienen las personas por simplemente conocer un entorno natural (ríos que fluyen) o una especie rara que habita en la naturaleza (Spash, 2020); los VNU también incluyen el beneficio humano que brinda la protección del ambiente natural para la opción de uso futuro y como legado de generaciones futuras.

Teniendo así una categorización de los servicios ecosistémicos (SE) que brinda el agua (tabla 2), donde se ilustra una distinción entre SE intermedios o insumos productivos (stock de ecosistemas), y los SE finales que son los beneficios

definitivos obtenidos para los humanos, los cuales generan utilidad o valor a los consumidores.

**Tabla 2:** Categorización de los bienes y servicios del ecosistema proporcionados por los recursos hídricos

Item	SE Intermedios	Beneficios finales de los SE	Tipo de bien
<i>Extracción</i>			
1	Suministro de agua municipal	Bebida y uso sanitario	Uso privado
2	Agua industrial	procesamiento de alimentos	Uso privado
3	Riego de cultivos	Producción de agricultura	Uso privado
4	Riego de céspedes,	Estética, recreación	Uso privado
5	Acuicultura	Producción de agricultura	Uso privado
6	Recreación acuática	Recreación a base de agua	A menudo uso público
7	Valores de propiedad	Estética y recreación para propietarios	Uso privado
8	Hábitat de caza, peces y vida silvestre	Pesca y caza	Uso privado
9	Hábitat que no es de caza, peces y vida silvestre	Observación de vida silvestre	Uso público o VNU*
<i>Corriente de agua</i>			
10	Valores de propiedad	Estética y recreación para propietarios	Uso privado
11	Recreación fluvial	Recreación a base de agua	A menudo uso público
12	Transporte	Movimiento de mercancías	Uso mixto público y privado
13	Hidroelectricidad	Electricidad	Uso privado
14	Dilución de la contaminación	Calidad del agua mejorada	Uso mixto público y privado y VNU
15	Hábitat de caza, peces y vida silvestre	Pesca y caza	Uso privado
16	Hábitat que no es de caza, peces y vida silvestre	Observación de vida silvestre	Uso público y VNU
<i>Humedales</i>			
17	Valores de propiedad	Estética y recreación para propietarios	Uso privado
18	Filtrado y calidad del agua	Calidad del agua mejorada	Uso público y VNU
19	Hábitat de caza, peces y vida silvestre	Pesca y caza	Uso privado
20	Hábitat que no es de caza, peces y vida silvestre	Observación de vida silvestre	Uso público y VNU

Fuente: Extraído de Young y Loomis (2014).



La dilución de la contaminación o los servicios de purificación del agua y tratamiento de residuos (SPAR), son aquellos servicios que filtran y diluyen los distintos contaminantes orgánicos introducidos en el agua (Millenium Ecosystem Assessment, 2005; S. Ostroumov, 2015); proporcionando así una capacidad económica para absorber contaminantes y desechos, además de diluirlos y transportarlos a diferentes lugares (Young & Loomis, 2014). Entonces los SPAR del agua son muy valiosos para la economía, ya que pueden ser cuantificables en términos monetarios (S. A. Ostroumov, 2017).

Para el cálculo del valor económico de los servicios ecosistémicos (SE) que ofrecen los recursos hídricos, existen dos enfoques, el de los métodos directo o de preferencias declaradas (MPD) y los métodos indirectos o de preferencias reveladas (MPR) (Agimass et al., 2018).

Los MPD reúnen los valores de uso y no uso que generan los SE, elaborando mercados hipotéticos aproximados a uno real, en este enfoque las técnicas que más sobresalen son los métodos de valoración contingente (MVC), y el de experimentos de elección (MEE) respectivamente (Alfranca, 2020). Existe una inmensa literatura sobre la aplicación de ambos métodos en los recursos hídricos; la mayoría de ellos utilizan modelos logísticos y probabilísticos para determinar la DAP, hallándose que existe una relación entre nivel de ingresos y disposición a pagar por los SER asociados con la calidad del agua (Paredes-Vilca, 2019).

Los MPR muestran las preferencias del consumidor (valor de uso directo), en un mercado real relacionado a un recurso de su interés; aquí resaltan los métodos de precios hedónicos, costo de viaje y costos evitados (Paredes-Vilca, 2019). En el ámbito de los recursos hídricos los MPR infieren la DAP adicional para un SE no comercializado a partir de los gastos en algún bien privado que ofrece el agua (Young & Loomis, 2014). La aplicación de los MPR en los recursos hídricos puede tener muchos niveles de síntesis, como para valorar los servicios culturales de una playa (Prayaga, 2017), o también para medir el valor de propiedades en base a la percepción de calidad del agua en una urbanización (Papenfus, 2019). El método de comportamiento de evitación o costos evitados (MCE), es un método particular ya que se infiere los valores de los gastos que realizan las poblaciones para evitar estar sujetos a un contaminante ambiental (Young & Loomis, 2014).

La utilización de los métodos de valoración económica de los servicios ecosistémicos tiene muchas críticas, generalmente asociadas los métodos de preferencias declaradas (MPD), ya que suelen ser muy subjetivos con sus análisis ocasionando la sobreestimación de sus resultados (Paredes-Vilca, 2019).

Los compuestos de nitrato son el indicador común mundial de la calidad del agua (Shamshirband et al., 2019). Por lo que para determinar el valor económico de la calidad del agua es importante conocer el grado en el que estén presentes los contaminantes, o inversamente el grado de tratamiento del agua para diversos usos (Young & Loomis, 2014), lo que para el caso de la presencia del nitrógeno en el agua esto se traduce en lo expuesto por Watanabe y Ortega (2011) que aborda el problema de la contaminación de nitratos en términos de energía involucrada tanto en los procesos de contaminación y des contaminación, ya que expresa que el ciclo del nitrógeno puede reducirse a un proceso de pérdida de energía. En este sentido revertir estas pérdidas implica necesariamente el suministro de energía más su gasto monetario, o visto de otro modo el valor de la contaminación se deriva de los costes que nos vemos obligados a soportar para volver al estado anterior.

Para el creciente problema de la concentración de nitratos en los ríos, este se deriva tanto de la cantidad de nitrógeno descargado en los ríos, como de la capacidad de dilución de estos ríos y de la capacidad de los humedales rivereños para transformar las formas de N en N<sub>2</sub> (Tapia et al., 2020). Las altas concentraciones pueden diluirse por los caudales más altos en los ríos, mientras que la disminución de los caudales debido al cambio climático puede aumentar las concentraciones de contaminantes (Rajanayaka et al., 2020).

Teniéndose así entonces que el servicio ecosistémico de regulación de nitrógeno en el agua (SERN), se puede expresar mediante el servicio de remoción y en el servicio dilución de nitrógeno (Jenkins et al., 2010; Liu et al., 2016). El servicio de remoción de nitrógeno (SRN) es la depuración natural del agua corriente como resultado de la actividad biofísica de los ecosistemas fluviales, en cambio el servicio de dilución de nitrógeno (SDN) se produce cuando el río actúa como disolvente / diluyente del nitrato vertido al curso de agua mediante un caudal de agua específico (Tapia et al., 2020). Asimismo el valor económico del servicio de regulación de nitrógeno estaría dado por la suma de ambos servicios (Tapia et al., 2020).

Muchos investigadores asocian el valor total de los servicios ecosistémico de regulación de nitrógeno, con la remoción de nitrato de los humedales, si bien este valor económico de los SRN se ha usado con anterioridad para calcular el valor total de los SERN (La Notte et al., 2012). En la actualidad no es ideal, considerar solamente el valor de los SRN en regiones donde no exista el suficiente caudal para permitir nuevos humedales reductores de nitrógeno, por lo que es necesario incluir la capacidad de dilución de nitrógeno para determinar el valor económico total de los SERN (Tapia et al., 2020).

La valoración económica del servicio de dilución de nitrato (VSD), consiste esencialmente en medir la capacidad del caudal para disminuir la carga de nitrógeno y luego utilizando los costos evitados obtener un valor económico, es decir es la obtención de un valor hipotético para reemplazar el servicio que ahora brinda el ecosistema sin costo (Tapia et al., 2020), este beneficio de dilución se considera eficiente solo cuando la concentración de nitrógeno no excede los niveles máximos de concentración permitidos, esta capacidad depende obviamente de la cantidad de agua que fluye en cada punto tomado por lo que cualquier reducción del caudal supondrá una pérdida de este servicio y un costo monetario de tratamiento posterior (Liu et al., 2016). Los costos de tratamiento evitados se refieren a lo costos unitarios por eliminación del contaminante en las plantas de tratamiento, para asignar este valor se debe considerar las concentraciones máximas permitidas en la salida de la planta o la concentración específica que desencadena la necesidad de depuración (Tapia et al., 2020).

Por otro lado la gobernanza ambiental las poblaciones humanas ya aplican, utilizando instrumentos de mercado, como los pagos por servicios ecosistémicos y los impuestos ambientales, ya que mejoran las funciones hidrológicas de los ecosistemas (Paredes-Vilca, 2019). La vinculación de los SE con el bienestar humano proporciona mecanismos para la toma de decisiones en materia de desarrollo sostenible (Brauman, 2015).

Los pagos por servicios ecosistémicos (PSE), se consideran como un instrumento político, basado en el mercado para internalizar las externalidades ambientales; su potencial está vinculado a la disposición a pagar (DAP) de los compradores de SE y la disposición a aceptar (DAA) de los que proveen los mismos (Wang et al., 2017);

la aplicación de los PSE está vinculada al secuestro de carbono, biodiversidad, paisaje y agua; (Ingram et al., 2014); en el caso de los recursos hídricos los PSE están altamente influenciadas por la calidad y la disponibilidad del agua (Haavisto et al., 2019).

Finalmente se tiene también a los impuestos ambientales que son instrumentos diseñados para corregir problemas de sobreuso y externalidades hacia el medio ambiente (Paredes-Vilca, 2019); para el caso de los recursos hídricos los impuestos ambientales están direccionado a la imposición del impuesto selectivo por ciertos niveles de uso del agua (Dang et al., 2016).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

##### **3.1.1. Tipo de Investigación**

Las investigaciones aplicadas que según Vilcahuamán y Rivas (2017), las investigaciones aplicadas, son aquellas que tienen un objetivo definido de utilidad y que están orientadas a la solución de un problema existente. Además las investigaciones aplicadas son esenciales para los países en desarrollo, ya que son parte de la base científica para la innovación tecnológica de sus regiones (G. Zhang et al., 2020).

Por tal esta investigación es del tipo aplicada ya que se pretende generar información por medio de una metodología de enfoque directo, los resultados obtenidos servirán generar respuestas a un problema común, es por ello que se investiga con mucha docilidad las acciones o eventos ocurridos, además se intenta resaltar la importancia del conocimiento obtenido por medio de la investigación.

##### **3.1.2. Diseño de la Investigación**

La investigación tiene un diseño no experimental específicamente del tipo descriptivo transversal con un enfoque cuantitativo, según Rodríguez y Mendivelso (2018) los diseños investigativos transversales se clasifican como estudios observacionales sobre bases individuales (muestras), que tienen generalmente propósitos descriptivos y analíticos.

Los diseños descriptivos transversales a menudo incluyen mediciones simultáneas de las muestras, además, el investigador no realiza ninguna intervención; a su vez se realiza una única medición de las variables en cada muestra (Corona Lisboa, 2016). Esta investigación es de diseño cuantitativo transversal descriptivo porque se va a medir las variables de la investigación en un tiempo dado, además se va a realizar una descripción comparativa del comportamiento de estas variables de acuerdo a cada muestra de la investigación.

### 3.2. Variables y Operacionalización

Debido a la naturaleza de la investigación se presentan las siguientes variables continuas.

#### 3.2.1. Operacionalización de Variables

En la tabla 3, se presenta la operacionalización de las variables pertenecientes a la presente investigación.

**Tabla 3:** Operacionalización de las Variables

Valor económico del servicio de dilución de nitratos a través de costos descontaminación evitados, cuenca del río Coata, Puno, 2020					
Variables	Marco conceptual	Marco operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Variable 1 – Servicio de dilución de nitrato del agua	Es el servicio que se produce cuando el río actúa como disolvente/diluyente del nitrato vertido al curso de agua mediante un caudal de agua específico, Esta capacidad depende obviamente de la cantidad de agua que fluye en cada punto. En otras palabras, estamos midiendo la capacidad del río para diluir la carga de nitrógeno presente en el agua (Tapia et al., 2020).	Para obtener el contenido de del nitrógeno del agua se utilizarán bases de datos digitales o físicas, de entidades públicas como de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Servicio Nacional de hidrología y meteorología (SENAHMI), Ministerio de vivienda construcción y saneamiento (MVCS) y empresas prestadoras de servicios (EPS), cuantificando de esta manera el contaminante, para luego medir la capacidad del caudal para diluir este.	Calidad del agua Superficial	Concentraciones de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoniaco y compuestos de nitrógeno orgánico	mg /lt
			Normas de calidad Ambiental para agua	Estándares para concentraciones específicas de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoniaco y compuestos de nitrógeno orgánico	mg/lt
			Flujos de agua	Caudal promedio mensual del río	m <sup>3</sup> /mes
Caudal promedio Anual	hm <sup>3</sup> /año				
Variable 2 - Costos de descontaminación del agua	Son los costos de tratamiento atribuidos a las plantas que operan en la cuenca, y que están influenciados por la población de los municipios y los datos sobre actividades económicas desarrolladas (Tapia et al., 2020).	Para los costos unitarios se utilizó los datos generados a partir de lo estudiado por Grossmann (2012), que estableció los costos unitarios por eliminación de nitrógeno, de la observación de más de dos mil plantas de tratamiento de agua residual en Europa, además estableció (06) categorías en función del tamaño de planta de la planta (tabla 11) que a su vez depende del equivalente poblacional.	Costos unitarios de tratamiento	Costos fijos	Soles
				Costos Variables	Soles
			Tamaño poblacional	Total, de habitantes	N° de habitantes
				Equivalencia poblacional	N° de habitantes

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

Arias Gómez, Villasís Keever y Miranda Novales (2016), definen a la población de estudio como la agrupación de casos, accesibles, limitados y definidos que servirán de referentes para seleccionar la muestra; además esta expresión no es propia de humanos, sino también de animales, expedientes, edificaciones, objetos y otros, debiéndose utilizar el término de universo de estudio para los últimos casos.

La cuenca del río Coata (Anexo 3) es producto de la unión de los ríos afluentes Lampa y Cabanillas, a su vez esta cuenca engloba a varias poblaciones representadas por (09) distritos los cuales son: Cabanilla, Lampa, Paratia, Vila Vila, Lampa, Santa Lucia, Juliaca, Cabanillas, San Miguel y Coata; a su vez la mayoría de estos distritos corresponden a las provincias de: Lampa y San Román respectivamente, ya que gran parte del territorio de sus distritos conforman la cuenca del río Coata, a diferencia del distrito de Coata valga la redundancia, ya que este pertenece a la provincia de Puno.

Por tal nuestra población de estudio para esta investigación comprende las series de datos generados (10 años) pertenecientes a (23) estaciones de monitoreo de la calidad superficial del agua (tabla 5), estos datos comprenden las concentraciones de contaminantes relacionados con el contenido de nitrógeno del agua, así mismo también se contará con los datos de caudales naturales de los ríos (10 años) registrados en (03) estaciones hidrológicas (tabla 4) que representan los flujos de agua en la cuenca del río Coata.

**Tabla 4:** Estaciones hidrológicas en la cuenca del río Coata

Estacion	Latitud	Longitud	Altitud
Cabanillas	15°28'18.6" S	70°13'26.47" W	3838 msnm
Lampa	15°26'37.37" S	70°12'33.3" W	3838 msnm.
Coata	15°27'3.05" S	70°11'28.8" W	3835 msnm.

**Tabla 5:** Estaciones de monitoreo de la calidad superficial del agua en la cuenca del río Coata

Subsistema hidrologico	Cuerpo de agua	Código	Categoria	Coord. UTM WGS84		Altitud msnm
				Este	Norte	
Sub sistema Lampa	Laguna Palca	LPalc	4-E1	313242	8309065	4860
	Laguna Serusa	LSeru	4-E1	319152	8301350	4970
	Río Vilavila	Rvila1	3	322572	8320160	4285
		RVila	3	322497	8320160	4290
	Río Palca	Rpalca	4-E2	318245	8301911	4961
		RPalca1	4-E2	318220	8301850	4954
	Río Pomasi	RPoma2	4-E2	319098	8302095	4800
Río Verde	RVed1	4-E2	320670	8268350	4100	
	RVerd	4-E2	320642	8268433	4120	
Río Ichocollo	RIcho	4-E2	294364	8273738	4320	
Sub sistema Cabanillas	Laguna Lagunillas	LLagu	4-E1	317434	8261157	4195
	Río Paratía	RPara1	4-E2	327473	8291652	4347
		RPara3	4-E2	327750	8291271	4376
	Río Lampa	RLamp1	3	354266	8298572	3861
		RLamp2	3	370252	8292227	3837
Río Cabanillas	Rcaba1	1-A2	371510	8291000	3835	
	RCaba2	1-A2	371495	8291046	3836	
Sub Sistema Coata	Río Coata	RCoat1	1-A2	381346	8290006	3830
	Río Torococha	Rtoro1	3	385194	8285510	3827
		RToro2	3	385188	8285427	3826
		RCoat	3	390445	8281632	3829
	Río Coata	RCoat2	3	397435	8278885	3824
		RCoat3	3	402998	8277239	3829

### 3.3.2. Muestra

La muestra según Hernandez Sampieri, Fernandes Collado y Baptista Lucio (2014), se define como aquel subgrupo del universo o población, comprende además definir la unidad de análisis y muestreo de la investigación; siendo justificado su uso mucho veces por limitaciones en los recursos y tiempo de la investigación.



Por tal la muestra en la presente investigación, vendría a ser el promedio de los datos generados en los años 2011 al 2020, estando estos representados por la concentración del contenido relacionado al nitrógeno en el agua y los caudales naturales de los ríos en la cuenca del río Coata

### **3.3.3. Muestreo**

Para la presente investigación el muestreo es de tipo probabilístico; siendo estos esenciales en los diseños investigativos transversales descriptivos (Otzen & Manterola, 2017), ya que se busca realizar alguna valoración de variables de una determinada población, usando pruebas estadísticas en un muestra para medirlas y analizarlas; presuponiéndose que es probabilística y que además todos los elementos de una población posean la probabilidad de ser elegidos (Hernandez S. et al., 2014).

### **3.3.4. Unidad de Análisis**

Según Hernandez S., Fernandes C. y Baptista L. (2014), señalan que la unidad de análisis indica a quienes se va a medir u aplicar en última instancia la herramienta de medición.

La unidad de análisis para la presenta investigación vendría a estar representada por todos los elementos de la población investigada, los cuales son: nitrógeno total, nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco, nitrógeno orgánico y los caudales naturales de los ríos en la cuenca del río Coata.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1. Técnicas**

La presente investigación utilizo como técnica la recolección de datos secundarios, ya que según Hernandez S., Fernandes C. y Baptista L. (2014), esta implica la verificación de archivos, registros, documentos, y otros ya sean físicos o electrónicos. Siendo los datos secundarios imprescindibles para el análisis estadístico de nuestra investigación, dichos datos se solicitaron a entidades públicas relacionadas con el estudio y administración de los recursos hídricos a nivel de la cuenca del río Coata, siendo estas entidades como el Servicio Nacional de Meteorología y Climatología (SENAHMI), Autoridad Nacional del Agua (ANA), y

el Ministerio de vivienda construcción y saneamiento (MVCS), solicitándose información sobre monitoreos de la calidad superficial del agua, estándares de calidad ambiental para agua y registros del caudal de los ríos correspondientes al años de estudio.

A su vez se recolecto información de fuentes bibliográficas, para obtener datos sobre los costos unitarios de tratamiento del agua, tamaños poblacionales en la cuenca del rio Coata, teniéndose como algunas fuentes al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Empresas prestadoras de servicios (EPS), Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) y Municipalidades distritales o provinciales.

### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se utilizó fichas de registro datos como instrumento, ya que según Carhuancho et al. (2019), explican que este instrumento tiene como finalidad llevar el registro de la información recogida de documentos o procesos realizados que guardan relación con los datos secundarios. Para la presente investigación se utilizarán los siguientes instrumentos:

**Tabla 6:** Instrumento para registro de concentraciones de nitrógeno del agua para el rio Coata.

Calidad del agua Superficial – Año ____						
Punto de monitoreo	Distrito	Parámetros Físico - químicos				
		N total	NO3-	NO2-	Nitrógeno Amoniacal	Compuestos de N orgánico

**Tabla 7:** Instrumento de registro de datos para el registro de caudales en la cuenca del rio Coata

Meses	Caudal	Estación		Cuenca
		Lagunillas 1	Coata 2	
Enero	Pro			
	Min			
	Max			
Febrero	Pro			
	Min			
	Max			

**Tabla 8:** Instrumento de registro de datos para los costos de Tratamiento del agua en la cuenca del río Coata

Costo de tratamiento Unitario				
Unidad de tratamiento	Localidad	Costos de tratamiento		Costo total
		Costos fijos	Costos Variables	

**Tabla 9:** Instrumento de registro de datos para la población total en la cuenca del río Coata

Población total				
Ítem	Localidad	Código	N° de habitantes	N° de viviendas
Total				

### 3.4.3. Validación de instrumentos

La precisión y calidad de los instrumentos investigativos se alude a la validez de contenido, y esta a su vez a conseguir evidencias válidas (Juárez-Hernández & Tobón, 2018). Lo cual para efectos del desarrollo de la presente investigación, fue dado por el juicio de expertos, este procedimiento según Hernandez S., Fernandes C. y Baptista L. (2014), esta caracterizado por la evaluación de expertos hacia los ítems o dimensiones de acuerdo a su relevancia y representatividad, además estos pueden proponer la adición de nuevos ítems, para la conformación del instrumento de interés. Los resultados de esta validación se pueden apreciar en la tabla 10, encontrándose que la valoración promedio del instrumento de investigación es igual al 88%.

**Tabla 10:** Validación del instrumento por juicio de expertos

Resultados de la validación del instrumento por juicio de expertos		
N°	Nombres y apellidos	Porcentaje de validación
1	Dr. Milton Cesar Tullume Chavesta	90%
2	Mg. Alcides Garzon Flores	80%
3	Mg. Cesar Fransico Honores Balcazar	81%
4	Mg. Marco Antonio Herrera Diaz	100%
Valoración Promedio		88%

#### **3.4.4. Confiabilidad de los instrumentos**

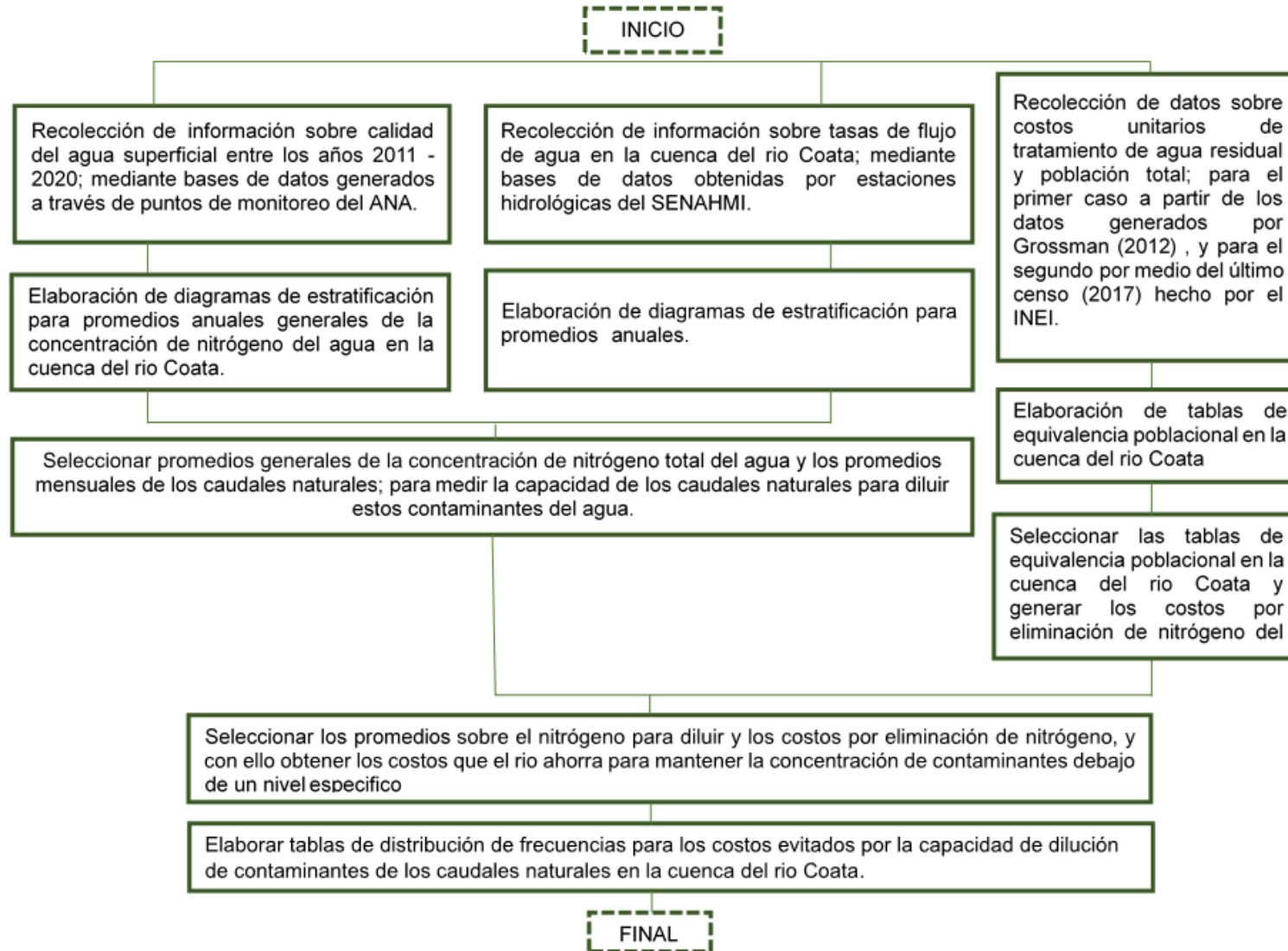
La confiabilidad de los instrumentos se refiere al grado de confiabilidad de aquellos resultados que puede generar un instrumento (Hernandez S. et al., 2014)

El grado de la confiabilidad estará dada por la manipulación de datos de fuentes confiables por un lado procedentes de instituciones públicas encargadas de la administración de los recursos hídricos del Perú, como la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAHMI), Ministerio de vivienda construcción y saneamiento (MVCS) y otros.

#### **3.5. Procedimientos**

Los procedimientos para la realización de esta presente investigación están representados en la gráfica N°1. así mismo la descripción completa de cada procedimiento, se presenta más adelante donde primeramente se contempla la cuantificación de contaminantes por medio de la recolección de datos por dimensión de cada variable, luego se procedió a la medición de la capacidad de dilución del contaminante cuantificados, y finalmente se determinó el valor económico que el río ahorra para mantener la concentración de este contaminante en un nivel específico.

**Grafica N° 1:** Diagrama del método para la obtención del valor económico de la calidad del agua a través de costos evitados.



### 3.5.1. Recolección de datos

#### Variable 1 – Contenido de contaminantes en el agua

##### ➤ Calidad del agua superficial

Para nuestra investigación se recopiló información proveniente de bases de datos sobre la calidad superficial del agua provenientes de (23) estaciones de monitoreo administradas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) – Titicaca, los cuales se realizaron en la cuenca del río Coata registrado en los años 2011 al 2020; donde la información recopilada corresponde a 18 informes técnicos sobre monitoreos participativos de la calidad superficial del agua en la cuenca del río Coata (ver Anexo 4), por medio de esta fuente se elaboró una tabla diseñada para el procesamiento de datos, seleccionándose información sobre las concentraciones de: nitrógeno total, nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y nitrógeno orgánico. Para con ello obtener las concentraciones de nitrógeno en el agua para diluir.

##### ➤ Normas de calidad ambiental para agua

Los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA) establecen la medida de la concentración de sustancias presentes en el cuerpo acuático receptor que no representan algún tipo de riesgo significativo para salud o medio ambiente (MINAM, 2015); Los límites máximos permisibles (LMP) son aquellas concentraciones de sustancias máximas emitidas por un efluente, que al ser excedidas causan o pueden causar daños a la salud o medio ambientes (MINAM, 2010)

Para la presente investigación se hizo uso de los ECA para agua en todas sus categorías establecidas en el DS 008 – 2008 y DS 004 – 2017 del Ministerio del Ambiente (MINAM), también se utilizó los LMP para efluente de plantas de tratamiento de agua residual municipal. Asimismo, se apoyó en las directivas europeas tanto para concentraciones de nitrógeno en cuerpos de agua superficial (ríos), como también para concentraciones máximas permitidas en salidas de efluentes de plantas de tratamiento de agua residual.

##### ➤ Flujos de agua

Los datos de caudales naturales se recolectarán por medio de mediciones hechas en los (10) últimos años, por parte de (03) estaciones hidrológicas del Servicio

Nacional de Hidrología y Meteorología (SENAHMI), por medio de esta información se elaboró tablas diseñadas para el procesamiento de datos y con ello poder obtener los caudales mensuales y anuales, para posteriormente calcular la masa de nitrógeno que fluye en el agua y medir la capacidad de los caudales naturales para diluirlo en la cuenca del río Coata.

## **Variable 2 - Costo de descontaminación**

Para asignar los costos de descontaminación se tiene que tener en cuenta la concentración específica de nitrógeno que desencadena la necesidad de depuración, luego de acuerdo al número poblacional y las actividades económicas de una determinada región, se establece los costos de tratamiento por eliminación de nitrógeno (Tapia et al., 2020).

### ➤ Costos de unitarios de tratamiento

Para los costos unitarios se utilizó los datos generados a partir de lo estudiado por Grossmann (2012), que estableció los costos unitarios por eliminación de nitrógeno, de la observación de mas de dos mil plantas de tratamiento de agua residual en Europa, además estableció (06) categorías en función del tamaño de planta de la planta (tabla 11) que a su vez depende del equivalente poblacional.

**Tabla 11:** Costo de tratamiento y tamaño de planta

Equivalente de población	Costes de tratamiento (€ / kgNT)
<1000	14
1000–5000	9
5000–10000	6
10000–50000	3
50000–100000	2.5
> 100.000	2

*Fuente: Extraído de (Grossmann, 2012)*

### ➤ Tamaño Poblacional

La recolección de datos sobre el tamaño poblacional consistió básicamente en recopilar información sobre las poblaciones que habitan en el ámbito de la cuenca del río Coata, la cual se obtuvo por medio de bases de datos del Instituto Nacional de Estadística Informática, específicamente del Censo Nacional Poblacional del año 2017 (Anexo), elaborándose tablas diseñadas para el procesamiento de datos,

para luego con generar los equivalentes poblacionales, y con ello establecer los costos por eliminación de masas de nitrógeno en el agua.

### 3.5.2. Cálculo de la dilución de nitrógeno

Tapia et al. (2020) estable los cálculos específicos para medicar la capacidad de los caudales para diluir las cargas de nitrógeno, siendo el primer calculo correspondiente a la masa de nitrógeno que fluye en cada punto se obtienen por medio de la ecuación 1, usando bases de datos de las concentraciones (c) mg de N total por litro y el caudal (q) en metros cúbicos por segundo en varios puntos de medición en la cuenca.

$$Q_{ij} = c_{ij}q_{ij} \dots (1)$$

Donde la masa de nitrógeno acumulada que fluye en cada punto es  $Q_{ij}$  (expresada en mg NT/seg), Una vez que se tiene la carga de nitrógeno, tenemos que distinguir entre las cargas naturales, es decir, el nitrógeno que estaría allí de todos modos, y el nitrógeno producido por la actividad humana (ecuación 2). Esta división necesita una referencia de concentraciones naturales ( $c^{nat}$ ), que se puede observar en la cabecera de los ríos, donde casi no hay actividad humana. De hecho, esto solo cambia la referencia o el límite inferior desde el que partimos.

$$Q_{ij}^{nat} = c^{nat}_{ij}q_{ij} \dots (2)$$

También necesitamos establecer las concentraciones 'aceptables' o admitidas ( $c_{max}$ ), es decir, los niveles de masa por volumen de agua que desencadenan el proceso de tratamiento de agua en la cuenca, para nuestra investigación este valor estará dado por las concentraciones máximas permitidas para nitrógeno total en efluentes de plantas de tratamiento de agua residual doméstica.

Este umbral lógicamente conlleva un juicio arbitrario, pero es fundamental si queremos valorar el servicio en términos monetarios.

A su vez el enfoque de (Hoekstra & Chapagain, 2011) menciona lo ideal de expresar los volúmenes de agua natural (GW) que se necesitaría para diluir el contaminante adicional que se está descargando lo cual es útil para evaluar problemas de contaminación en el tiempo.



Este valor, acumulado hasta un punto específico, sería el volumen de agua 'natural' ( $c_{nat}$ ) necesario para diluir la masa extra de nitrógeno descargado, lo que da como resultado agua aceptable, es decir, agua con concentración ( $c_{max}$ ).

$$GW = \frac{Q_{ij} - Q^{nat}}{c_{max} - c^{nat}} \dots (3)$$

En otras palabras, GW es una medida agregada de las necesidades de dilución en términos absolutos y puede expresarse en unidades físicas de agua. Cuanto mayor sea el estándar de agua aceptable (la  $c_{max}$  más baja), mayor será el volumen de agua comprometido para compensar esta contaminación de fuente difusa.

### **3.5.3. Cálculo del valor económico del servicio de dilución de nitrógeno**

El valor económico del servicio de dilución de nitrógeno estará dado por medio de los costos evitados, es decir los costos que el río ahorra por mantener las concentraciones de nitrógeno del agua, por debajo de una concentración específica (Tapia et al., 2020).

Los costos están dados por los costos unitarios por eliminación de nitrógeno en las plantas de tratamiento de agua residual observadas en la tabla 11.

### **3.6. Método de análisis de datos**

De acuerdo a la naturaleza de la hipótesis de la investigación se analizó los datos por medio de medidas de tendencia central y variabilidad, ya que se obtendrán valores medios y se va a indicar la dispersión de datos para las variables analizadas (Hernandez , Fernandes y Baptista L. 2014).

Para lo cual el procesamiento de datos para ambos análisis se hizo mediante el software IBM – SPSS STATICS versión 25.

### **3.7. Aspectos éticos**

Es fundamental que se incluya principios éticos básicos en el diseño y la elaboración práctica de las investigaciones científicas que realizan los seres humanos (Alvarez 2018).

Basándose en lo anterior el presente trabajo de investigación respeta el código de ética de la universidad César Vallejo, ya que cumplió con sus estándares científicos

honestidad y responsabilidad; habiendo utilizado además con rigurosidad la guía ISO 690 facilitada por la universidad, de tal manera que los resultados para determinar un valor económico para el servicio de dilución de nitratos en la cuenca del río Coata, van a ser publicados en el repositorio de la universidad.

#### IV. RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación se presentaron de acuerdo al orden los objetivos específicos.

##### 4.1. Cuantificar la concentración de nitrógeno total del agua, en la cuenca del río Coata.

A continuación, en la tabla 12, se presenta la concentración del nitrógeno total del agua en la cuenca del río Coata.

**Tabla 12:** Cuantificación de la concentración de nitrógeno total del agua en la cuenca del río Coata

Estadísticos descriptivos							
Estación	N	Mínimo	Máximo	Media		Desv. Desviación	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Estadístico
LPALC	10	0.0605	4.1000	1.1245	0.5047	1.5959	2.5468
LASER	9	0.0445	4.2000	1.2933	0.5573	1.6719	2.7952
LLAGU	8	0.4320	1.4750	0.7718	0.1183	0.3347	0.1120
RPOMA2	1	1.6400	1.6400	1.6400	*	*	*
RVILA1	1	5.9000	5.9000	5.9000	*	*	*
RVILA	5	0.3560	5.9000	1.7566	1.0406	2.3269	5.4143
RPALCA1	1	5.7000	5.7000	5.7000	*	*	*
RPALCA	3	0.9000	5.7000	2.5000	1.6000	2.7713	7.6800
RPARA1	8	0.1710	15.2000	4.2265	2.3965	6.7782	45.9444
RPARA3	1	0.4120	0.4120	0.4120	*	*	*
RVERD1	1	0.9000	0.9000	0.9000	*	*	*
RVERD	6	0.1740	0.9529	0.6132	0.1400	0.3429	0.1176
RICHO	5	0.2800	1.0400	0.7571	0.1512	0.3381	0.1143
RLAMP1	6	0.9000	6.0000	2.9179	0.9920	2.4300	5.9048
RLAMP2	6	0.3385	34.4000	12.1661	7.0347	17.2314	296.9217
RCABA1	4	0.9000	27.6000	13.4250	7.2626	14.5252	210.9825
RCABA2	7	0.2260	27.6000	7.9198	4.6710	12.3582	152.7246
RCOAT1	7	0.1805	23.8000	7.3759	4.2423	11.2240	125.9786
RTORO1	3	21.5400	103.5000	61.5800	23.6785	41.0123	1682.0112
RTORO2	5	30.3365	85.4000	60.7855	9.3709	20.9540	439.0684
RCOAT	5	0.9000	10.3300	3.8593	1.7260	3.8593	14.8946
RCOAT2	6	0.9000	18.0000	9.1541	3.2275	7.9057	62.5004
RCOAT3	2	7.8920	9.4870	8.6895	0.7975	1.1278	1.2720

\* Información estadística no generada por la ausencia de datos, debido a que las estaciones en cuestión son puntos de monitoreo instalados recientemente

En la tabla 12, se puede apreciar la concentración de N total promedio anual en las (23) estaciones de monitoreo de la cuenca del río Coata. Encontrándose que (08) estaciones registran concentraciones de N total que exceden por mucho los ECAs para agua tanto para la norma peruana, como también para las directivas europeas; siendo estas las estaciones RTORO1 y RTORO2 registran concentraciones muy altas de N total, con valores promedio de 60.7855 mg NT/L y 61.5800 mg NT/L, así como las estaciones RLAMP1 y RCABA1, los que registran valores altos de 12.1661 mg N/L y 13.4250 mg NT/L, seguido por estaciones RCOAT2, RCOAT3, RCOAT1 y RCABA2 los que registran concentraciones moderadas de 9.1541 mg NT/L, 8.6895 mg NT/L, 7.3759 mg NT/L y 7.9198 mg NT/L respectivamente.

Asimismo, se tiene que (02) estaciones registran concentraciones de N total promedio que se encuentran en límite de las concentraciones permitidas por los ECAs para agua por las directivas europeas (2 a 5.6 mg NT/L); siendo las estaciones RVILA1 y RPALCA1, donde se observan los valores 5.9 mg N/L y 5.7 mg N/L respectivamente.

En cambio, el resto de estaciones (13) registran concentraciones de N total promedio relativamente bajo al de las demás, teniéndose que (05) estaciones registran concentraciones desde 4.226 mg NT/L (RPARA1) hasta 1.64 mg NT/L (RPOMA2), los cuales cumplen con las directivas europeas (2 a 5.6 mg NT/L), y (08) estaciones registran concentraciones de N total con valores que van desde 1.2933 mg N/L (LASER) hasta 0.412 mg N/L (RPARA3), cumpliendo estos con las concentraciones permitidas de NT/L por la norma peruana (1.6 mg NT/L según DS 008 – 2008 – MINAM).

Por otro lado, también se presenta la concentración de N total en la cuenca del río Coata por subsistema hidrológico (Cabanillas, Lampa y Coata), integrando todo los valores mínimos, máximos y medios de N total del agua; y generando a su vez un promedio total de estos valores para cada sistema hidrológico (SH) los cuales están representados en las tablas 13,14 y 15.

En la tabla 13, se puede observar los valores de la concentración de N total del agua, para el SH Lampa el valor de la concentración de N total promedio del agua, es de 3.8887 mg NT/L, el cual no excede la concentración permitida por la directiva

Europea (5.6 mg NT/L), asimismo se tiene que para este SH las concentraciones máximas y mínimas de N total tiene los valores de 34.400 mg NT/L y 0.0445 mg NT/L respectivamente.

**Tabla 13:** Concentración de NT en el subsistema Lampa

Estadísticos descriptivos					
	N Estadístico	Mínimo Estadístico	Máximo Estadístico	Media	
				Estadístico	Desv. Error
NT Medio L	9	1.1245	12.1661	<b>3.8887</b>	1.1943
CN Maximo	9	1.6400	<b>34.4000</b>	8.1711	3.3128
CN Minimo	9	<b>0.0445</b>	5.9000	1.7599	0.7816

En la tabla 14, se puede observar los valores de la concentración de N total del agua, para el SH Cabanillas, el valor de la concentración de N total promedio del agua, es de 3.6282 mg NT/L, el cual no excede la concentración permitida por la directiva europea (5.6 mg NT/L), asimismo se tiene que para este SH las concentraciones máximas y mínimas de N total tienen los valores de 27.600 mg NT/L y 0.1710 mg NT/L respectivamente.

**Tabla 14:** Concentración de NT en el subsistema Cabanillas

Estadísticos descriptivos					
	N Estadístico	Mínimo Estadístico	Máximo Estadístico	Media	
				Estadístico	Desv. Error
NT Medio Ca.	8	0.4120	13.4250	<b>3.6282</b>	1.6799
CN maximo	8	0.4120	<b>27.6000</b>	9.3975	4.3367
CN Minimo	8	<b>0.1710</b>	0.9000	0.4369	0.1068

En la tabla 15, se puede observar los valores de la concentración de N total del agua, para el SH Coata el valor de la concentración de N total promedio del agua, es de 25.2407 mg NT/L, el cual excede por mucho las concentraciones permitidas por la norma peruana y directivas europeas, asimismo se tiene que para este SH las concentraciones máximas y mínimas de N total observadas tienen los valores de 27.600 mg NT/L y 0.1710 mg NT/L respectivamente.

**Tabla 15:** Concentracion de NT en el subsistema Coata

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error
NT Medio Co.	6	3.8593	61.5800	25.2407	11.3915
CN maximo	6	9.4870	103.5000	41.7528	16.9635
CN Minimo	6	0.1805	30.3365	10.2915	5.2049

#### 4.2. Medir la capacidad de los caudales naturales para diluir el nitrógeno total del agua, en la cuenca del rio Coata

Una vez obtenidos los resultados de la concentración de N total en cada subsistema hidrológico de la cuenca del rio Coata, se va a proceder a medir la capacidad de los caudales naturales para diluir estas cargas de nitrógeno, para lo cual es preciso contar con el registro del caudal medio anual en la cuenca del rio Coata (tabla 16).

**Tabla 16:** Caudales medio anuales en la cuenca del rio Coata

Estadísticos descriptivos						
Caudal (Q)	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error
Qanual Lamp	10	11.1495	24.2258	151.183	15.1183	1.354
Qanual Cab	10	14.7287	47.6588	247.108	24.7109	3.285
Qanual Coat	10	14.9725	59.5067	387.975	38.7976	3.899

En la tabla 16, se puede observar los caudales generados en los subsistemas hidrológicos Lampa, Cabanillas y Coata, donde los caudales medios anuales generados son de 15.1183 m<sup>3</sup>/s, 24.7109 m<sup>3</sup>/s y 38.7976 m<sup>3</sup>/s respectivamente, correspondiendo al SH Coata el caudal medio más alto, seguido de la SH Cabanillas y finalmente la SH Lampa.

Ya con los valores de los caudales medios anuales y las concentraciones de N total generados en la cuenca del rio Coata, se procede al calcular el volumen de agua natural necesario para diluir la carga contaminante (tabla 17), el cual esta

expresado mediante los subsistemas hidrográficos (SH Lampa, SH Cabanillas y SH Coata) de la cuenca del río Coata.

**Tabla 17:** Dilucion de nitrogeno del agua por subsistema en la cuenca del rio Coata

Dilucion de nitrogeno		Concentracion de Nitrogeno Total promedio anual (mg/l) cij	Caudal anual promedio (m3/s) qij	Flujo de masa de nitrogeno (Kg/s) Qij	Flujo de masa de nitrogeno natural (Kg/s) Qnat	Volumen de agua Necesario para dilucion (m3/s) GWs
SH-LAMPA	cNT medio	3.8887	15.1183	0.0588	0.0006727	3.886
	cNT min	0.0445				
SH-CABANILLAS	cNT medio	3.6282	24.7109	0.0897	0.0042255	5.7609
	cNT min	0.1710				
SH-COATA	cNT medio	25.240	38.7976	0.9793	0.0070029	65.607
	cNT min	0.1805				

En la tabla 17, se puede observar los valores calculados de los volúmenes de agua que son necesarios para diluir las cargas de contaminantes en la cuenca del río Coata, para lo cual se fijó como concentración máxima (cmax) el valor de 15 mg NT/L, teniéndose de esta manera que el SH del río Coata posee el valor de 65.61 m3/s el cual es el volumen de agua necesario más alto para la dilución de la carga de nitrógeno en la cuenca del río Coata, seguido se tiene los valores de los SH Cabanillas y Lampa, los cuales poseen los valores de 5.76 m3/s y 3.88 m3/s respectivamente.

#### **4.3. Calcular los costos de descontaminación evitados obtenidos a partir de la dilución de nitrógeno total del agua, en la cuenca del río Coata**

De acuerdo con nuestro cálculo de la dilución de nitrógeno por parte de los caudales naturales (tabla 18), debemos considerar la concentración de nitrógeno resultante de la obtención del flujo de agua, como referencia para el valor económico actual de este servicio. Por lo tanto, para las estaciones donde la concentración de nitrógeno es menor a 15 mg NT/L, el valor del servicio de dilución se notará solo cuando los valores de flujo de agua provoquen una concentración superior a 15 mg

NT/L; en tal caso, será necesario incurrir en costos de tratamiento. Por el contrario, cuando una estación tiene actualmente una concentración superior a 15/ mg NT, debemos calcular los costes que implicará volver al nivel inicial de concentración de nitrógeno.

**Tabla 18:** Costos de descontaminacion evitados en la cuenca del rio Coata

<b>Sistema Hidrografico</b>	<b>Concentración de Nitrógeno medio anual</b> mg/l	<b>Caudal del agua anual</b> m3/s	<b>Nitrogeno para Diluir</b> kg/s	<b>Tratamiento unitario costo</b> Soles/kg	<b>Valor de DS</b> Soles/año
Lampa	3.8887	15.1183	0	13.20	0.00
Cabanillas	3.6282	24.7109	0	13.20	0.00
Coata	25.2407	38.7976	0.9793	8.76	270,531,040.98
<b>Total</b>					270,531,040.98

En la tabla 18, se puede apreciar los valores del servicio de dilución de nitrato en la cuenca del rio Coata, encontramos que el total del valor económico de los servicios de dilución se encuentra en el SH Coata, ya que tiene la concentración de N medio anual y caudal del agua más alto. Por otro lado, en los SH Lampa y Cabanillas la concentración de N anual medio es menor que el caudal del agua, esto indica que en estos SH los altos caudales de agua actuales evitan incurrir en costos de tratamiento. Este resultado es crítico para entender que la existencia de altos caudales de agua en ciertas áreas del río está proporcionando un servicio de dilución notable al evitar costos de tratamiento, teniéndose así finalmente que el valor el valor económico del servicio de dilución es superior a los 270 millones de soles en toda la cuenca del rio Coata.



## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de esta investigación desde la perspectiva del enfoque de métodos de preferencias reveladas (MPR), se contrastan con la investigación hecha por Tapia et al. (2020) que aplicando escenarios de cambio climático (reducción al 20% del caudal), obtienen que el valor económico del servicio de dilución de nitrato en la cuenca del río Ebro (España) es superior a los 182 millones de soles, este resultado representa aproximadamente al 65% del valor económico obtenido para el servicio de dilución de nitrato en la cuenca del río Coata (superior a 270 millones), en la que no se aplicó escenarios de cambio climático, lo que justifica significativamente el valor económico del servicio de dilución encontrado. Por lo que se difiere principalmente en el volumen de agua encontrado para ambos casos, ya que en la cuenca del río Coata los volúmenes de agua (2479.57 Hm<sup>3</sup>) son muy bajos en comparación con los volúmenes de agua reducidos del río Ebro (6021.72 Hm<sup>3</sup>), siendo insuficiente el servicio de dilución de los caudales naturales para diluir las cargas de nitrógeno que son superiores a los 30 mil tn anuales en la cuenca del río Coata siendo este tres veces mayor al del río Ebro (10 tn anuales). A su vez la concentración específica establecida que desencadena la necesidad de depuración ( $c_{max}$ ) necesaria para los costos de descontaminación, tiene un valor para el río Ebro de 5.6 mg NT/L, a diferencia del valor de 10 mg NT/L de la cuenca del río Coata, lo que incide en el valor del servicio de dilución total de ambas cuencas, siendo más estricto y a su vez compromete un mayor volumen de agua para compensar los efectos de la contaminación difusa, el valor establecido para el río Ebro. Por otro lado, los valores de los costos de descontaminación que se usaron en ambas investigaciones son similares, ya que se usaron los costos unitarios por eliminación de nitrógeno en plantas de tratamiento de agua residual establecidos por (Grossmann, 2012).

Si bien la investigación hecha por Tapia et al. (2020), contrasta adecuadamente no solo con los resultados, sino también con la metodología usada, ya que se sigue la línea de aplicación metodológica recomendada por el mismo autor, el cual también menciona que no existe literatura sobre intentos de valoración económica para este servicio en particular (regulación de nitrógeno del agua). Por tal no se pueden

comparar adecuadamente todos los resultados obtenidos en esta investigación con los resultados obtenidos por otros autores.

Siendo así necesario realizar la comparación de los resultados de esta investigación, con los resultados de investigaciones orientadas a la valoración económica de servicios ecosistémicos en términos de calidad y cantidad de agua (recursos hídricos superficiales), independientemente del enfoque usado o método aplicado, pero haciendo énfasis principalmente en el método de valoración aplicado y valor económico como tal.

Por lo que se tiene en primer lugar a Pradit y Kitchaicharoen (2020), los que valiéndose del método de costo de evitados valoraron parcialmente los beneficios de la calidad y del suministro de agua en la cuenca Mae Sa en Tailandia, siendo el resultado de tal investigación un valor superior a 19 millones de baht (aproximadamente más de 2 millones de soles), el valor obtenido está orientado al beneficio de las actividades de conservación para la prevención de sequías en esa zona, siendo este valor económico el costo evitado de una mala calidad del agua y bajo suministro de agua dulce en esa zona; si bien el valor económico en este caso particular no se puede comparar con nuestro resultado ya que el contexto en la que se encuentra la cuenca del río Mae Sa es mejor debido a que está sometido a actividades de conservación, por lo que se puede hacer énfasis entonces en el método el cual se asimila con nuestra investigación.

Luego están los otros resultados desde la perspectiva del enfoque de los métodos preferencias declaradas (MPD), teniéndose en este bloque a la investigación hecha por Wiederholt et al. (2020), estos autores calcularon por medio de métodos de valoración contingente (MVC), el valor económico de la respuesta ecológica a la restauración de la gran extensión de los humedales Everglades en Florida, EE.UU, teniéndose como resultado un monto superior a los 1.53 mil millones de dólares (aproximadamente 5.5 mil millones soles), siendo este el valor económico comercial generado por los beneficios de la restauración de los servicios ecosistémicos en ese lugar. De manera similar se tiene también la investigación de (O'Connor et al., 2020), pero con un enfoque esta vez direccionado a los beneficios no comerciales de la restauración del ecosistema marino Dohrn en la bahía de Napoles, donde a través de métodos de valoración contingente los autores miden la disponibilidad a

pagar de la población italiana, encontrando un resultado de 127 millones de euros al año para la restauración de ese ecosistema. Así también se tiene también la investigación de Huenchuleo y de Kartzow (2018) los que usando igualmente métodos de valoración contingente calcularon el valor económico de los servicios ecosistémicos que provee el río Aconcagua, Chile, encontrando valores para estos servicios que van desde los 64 mil a 128 mil dólares (aproximadamente 229 mil a 459 mil soles). A nivel nacional se tiene la investigación de Zavaleta Zavaleta et al. (2020), estos autores utilizando métodos de valoración contingente valoraron económicamente el servicio ambiental hídrico del Santuario Nacional de Santiago Chuco en la región de la Libertad, En el plano local se tiene la investigación hecha por Catachura-Vilca et al. (2021), que utilizó el método de valoración contingente (MVC), para valorar económicamente los servicios ecosistémicos de regulación de la cuenca del río Coata, obteniendo un resultado superior a 550 millones de soles.

Tal diferencia en todos en los resultados encontrados bajo el enfoque de los métodos de preferencias reveladas (MPD), quizá pueda explicarse con lo observado por Spangenberg y Settele (2016), estos autores concluyeron que la subjetividad de los análisis (métodos estadísticos, especificaciones del modelo, formas funcionales y supuestos de comportamiento), en la disponibilidad a pagar de las personas (DAP) lleva a resultados sobreestimados o infravalorados, ya que este mide las preferencias de las personas de manera individual y actual; a esta idea se le suma también lo expuesto por Young y Loomis (2014), que agregan que los encuestados participantes de los estudios de valoración económica que usen enfoques de preferencias declaradas (MPD), muchas veces expresan lo que ellos consideran como una valoración ética o "*homo politicus*" en lugar de una perspectiva de "*homo economicus*", que es necesaria para una valoración económica. Aun así es llamativo el resultado observado por la reciente investigación de Catachura-Vilca et al. (2021), ya que este autor toma como zona de estudio al ámbito de la cuenca del río Coata, y además valora económicamente los servicios de regulación que provee el río, usando el método de valoración contingente (MVC), encontrando que la disposición a pagar (DAP) por la mejora del servicio es igual 4.88 por habitante, teniéndose así un valor anual superior a 550 millones de soles, siendo este resultado en particular casi dos veces mayor al obtenido en esta investigación (270 millones de soles), habiendo usado el método

de costos evitados (MCE), el cual pertenece al conjunto de métodos que usan enfoques de preferencias reveladas. Por tal, a parte del valor de los resultados, es claro que ambas investigaciones difieren en el enfoque usado para valorar económicamente los servicios ecosistémicos que brinda el río Coata. Siendo así necesario resaltar la relevancia del enfoque que sigue nuestro método (costos evitados). Por lo que Young y Loomis (2014) precisan que las estimaciones obtenidas en los enfoques de preferencias reveladas (MPR) se basan en el análisis estadístico de las observaciones del comportamiento real del consumidor, lo que se ajusta a esta investigación, ya que por medio del método de costos evitado (MCE) se puede obtener un valor económico basado en observaciones reales lo que en nuestra investigación se presenta por medio de las series de datos relacionados a la dilución de nitrato y costos de descontaminación, realizando una valoración económica a un único servicio ecosistémico, de los muchos que brinda el ecosistema de la cuenca del río Coata, alineándose esta idea con lo sugerido por Grizzetti et al. (2016) ya que este autor menciona que la valoración económica de los recursos hídricos debe ser para cada servicio ecosistémico que brinda el agua y en escalas espaciales de aplicación, teniéndose de esta manera que el resultado de la valoración económica presentado en esta investigación es coherente y razonable a diferencia del presentado por Catachura-Vilca et al. (2021), ya que este autor también generaliza el resultado de su valoración a todos los servicios ecosistémicos que provee la cuenca del río Coata.

Finalmente, la novedad de la presente investigación es que se evalúa el servicio de regulación de la calidad del agua en el río Coata, por medio de la dilución física de Nitrógeno y la segunda novedad de este trabajo es que se estima y resume un valor económico, del servicio de dilución de Nitrógeno para obtener una estimación de los beneficios que provienen de los procesos naturales, lo cual es necesario para las poblaciones del río Coata, ya que la cuantificación de este servicio de dilución tiene importantes consecuencias para la gestión real del río Coata, ya que influye en cómo se estiman los impactos asociados con cualquier proyecto que reduzca los caudales de agua en la cuenca y así se podrá asegurar el suministro y la calidad de los recursos hídricos que se encuentra en esta zona.

## VI. CONCLUSIONES

- i. Los resultados muestran que la concentración de Nitrógeno total (NT) del agua en toda la cuenca del río Coata oscilan 0.0445 mg NT/L a 103.50 mg NT/L, a su vez también se presenta la concentración de NT promedio por subsistema hidrológico (SH), teniéndose primeramente al SH del río Lampa en el cual se observa una concentración media de 3.8887 mg NT/L, luego se tiene al SH Cabanillas que presenta la concentración media de 3.6282 mg NT/L y finalmente el SH Coata (curso principal del río Coata) donde se observa la concentración media de 25.2407 mg NT/L, observándose así que los subsistemas Lampa y Cabanillas cumplen con las directivas de europeas para concentración de NT en el agua (5.6 mg NT/L), mas no el subsistema Coata.
- ii. Para la capacidad de dilución del Nitrógeno en la cuenca del río Coata, se muestra por subsistema hidrológico (SH), donde se puede observar que los caudales naturales de los subsistemas Lampa y Cabanillas si pueden diluir la carga de nitrógeno del agua debido a los altos caudales que tienen, por lo que se podría obtener beneficios económicos de los procesos naturales del río, mas no el SH Coata ya que este último requiere un caudal promedio de 99.015 m<sup>3</sup>/s para poder diluir las cargas de nitrógeno que entran en este cuerpo acuático, siendo este volumen de agua mucho mayor al valor máximo de caudal registrado para este subsistema (59.507 m<sup>3</sup>/S), lo cual es coherente ya que este subsistema también registra la más alta concentración de NT del agua.
- iii. Finalmente, los resultados muestran que los costos de descontaminación evitados en la cuenca del río Coata, se dan en los subsistemas hidrográficos (SH) Canillas y Lampa, ya que estos subsistemas generan beneficios económicos en lugar de incurrir en costos de descontaminación, esto justificado principalmente porque ambos subsistemas mantienen concentraciones medias de Nitrógeno total (NT) por debajo de las concentraciones que desencadenan la necesidad de depuración (10 mg NT/L), y además poseen el suficiente caudal para diluir las cargas de nitrógeno en este cuerpo acuático. Caso contrario del subsistema Coata el cual sobrepasa la concentración de NT permitido y además no posee el caudal necesario para diluir las cargas de nitrógeno, por lo que el valor económico

del servicio de dilución recae en este subsistema, ya que los costos necesarios para volver al nivel de la concentración permitida de nitrógeno, se van a traducir en el valor económico final del servicio de dilución siendo este valor superior a 270 millones de soles anuales.

## VII. RECOMENDACIONES

Primeramente, resaltando lo mencionado por (Tapia et al., 2020), que el valor de los servicios ecosistémicos de regulación (SER) de nitrógeno en el agua, es la suma del valor del servicio de dilución y remoción. Se recomienda calcular el valor del servicio de remoción de nitrógeno del agua en la cuenca del río Coata, para así obtener el valor total de los servicios de remoción de nitrógeno en esa zona.

Segundo, el calentamiento global puede aumentar la escasez de la cantidad de agua provocando problemas de calidad, aumentando posiblemente la concentración de contaminante del agua y disminuyendo la capacidad de dilución de los caudales; perdiéndose así el valor económico que aportan estos, aumentando los costos por descontaminación del agua. Por lo que se recomienda aplicar escenarios de cambio climático a esta metodología para futura investigaciones.

Tercero, a nivel nacional no existe un valor definido para las concentraciones máximas permitidas de nitrógeno (compuestos y concentración total), en efluentes de planta de tratamiento de agua residual municipal o doméstico. A su vez también los Estándares de Calidad Ambiental (DS – 004 – 2017 MINAM) para agua no contemplan valores definidos para la concentración de nitrógeno total del agua en ríos, por lo que se recomienda usar valores de otras normativas para el cálculo del valor económico del servicio de dilución.

Cuarto, el método usado para el cálculo del valor económico del servicio de dilución de nitrógeno, es fácilmente replicable a cualquier nivel, y la precisión de los resultados dependerá de la calidad de los datos usados.

Quinto, siempre y cuando se tenga datos sobre contaminante acuáticos desglosados geográficamente y detallados, se podría exportar este método a otros contaminantes químicos (pesticidas, metales pesados).

Finalmente, una posible extensión de este método puede ser utilizado para analizar la contaminación por fosforo, que tiene una dinámica y origen muy similar.

## REFERENCIAS

- Agimass, F., Lundhede, T., Panduro, T. E., & Jacobsen, J. B. (2018). The choice of forest site for recreation: A revealed preference analysis using spatial data. *Ecosystem Services*, 31, 445–454.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.016>
- Alfranca, O. (2020). La Valoración del Agua y la aplicación del método de las Preferencias Declaradas: Valoración Contingente vs. Experimentos de Elección. *Agua y Territorio*, 15, 101–114. <https://doi.org/10.17561/at.15.4726>
- Alvarez V, P. (2018). Ética e Investigación. *Ceide*, 2, 28.
- Andrés, O., Torres, G., Angel, M., Gurbillón, B., Amazonas, R. D. M. De, Higos, C., Alberto, L., Ruiz, T., & Mar, M. (2018). Fuentes de contaminación estacionales en la cuenca del río Utcubamba , región Amazonas , Perú  
Seasonal sources of pollution in the Utcubamba river basin , region of Amazonas , Peru. *Arnoalda*, 25(1), 179–194.
- Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. A., & Miranda Novales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III - población de estudio. In *Alerg Mex* (Vol. 63, Issue 2). [www.nietoeditores.com.mx](http://www.nietoeditores.com.mx)
- Autoridad Nacional del Agua. (2017). Gestion de la calidad de los recursos hidricos en la cuenca del Lago Titicaca. In *AAA XIV Titicaca - SDGCRH* (3ra edición).
- Brauman, K. A. (2015). Hydrologic ecosystem services: linking ecohydrologic processes to human well-being in water research and watershed management. *WIREs Water*. <https://doi.org/10.1002/wat2.1081>
- Carhuancho, I. M., Fernando, M., Nolazco, A., Luis, L., Monteverde, S., Auxiliadora, M., Bejarano, G., Milagritos, K., & Jara, C. (2019). *Metodología para la investigación holística*.
- Catachura-Vilca, A., Quispe-Mamani, J., Quispe-Mamani, F., Roque-Guizada, C., & Yapuchura-Saico, C. (2021). Valoración económica de los servicios ambientales de la cuenca del río Coata, Puno-Perú. *Revista Innova*



*Educación*, 3(1), 71–93. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.01.004>

Chuquimboques Marrero, J., Vergara Rojas, J., & Mendoza Bobadilla, J. (2019). OPTIMIZACIÓN DE LA REMOCIÓN SIMULTÁNEA DE NITRATO, NITRITO, AMONIO Y FOSFATO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 85(1), 85–96. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i1.239>

Corona Lisboa, J. (2016). Apuntes sobre métodos de investigación. In *MediSur* (Vol. 14, Issue 1). Medisur. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2016000100016&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2016000100016&script=sci_arttext&tlng=pt)

Dang, Q., Konar, M., Reimer, J. J., Di Baldassarre, G., Lin, X., & Zeng, R. (2016). A theoretical model of water and trade. *Advances in Water Resources*, 89, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.12.016>

Delgado, L. E., & Marín, V. H. (2020). Ecosystem services and ecosystem degradation: Environmentalist's expectation? *Ecosystem Services*, 45, 101177. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101177>

Farfán, D. F. B., Calli, R. P. P., Terrazas, E. G. M., Peralta, C. G., & Montesinos-Tubée, D. B. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista Peruana de Biología*, 22(3), 335–340. <https://doi.org/10.15381/rpb.v22i3.11440>

Fish, R., Church, A., Willis, C., Winter, M., Tratalos, J. A., Haines-Young, R., & Potschin, M. (2016). Making space for cultural ecosystem services: Insights from a study of the UK nature improvement initiative. *Ecosystem Services*, 21, 329–343. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.017>

Griffin, R. C. (2016). *Water resource economics: The analysis of scarcity, policies, and projects*. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=qUe6CwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=valuation+economics+water&ots=L1t6ii9ib4&sig=BsPtlGuzQUQcoWxh71jxxVW\\_hGU](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=qUe6CwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=valuation+economics+water&ots=L1t6ii9ib4&sig=BsPtlGuzQUQcoWxh71jxxVW_hGU)

Grizzetti, B., Lanzanova, D., Liqueste, C., Reynaud, A., & Cardoso, A. C. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management.

*Environmental Science and Policy*, 61, 194–203.

<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.008>

Grossmann, M. (2012). Economic value of the nutrient retention function of restored floodplain wetlands in the Elbe River basin. *Ecological Economics*, 83, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.03.008>

Guevara Pérez, E., & De La Torre Villanueva, A. (2019). Gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca y cultura del agua. In Autoridad Nacional del Agua Perú (ANA) (Ed.), *Autoridad Nacional del Agua* (Autoridad). Repositorio de la Autoridad Nacional del Agua.

Haavisto, R., Santos, D., & Perrels, A. (2019). Determining payments for watershed services by hydro-economic modeling for optimal water allocation between agricultural and municipal water use. *Water Resources and Economics*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2018.08.003>

Hernandez S., R., Fernandes C., C., & Baptista L., P. (2014). Metodología de la Investigación. In *McGRAW-HILL* (6ta edición). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hoekstra, A., & Chapagain, A. (2011). Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources. *John Wiley & Sons*.  
<https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=SIUHfVKvC8QC&oi=fnd&pg=PR6&ots=YU0PzGASQn&sig=zDYew-azc3G8FNonZJ4tlpHKThY>

Huenchuleo, C., & de Kartzow, A. (2018). Valoración económica de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Aconcagua, Chile. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 09(2), 58–85. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-02-03>

Ingram, J. C., Wilkie, D., Clements, T., McNab, R. B., Nelson, F., Baur, E. H., Sachedina, H. T., Peterson, D. D., & Foley, C. A. H. (2014). Evidence of Payments for Ecosystem Services as a mechanism for supporting biodiversity conservation and rural livelihoods. *Ecosystem Services*, 7, 10–21.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.12.003>

Jenkins, W. A., Murray, B. C., Kramer, R. A., & Faulkner, S. P. (2010). Valuing ecosystem services from wetlands restoration in the Mississippi Alluvial

Valley. *Ecological Economics*, 69(5), 1051–1061.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.022>

Juárez-Hernández, L. G., & Tobón, S. (2018). Análisis de los elementos implícitos en la validación de contenido de un instrumento de investigación. *Revista Espacios*, 39(53), 1–23. <http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf>

Koundouri, P., & Rulleau, B. (2019). Valuing water: Selected applications. In *Water Resources and Economics* (Vol. 25, p. 1). Elsevier B.V.

<https://doi.org/10.1016/j.wre.2018.11.001>

Kumar, P., Kumar, M., & Garrett, L. (2014). Behavioural foundation of response policies for ecosystem management: What can we learn from payments for ecosystem services (PES). *Ecosystem Services*, 10, 128–136.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.10.005>

La Notte, A., Maes, J., Grizzetti, B., Bouraoui, F., & Zulian, G. (2012). Spatially explicit monetary valuation of water purification services in the Mediterranean bio-geographical region. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 8(1–2), 26–34.

<https://doi.org/10.1080/21513732.2011.645557>

Laqui, Y. (2019). Contaminación por tipo de usos de suelos y deterioro en la calidad de agua en la cuenca del Lago Titicaca. In *Universidad Nacional Agraria la Molina Escuela*.

Lattera, P., Nahuelhual, L., Vallejos, M., Berrouet, L., Arroyo Pérez, E., Enrico, L., Jiménez-Sierra, C., Mejía, K., Meli, P., Rincón-Ruiz, A., Salas, D., Špirić, J., Villegas, J. C., & Villegas-Palacio, C. (2019). Linking inequalities and ecosystem services in Latin America. *Ecosystem Services*, 36(May), 1–14.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.12.001>

Li, R., Zheng, H., Lv, S., Liao, W., & Lu, F. (2018). Development and evaluation of a new index to assess hydrologic regulating service at sub-watershed scale. *Ecological Indicators*, 86(April 2017), 9–17.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.023>

- Liang, J., Li, S., Li, X., Li, X., Liu, Q., Meng, Q., Lin, A., & Li, J. (2021). Trade-off analyses and optimization of water-related ecosystem services (WRESs) based on land use change in a typical agricultural watershed, southern China. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123851.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123851>
- Liu, J., Liu, Q., & Yang, H. (2016). Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity, and water quality. *Ecological Indicators*, 60, 434–441.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.019>
- Marca Maquera, H. R., Mamani Socno, V. Y. F., Arce Coaquira, R. R., & Quispe Mamani, J. C. (2019). Efectos de la contaminación hídrica sobre la salud pública de la población de la cuenca Coata, de la región de Puno–2019. *Journal of the Academy*, 3, 1–16.
- Mazzucato, M. (2018). *The value of everything: Making and taking in the global economy*.  
<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=H50RDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=valuation+economics+water&ots=ljNhPIM1Td&sig=y28QI1eZNW2KFsgNfBiEpcHOY7c>
- Mcelwee, P., & Shapiro Garza, E. (2020). Ecosystem Services. In *International Encyclopedia of Human Geography* (Second Edi, Vol. 4). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10781-4>
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: a report on the conceptual framework working group of the Millenium Ecosystem Assessment. In *World Resources Institute* (Vol. 01, Issue 01). World Resources Institute.  
<http://www.who.int/entity/globalchange/ecosystems/ecosys.pdf>
- MINAM. (2010). *Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*. Diario El Peruano.
- MINAM. (2015, December 30). *Estándares de Calidad Ambiental para agua*.

Ministerio Del Ambiente - Perú. <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>

Mudavanhu, S., Blignaut, J., Stegmann, N., Barnes, G., Prinsloo, W., & Tuckett, A. (2017). The economic value of ecosystem goods and services: The case of Mogale's Gate Biodiversity Centre, South Africa. *Ecosystem Services*, 26, 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.005>

Müller, A., Olschewski, R., Unterberger, C., & Knoke, T. (2020). The valuation of forest ecosystem services as a tool for management planning – A choice experiment. *Journal of Environmental Management*, 271, 111008. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111008>

Nayeb Yazdi, M., Sample, D. J., Scott, D., Wang, X., & Ketabchy, M. (2021). The effects of land use characteristics on urban stormwater quality and watershed pollutant loads. *Science of The Total Environment*, 145358. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145358>

O'Connor, E., Hynes, S., & Chen, W. (2020). Estimating the non-market benefit value of deep-sea ecosystem restoration: Evidence from a contingent valuation study of the Dohrn Canyon in the Bay of Naples. *Journal of Environmental Management*, 275(August), 111180. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111180>

Ostroumov, S. (2015). Aquatic ecosystem service: improving water quality. Multifunctional role of the biota in water self-purification in marine and freshwater ecosystems. *The Caucasus*, 1(7), 38–41. <https://elibrary.ru/item.asp?id=23284129>

Ostroumov, S. A. (2017). Water Quality and Conditioning in Natural Ecosystems: Biomachinery Theory of Self-Purification of Water. *Russian Journal of General Chemistry*, 87(13), 175–182. <https://doi.org/10.1134/S107036321713014X>

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232.

<https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

Ouyang, Z., Zheng, H., Xiao, Y., Polasky, S., Liu, J., Xu, W., Wang, Q., Zhang, L., Xiao, Y., Rao, E., Jiang, L., Lu, F., Wang, X., Yang, G., Gong, S., Wu, B., Zeng, Y., Yang, W., & Daily, G. C. (2016). Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. *Science*, *352*(6292), 1455–1459. <https://doi.org/10.1126/science.aaf2295>

Papenfus, M. (2019). Do housing prices reflect water quality impairments? Evidence from the Puget Sound. *Water Resources and Economics*, *27*. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2018.12.001>

Paprotny, D., Terefenko, P., Giza, A., Czapliński, P., & Voudoukas, M. I. (2021). Future losses of ecosystem services due to coastal erosion in Europe. *Science of the Total Environment*, *760*, 144310. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144310>

Paredes-Vilca, O. (2019). Payment for ecosystem services of water resources and its economic valuation. *Manglar*, *16*(1), 71–79. <https://doi.org/10.17268/manglar.2019.010>

Perez-Verdin, G., Sanjurjo-Rivera, E., Galicia, L., Hernandez-Diaz, J. C., Hernandez-Trejo, V., & Marquez-Linares, M. A. (2016). Economic valuation of ecosystem services in Mexico: Current status and trends. In *Ecosystem Services* (Vol. 21, pp. 6–19). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.07.003>

Pradit, O., & Kitchaicharoen, J. (2020). Valuation of Benefits of Water Quality and Water Supply to Justify Payments for Ecosystem Services in Mae Sa Watershed, Chiang Mai, Thailand. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, *19*(4), 648–664. <https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2020.0042>

Prayaga, P. (2017). Estimating the value of beach recreation for locals in the Great Barrier Reef Marine Park, Australia. *Economic Analysis and Policy*, *53*, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2016.10.001>

Rajanayaka, C., Weir, J., Barkle, G., ... G. G.-J. of C., & 2020, U. (2020). Assessing changes in nitrogen contamination in groundwater using water

aging: Waikato River, New Zealand. *Elsevier*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169772220302758>

Rodríguez, M., & Mendivelso, F. (2018). Diseño de investigación de Corte Transversal. *Revista Médica Sanitas*, 21(3), 141–146.

<https://doi.org/10.26852/01234250.20>

Shamshirband, S., Jafari Nodoushan, E., Adolf, J. E., Abdul Manaf, A., Mosavi, A., & Chau, K. (2019). Ensemble models with uncertainty analysis for multi-day ahead forecasting of chlorophyll a concentration in coastal waters.

*Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 13(1), 91–101.

<https://doi.org/10.1080/19942060.2018.1553742>

Spangenberg, J. H., & Settele, J. (2016). Value pluralism and economic valuation – defensible if well done. *Ecosystem Services*, 18, 100–109.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.02.008>

Spash, C. (2020). *Greenhouse economics: Value and ethics*. Routledge.

<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=3g0HEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=valuation+economics+water&ots=Hw7gAc3vqO&sig=8iTmbANK297Eoq7Nm2M3nwmQZxE>

Sutton, P. C., Anderson, S., Costanza, R., Anderson, S. J., & Kubiszewski, I. (2016). *The ecological economics of land degradation: Impacts on ecosystem service values*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.06.016>

Tapia, J., Bielsa, J., Martínez, Y., Sauvage, S., Cakir, R., Raimonet, M., Gerino, M., & Sánchez-Pérez, J. M. (2020). Economic valuation of the natural service of nitrate regulation provided by rivers including dilution effects: Application to a semiarid region, the Ebro basin (Spain). *Ecological Indicators*, 117(May), 106608. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106608>

Vilcahuamán, L., & Rivas, R. (2017). Applied Research & Innovation in Healthcare Technology. In *Healthcare Technology Management Systems* (pp. 121–144). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811431-5.00007-2>

Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304.

<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

Wang, P., Poe, G. L., & Wolf, S. A. (2017). Payments for Ecosystem Services and Wealth Distribution. *Ecological Economics*, 132, 63–68.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.10.009>

Watanabe, M. D. B., & Ortega, E. (2011). Ecosystem services and biogeochemical cycles on a global scale: Valuation of water, carbon and nitrogen processes. *Environmental Science and Policy*, 14(6), 594–604.

<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.05.013>

Wiederholt, R., Stainback, G. A., Paudel, R., Khare, Y., Naja, M., Davis, S. E., & Van Lent, T. (2020). Economic valuation of the ecological response to hydrologic restoration in the Greater Everglades ecosystem. *Ecological Indicators*, 117(June), 106678. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106678>

Young, R. A., & Loomis, J. B. (2014). Determining the economic value of water: Concepts and methods. In *RFF PRESS*. Taylor and Francis.

<https://doi.org/10.4324/9780203784112>

Yuan, M. H., & Lo, S. L. (2020). Ecosystem services and sustainable development: Perspectives from the food-energy-water Nexus. *Ecosystem Services*, 46, 101217. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101217>

Zavaleta Zavaleta, E. H., León Torres, C. A., Leiva Cabrera, F. A., Gil Ramírez, L. A., Rodríguez Salvatierra, A. D., & Bardales Vásquez, C. B. (2020). Valoración económica del servicio ambiental hídrico del Santuario Nacional de Calipuy. Santiago de Chuco, La Libertad - Perú. *Arnaldoa*, 27(1), 335–349. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27121>

Zhang, G., Shi, Q., Li, Q., Wang, H., Yuan, H., Guo, W., & Lu, Y. (2020). Agents for sludge dewatering in fundamental research and applied research: A bibliometric analysis. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 273, p. 122907). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122907>

Zhang, L., Yu, X., Jiang, M., Xue, Z., Lu, X., & Zou, Y. (2017). A consistent ecosystem services valuation method based on Total Economic Value and Equivalent Value Factors: A case study in the Sanjiang Plain, Northeast



China. *Ecological Complexity*, 29, 40–48.

<https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2016.12.008>

Zhao, H., Yuan, M., Strokal, M., Wu, H. C., Liu, X., Murk, A., Kroeze, C., & Osinga, R. (2021). Impacts of nitrogen pollution on corals in the context of global climate change and potential strategies to conserve coral reefs. *Science of The Total Environment*, 145017.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145017>

# ANEXOS

## Anexo 01

VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE DILUCIÓN DE NITRATOS A TRAVÉS DE COSTOS DESCONTAMINACIÓN EVITADOS, CUENCA DEL RIO COATA, PUNO, 2020							
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	MARCO CONCEPTUAL	MARCO OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
¿Cuál es el valor económico del servicio de dilución de nitrato del agua a través de los costos de descontaminación evitados en la cuenca del río Coata?	Determinar el valor económico del servicio de dilución de nitrato a través de los costos de descontaminación evitados en la cuenca del río Coata	Variable 1 – Servicio de dilución de nitrato	Es el servicio que se produce cuando el río actúa como disolvente/diluyente del nitrato vertido al curso de agua mediante un caudal de agua específico, Esta capacidad depende obviamente de la cantidad de agua que fluye en cada punto. En otras palabras, estamos midiendo la capacidad del río para diluir la carga de nitrógeno presente en el agua (Tapia et al. 2020)	Para obtener el contenido de del nitrógeno del agua se utilizarán bases de datos digitales o físicas, de entidades públicas como de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Servicio Nacional de hidrología y meteorología (SENAHMI), Ministerio de vivienda construcción y saneamiento (MVCS) y empresas prestadoras de servicios (EPS), cuantificando de esta manera el contaminante, para luego medir la capacidad del caudal para diluir este.	Calidad del agua Superficial	Concentraciones de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y nitrógeno orgánico	mg /lt
					Estándares de calidad Ambiental para agua	Estándares para concentraciones específicas de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y nitrógeno orgánico	mg/lt
Flujos de agua	Caudal promedio mensual del río				m³/mes		
	Caudal promedio Anual				hm³/año		
¿Cuál es el contenido de nitrógeno del agua, en la cuenca del río Coata?	Cuantificar la concentración de nitrógeno del agua, en la cuenca del río Coata.	Variable 2 - Costos de descontaminación	Son los costos de tratamiento atribuidos a las plantas que operan en la cuenca, y que están influenciados por la población de los municipios y los datos sobre actividades económicas desarrolladas (Tapia et al. 2020).	Para los costos unitarios se utilizó los datos generados a partir de lo estudiado por Grossmann (2012), que estableció los costos unitarios por eliminación de nitrógeno, de la observación de más de dos mil plantas de tratamiento de agua residual en Europa, además estableció (06) categorías en función del tamaño de planta de la planta (tabla 11) que a su vez depende del equivalente poblacional	Costos unitarios de tratamiento.	Costos fijos	Soles
Costos Variables	Soles						
¿Cuáles son los costos de descontaminación evitados obtenidos por el servicio de dilución de nitrógeno del agua, en la cuenca del río Coata?	Calcular los costos de descontaminación evitados obtenidos por el servicio de dilución de nitrógeno del agua, en la cuenca del río Coata				Tamaño poblacional.	Total, de habitantes	N° de habitantes
						Equivalencia Poblacional	N° de habitantes

## Anexo 02 – Certificados de Validación del instrumento de investigación

### CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Mg. Alcides Garzon Flores

1.2. Cargo e institución donde labora: Coordinador de Escuela -UCV

1.3. Especialidad del validador: Ingeniero

1.4. Nombre del instrumento: \_\_\_\_\_

1.5. Título de la investigación:

“Valor económico del servicio de dilución de nitratos a través de costos descontaminación evitados, cuenca del rio Coata, Puno, 2020”

1.6. Autor del instrumento: Condori Apaza, Miguel Ángel

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buen a 41-60%	Muy buen a 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				80	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.				80	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				80	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				80	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				80	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				80	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				80	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>					80	

### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✚ **Primera variable:** Servicio de dilución de nitrato del agua

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
<b>CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL</b>	Concentraciones de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico en el agua.	x		
<b>ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA</b>	Estándares para concentraciones específicas de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico en el agua.	x		
<b>FLUJOS DE AGUA</b>	Caudal promedio mensual del río y caudal anual	x		

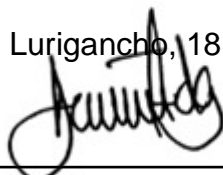
✚ **Segunda Variable:** Costos de descontaminación

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
<b>COSTOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO</b>	Costos fijos y variables	x		
<b>TAMAÑO POBLACIONAL</b>	Total, de habitantes y Equivalencia poblacional	x		

IV. **PROMEDIO DE VALORACIÓN** 80 %

- (  ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
(  ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 18 de mayo del 2021



\_\_\_\_\_  
**Firma del experto informante**

DNI N°: 70298997

Teléf 927121460

## CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Cesar Francisco Honores Balcazar

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente- UCV

1.3. Especialidad del validador: Ingeniero

1.4. Nombre del instrumento:

1.5. Título de la investigación:

“Valor económico del servicio de dilución de nitratos a través de costos descontaminación evitados, cuenca del rio Coata, Puno, 2020”

1.6. Autor del instrumento: Condori Apaza, Miguel Ángel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					81
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					81
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					81
4. Organización	Existe una organización lógica.					81
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					81
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					81
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.					81
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones					81
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					81
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					81
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						81

### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

**Primera variable:** Servicio de dilución de nitrato del agua

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
<b>CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL</b>	Concentraciones de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico en el agua.	x		
<b>ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA</b>	Estándares para concentraciones específicas de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico en el agua.	x		
<b>FLUJOS DE AGUA</b>	Caudal promedio mensual del río y caudal anual			

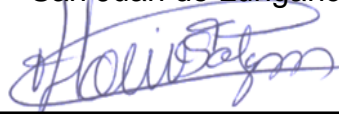
**Segunda Variable:** Costos de descontaminación

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
<b>COSTOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO</b>	Costos fijos y variables	x		
<b>TAMAÑO POBLACIONAL</b>	Total, de habitantes y Equivalencia poblacional	x		

IV. **PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 81 %

- (  ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
 (  ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de mayo del 2021



\_\_\_\_\_  
**Firma del experto informante**

**DNI N°:** 41134159

**Teléfono** 97033458

## I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Herrera Díaz Marco Antonio

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad César Vallejo

1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Geógrafo

1.4. Nombre del instrumento: Recolección de datos

1.5. Título de la investigación:

“Valor económico del servicio de dilución de nitratos a través de costos descontaminación evitados, cuenca del río Coata, Puno, 2020”

1.6. Autor del instrumento: Condori Apaza, Miguel Ángel

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					90
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.					90
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						90

### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

🚦 **Primera variable:** Servicio de dilución de nitrato del agua

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
<b>CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL</b>	Concentraciones de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico en el agua.	X		
<b>ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA</b>	Estándares para concentraciones específicas de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico en el agua.	X		
<b>FLUJOS DE AGUA</b>	Caudal promedio mensual del río y caudal anual	X		

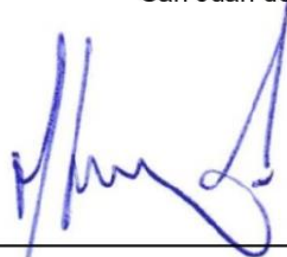
🚦 **Segunda Variable:** Costos de descontaminación

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
<b>COSTOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO</b>	Costos fijos y variables	X		
<b>TAMAÑO POBLACIONAL</b>	Total, de habitantes y Equivalencia poblacional	X		

IV. **PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 100 %

- (  ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
(  ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 23 de mayo del 2021



\_\_\_\_\_  
Firma del experto informante

DNI N°: 44553515

Teléfono: 951203784



## I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Tullume Chavesta Milton Cesar

1.2. Cargo e institución donde labora: Ministerio Publico

1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Forestal

1.4. Nombre del instrumento:

1.5. Título de la investigación:

“Valor económico del servicio de dilución de nitratos a través de costos descontaminación evitados, cuenca del rio Coata, Puno, 2020”

1.6. Autor del instrumento: Condori Apaza, Miguel Ángel

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					90
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.					90
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						90

### III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✚ **Primera variable:** Servicio de dilución de nitrato del agua

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
<b>CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL</b>	Concentraciones de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico en el agua.	x		
<b>ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA</b>	Estándares para concentraciones específicas de nitrógeno total o nitrato iónico, nitrito iónico, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico en el agua.	x		
<b>FLUJOS DE AGUA</b>	Caudal promedio mensual del río y caudal anual	x		

✚ **Segunda Variable:** Costos de descontaminación

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
<b>COSTOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO</b>	Costos fijos y variables	x		
<b>TAMAÑO POBLACIONAL</b>	Total, de habitantes y Equivalencia poblacional	x		

IV. **PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 90 %

- (  ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
(  ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho,  5  de  junio  del 2021



\_\_\_\_\_  
Firma del experto informante

DNI N°:  07482588

Teléfono:  966255191



### Anexo 3 – Delimitación hidrográfica de la cuenca del río Coata

#### MAPA DE UBICACION - CUENCA DEL RIO COATA




















## Anexo 4 – Lista de monitoreos realizado por el ANA en la UH Coata.

### Remito resultados de monitoreo de la U.H. Coata de los años 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020

ALA - Juliaca <ala-juliaca@ana.gob.pe>  
Para: "conaguel@gmail.com" <conaguel@gmail.com>

15 de marzo de 2021

ALA - Juliaca ha compartido archivos de OneDrive para la Empresa con usted. Para verlos, haga clic en los vínculos siguientes.

-  3. IT N° 1023-2011-ANA-DGCRH-RGC\_Coata-Illpa-llave y Pasto Grande\_AGOSTO 2011.pdf     5. IT N° 0009-2012-ANA-DGCRH-RGC\_CGEL\_Coata-Illpa-llave y Pasto Grande\_DICIEMBRE 2011.pdf
-  8. IT N° 0014\_2012\_ANA\_DGCRH\_CGEL\_COATA-ILLPA 2011 2012.PDF     14. IT N° 011-2013-ANA-DGCRH\_MGSP\_COATA\_OCTUBRE 2013.pdf     22. IT N° 026-2014-ANA\_DGCRH\_VIG\_COATA MARZO 2014.pdf
-  33. IT N° 042-2014-ANA-DGCRH-GOCRH\_COATA OCTUBRE 2014.pdf     42. IT N° 172-2015-ANA-AAA-SDGCRH.TIT\_COATA\_SEPTIEMBRE 2015(2).pdf     66. IT N° 137-2017-ANA-AAA.SDGCRH.TIT\_COATA AGOSTO 2017.pdf
-  CUT 143922-2020\_IT 121-2020\_MONITOREO COATA OCTUBRE 2020.pdf     I.T. N° 030-2018-ANA-AAA.TIT-AT-RWAA.pdf     I.T. N° 035-2019-ANA-AAA.TIT-AT-RWAA (Monitoreo U.H. Coata) (1).pdf
-  I.T. N° 051-2018-ANA-AAA.TIT-AT-RWAA\_MONITOREO COATA SEPT 2018 (1).pdf     I.T.N° 109-2016-ANA-AAA.SDGCRH.TIT\_MONITOREO COATA\_ABRIL 2016 (1) (1)(2).pdf
-  IT 037-2020-CUT 64403-2020\_MONITOREO UH COATA MARZO 2020 ok (1).pdf     IT N° 055-2019-ANA-AAA.TIT-AT-RWAA\_MONITOREO COATA SEPTIEMBRE 2019 2.pdf     IT N° 178-2017-ANA-AAA.SDGCRH.TIT\_COATA DICIEMBRE 2017 (1)(2).pdf
-  IT N° 193-2016-ANA.AAA.SDGCRH.TIT\_MONITOREO COATA SEPTIEMBRE 2016 (Ultimo)(2).pdf

Previo cordial saludo,

En atención a su solicitud de acceso a la información pública, con registro de CUT N° 41441-2021, remito adjunto los informes de monitoreo de la U.H. Coata de los años 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020.

Agradeceré confirmar la recepción del presente por este medio.

Saludos cordiales,

#### ADMINISTRACIÓN LOCAL DE AGUA JULIACA

Jr. Los Olivos Mz C Lote 12 B-Urb. La Florida, Juliaca-San Román, Perú  
(051) 323341 Cel. 975-152958





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

## **Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores**

Yo (Nosotros), CONDORI APAZA MIGUEL ANGEL estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE DILUCIÓN DE NITRATOS A TRAVÉS DE COSTOS DESCONTAMINACIÓN EVITADOS, CUENCA DEL RIO COATA, PUNO, 2021", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Apellidos y Nombres del Autor</b>	<b>Firma</b>
MIGUEL ANGEL CONDORI APAZA DNI 71724460 ORCID: 0000-0002-9550-9883	