



EDITORIAL
NAVEGANTE



IMPACTO ECONÓMICO DEL MANEJO DE LOS **RECURSOS** **HÍDRICOS** EN EL PERÚ

Jhon Dany Castañeda Requejo
Jheiner Vásquez García



Jhon Dany Castañeda Requejo

Correo: jcastanedare@unprg.edu.pe

Perfil: Ingeniero Agrónomo, Maestro en Ciencias con mención en Proyectos de Inversión y Docente universitario. Asesor en proyectos de investigación en servicios ecosistémicos y en seguridad alimentaria.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7261-1634>

Afiliación: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Jheiner Vásquez García

Correo: vasquezgarcia1903@gmail.com

Perfil: Ingeniero Agrónomo, Maestro en Ciencias de la Gestión para el Desarrollo Sustentable.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6389-3796>

Afiliación: Instituto de Investigación, Innovación y Desarrollo para el Sector Agrario y Agroindustrial (IIDA). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

IMPACTO ECONÓMICO DEL MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ

Jhon Dany Castañeda Requejo

Jheiner Vásquez García



EDITORIAL
NAVEGANTE

Todas nuestras publicaciones son sometidas a revisión doble-ciego de pares externos (*Peer Review Double Blinded*).

Esta publicación cuenta con licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 3.0 Unported License.



ISBN: 978-628-7736-17-7

© Jhon Dany Castañeda Requejo

© Jheiner Vásquez García

2024

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14002421>

©Editorial Navegante

www.editorialnavegante.com

Queda prohibida la reproducción bajo cualquier modalidad de toda o una parte de esta obra sin autorización expresa del titular de los derechos.

Diseño de carátula y composición: Editorial Navegante

Edición electrónica: Editorial Navegante

Editado en Colombia/ *Published in Colombia*

IMPACTO ECONÓMICO DEL MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ

Jhon Dany Castañeda Requejo

Jheiner Vásquez García



EDITORIAL
NAVEGANTE

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

LOS ECOSISTEMAS FLUVIALES Y SU IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE.....	12
1.1. Análisis de ecosistema	12
1.2. Fuentes y orígenes del ecosistema en la región.....	16
1.3. Consecuencias del impacto climático en los ecosistemas fluviales...	23
1.4. Medidas preventivas para la Conservación del ecosistema	28
1.5. Programa presupuestario para el control y regulación hídrica	33

CAPÍTULO II

LA COMPOSICIÓN HÍDRICA EN EL MUNDO Y SU IMPACTO EN LA ESPECIE HUMANA.....	37
2.1. Análisis de consumo de agua per cápita mundial.....	37
2.2. Datos de distribución del agua potable en el Perú	44
2.3. Reservorios y fuentes de agua en el Perú.....	51

2.4. Inversiones para el tratamiento y distribución del agua en el Perú.	60
2.5. Plantas de tratamiento	66
2.6. Impacto en la salud del consumo del agua no tratada en la población.....	70

CAPÍTULO III

LOS CAMBIOS QUE VIVE EL ECOSISTEMA PRODUCTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	73
3.1. Proyectos de intervención al ecosistema	73
3.2. Análisis del sistema de tratamiento de los recursos hídricos en el Perú	78
3.3. Planes de inversión hídrica	82
3.4. Programa Nacional de Distribución.....	84
3.5. Contextualización problemática.....	87

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL GOBIERNO DISTRITAL COMO ROL DEL DERECHO A UN AMBIENTE SANO.....	91
4.1 Aspectos metodológicos	91
4.2 Hallazgos.....	97
4.3 Discusión de resultados	100
4.4 Conclusiones	105
REFLEXIONES FINALES.....	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	
<i>Distribución del agua dulce y salada del mundo</i>	<i>38</i>
Figura 2.	
<i>Posición de Perú en el consumo per cápita del agua</i>	<i>41</i>
Figura 3.	
<i>Usos y consumo del agua per cápita en el Perú.....</i>	<i>41</i>
Figura 4.	
<i>Hogares del Perú a nivel nacional que cuentan con el servicio de agua por red pública, 2013 – 2021 (porcentaje)</i>	<i>44</i>
Figura 5.	
<i>Hogares en el Perú que cuentan con el servicio de agua por red pública, según departamento, 2021. (Porcentaje).....</i>	<i>46</i>
Figura 6.	
<i>Hogares en el Perú que cuentan con el servicio de agua por red pública, según área de residencia y según región natural, 2020 – 2021 (Porcentaje)</i>	<i>49</i>
Figura 7.	
<i>Proporción de la población con acceso a agua potable gestionada de forma segura en países seleccionados de América Latina en 2022.....</i>	<i>51</i>
Figura 8.	
<i>Posición de Perú en la distribución del agua en el mundo</i>	<i>52</i>
Figura 9.	
<i>El agua en Perú</i>	<i>54</i>

Figura 10.	
<i>Perú: El paraíso del agua</i>	<i>55</i>
Figura 11.	
<i>Unidades Hidrográficas (Cuencas) del Perú.....</i>	<i>57</i>
Figura 12.	
<i>Reservorios de agua en Perú en peligro</i>	<i>59</i>
Figura 13.	
<i>Obra paralizadas dentro del programa de Saneamiento urban</i>	<i>62</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.

Países con mayor consumo de agua per cápita en el mundo..... 43

Tabla 2.

*Clasificación de las Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) del
agua potable en Perú..... 50*

Tabla 3.

Principales Fuentes de agua en Perú 60

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas fluviales, como enmarañadas redes de vida que serpentean a través del paisaje, desempeñan un papel elemental en la regulación de los ciclos biogeoquímicos y en el mantenimiento de la biodiversidad planetaria. Estos sistemas acuáticos, definidos por una dinámica constante y su alta productividad, son el hogar de una multitud de especies y ofrecen una amplia gama de servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano.

Sin embargo, la creciente presión antropogénica sobre los recursos hídricos ha provocado alteraciones significativas en la composición y funcionamiento de estos ecosistemas, la contaminación por sustancias químicas, la sobreexplotación de los acuíferos, la modificación de los cauces y la introducción de especies exóticas son algunas de las principales amenazas que enfrentan los ríos y humedales en todo el mundo.

En este contexto, es importante mencionar que la calidad y disponibilidad del agua dulce, un recurso finito e indispensable para la vida, se ha convertido en uno de los mayores desafíos del siglo XXI, provocando que la creciente demanda de agua para satisfacer las necesidades de una población vaya en constante aumento, que sumado a los efectos del cambio climático, han exacerbado la escasez hídrica en muchas regiones del planeta.

El objetivo general del presente estudio es estimar la valoración económica, social y ambiental de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica del área de conservación ecológica del Cerro Ilucán, en la ciudad de Cutervo, provincia homónima, departamento de Cajamarca, en el Perú.

CAPÍTULO I

LOS ECOSISTEMAS FLUVIALES Y SU IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE

1.1. Análisis de ecosistema

El término ecosistema fue acuñado por el británico Arthur Tansley en 1935; como ecólogo, botánico y algólogo definió este constructo como la suma de aquellos organismos (biocenosis) y el entorno físico donde tienen su hábitat (biotopo), formando parte también del ecosistema las interacciones entre ambos componentes, como lo resultante de las mismas. Tansley enfatizó la importancia de entender los ecosistemas como sistemas completos, donde coexisten, co-evolucionan y se vinculan estrechamente componentes bióticos (animales, plantas, hongos, bacterias y organismos protistas) y componentes abióticos (agua, suelo, aire, luz solar, temperatura, minerales y otros) (Badii et al., 2007).

Posteriormente, una de las grandes contribuciones durante la década 1950 al constructo la realizó Eugene Odum, biólogo estadounidense que realizó su delimitación, profundización y le otorgó representación al abordaje de la naturaleza. Para este autor el ecosistema es el estudio de la estructura

y la función de la naturaleza, ya que es la unidad funcional que incluye el ser y hacer de todos los organismos de un área determinada interactuando con su entorno físico, donde se produce la existencia de un flujo de energía que estructura la comunidad y los ciclos de materiales entre los componentes bióticos y abióticos (Odum, 1993, como se citó en Armenteras et al., 2016).

Para estos autores, los ecosistemas se consideran sistemas integrados, ya que los componentes están interconectados y funcionan como una unidad, debido a que cada elemento del ecosistema afecta y es afectado por los demás, creando una red compleja de relaciones, esta visión sistémica permite comprender cómo los cambios en una parte del ecosistema pueden tener repercusiones en todo el sistema (Castañeda, 2021).

Raymon Linderman (1942, como se citó en Armenteras et al., 2016), definió el ecosistema como un sistema biológico en el que el flujo de energía constituye un elemento unificador y organizativo, ya que mediante el proceso de fotosíntesis los productores primarios, es decir, las plantas capturan la energía solar y la transforman en energía química que es transportada a lo extenso de las cadenas tróficas (cadenas alimentarias) para ser capturada por los consumidores primarios, secundarios (herbívoros, omnívoros) hasta llegar a los elementos descomponedores, convirtiendo a la energía como el motor de los ecosistemas. Los ecosistemas son entonces sistemas abiertos que requieren del flujo e intercambio constante de energía en su entorno para mantenerse, ya que en cada transferencia, una parte de la energía se disipa en forma de calor, lo que limita la longitud de las cadenas alimentarias y determina la estructura trófica del ecosistema.

Por su parte, Richards (1952, como se citó en Armenteras et al., 2016), ecólogo y botánico inglés, pionero en emplear el término de manera significativa y con una tendencia más moderna, definió los ecosistemas como un proceso o mecanismo caracterizado por la interdependencia entre los componente bióticos y abióticos de un entorno, pero centrando esta interdependencia principalmente en las relaciones entre el suelo y la

vegetación, proponiendo que ambos, junto con el clima, la vida animal y la madre tierra, constituían un sistema interconectado, que dan origen al ecosistema.

Tanto Linderman como Richards, observan el ecosistema como un sistema de autorregulación, que mediante mecanismos propios de la interrelación de sus elementos internos y externos buscan mantener un equilibrio dinámico; estos mecanismos incluyen procesos de transformación como la retroalimentación negativa, que amortigua las perturbaciones, o la sucesión ecológica, que describe el cambio gradual de una comunidad a otra. El ecosistema es un régimen de productividad, y esta refiere la tasa de producción de biomasa, sabiendo que esta es la materia orgánica proveniente de procesos biológicos, utilizada como fuente energética, la cual engloba una vasta gama de materiales orgánicos, presentando una gran heterogeneidad en cuanto a su origen (agrícola, forestal, industrial, etc.) y composición química, determinada por factores como la disponibilidad de nutrientes, la luz solar y la temperatura (Instituto Barranqueras, 2019).

Badii et al (2007) refiere un compendio de elementos que definen los ecosistemas como sistemas abiertos y complejos conformados por una comunidad de organismos vivos y su entorno, que llevan a cabo interrelaciones que abarcan desde interacciones individuales hasta procesos a escala de paisaje, que dan lugar a un flujo continuo de energía y ciclos biogeoquímicos, donde tanto la estructura como el funcionamiento emergen como producto de dinámicas y complejas interacciones complejas, pero que presentan propiedades y patrones diferentes que no pueden ser explicados únicamente por la suma de sus elementos constituyentes, sino que surgen de la organización jerárquica y la coevolución de dichos componentes, en procesos de adaptación y transformaciones auto reguladoras y resiliencia bioquímica y física.

Esta coevolución de los organismos y su entorno físico ha generado una multitud de ecosistemas, cada uno caracterizado por una estructura y función única, producto de procesos como la sucesión ecológica, la adaptación

y la especiación han dado lugar a una diversidad de ecosistemas a lo largo del tiempo geológico, entre los principales se cuentan, por ejemplo en el Perú: a) Ecosistema terrestre (matorrales andinos); b) Ecosistema desértico (desierto de Sechura-Perú); c) Ecosistema forestal (Bosque Basimontano de Yunga); d) Ecosistema montañoso (Cordillera Huayhuash); e) Ecosistema acuático (Reserva Nacional de Paracas); e) Ecosistema de agua salada (Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras); f) Ecosistema de agua dulce (Santuario Nacional Lagunas de Mejía). La historia evolutiva de la Tierra ha sido fundamental en la configuración de los ecosistemas actuales, dando lugar a un planeta con una biodiversidad sin igual (Bakker, 1985, como se citó en Badii et al., 2007; Tovar, 2016).

A partir de lo anterior, se puede afirmar que en el caso de los ecosistemas fluviales, son sistemas ecológicos centrados en un curso de agua dulce y sus zonas de influencia, donde se produce la integración e interrelación entre los ciclos del agua, la materia sólida y biogeoquímica, donde se establece un complejo mecanismo hidrológico, geomorfológico y ecológico de conducción superficial de aguas continentales, que conllevan y transportan materiales, sedimentos y nutrientes. En otras palabras, estos sistemas se caracterizan por ser abiertos, potencialmente capaces de transportar masa y energía por el volumen de componentes bióticos y abióticos que interactúan en el espacio y en el tiempo, haciéndolo un proceso complejo y enriquecido integralmente, que evolucionan en un gradiente longitudinal y transversal (Fundación La Nueva Cultura del Agua, 2024).

Para Elosegui y Sabater (2009), el ecosistema fluvial es el que está compuesto por componentes abióticos como: Agua dulce, sedimentos y rocas denominados sustratos, luz sola, temperatura, oxígeno disuelto y nutriente; esta tipología de ecosistemas mantiene significativamente su estructura y función, gracias a la dinámica del flujo de agua, de los patrones de sedimentación y la geomorfología fluvial. Por otro lado, los componentes bióticos que mantienen equilibrio, productividad y transportan la energía en este ecosistema son: productores primarios (algas, plantas acuáticas), consumidores (invertebrados, peces, aves acuáticas, mamíferos) y

descomponedores (bacterias y hongos). En este ecosistema, la biota fluvial es diversa y adaptada a las condiciones cambiantes del entorno acuático.

Según las investigaciones de Elosegui y Sabater (2009); Gaviño (2011); Tovar (2016), la estructura de un ecosistema fluvial se define por la distribución espacial de los organismos y los recursos, y los factores físicos que ejercen influencias son la velocidad del flujo, la profundidad del agua y la disponibilidad de sustrato, y su función se centra en el procesamiento de la materia orgánica, el ciclo de nutrientes y el flujo de energía. Estos ecosistemas desempeñan un papel crucial en la regulación del clima, la calidad del agua y la biodiversidad y como no son entidades aisladas, sino que se encuentran estrechamente vinculados con otros ecosistemas terrestres y acuáticos, confluyendo con: a) Ecosistemas ribereños, zonas de transición entre el cauce y la tierra firme, caracterizadas por una vegetación específica adaptada a las inundaciones periódicas; b) Ecosistemas lacustres, lagos y lagunas conectados a los ríos, que pueden actuar como sumideros de sedimentos y nutrientes; c) Ecosistemas estuarinos, zonas de transición entre el agua dulce y el agua salada, donde se mezclan las especies y los procesos de ambos ecosistemas; y d) Ecosistemas terrestres, áreas circundantes al río, que influyen en la calidad del agua y proporcionan hábitats para la fauna terrestre asociada a los ríos.

Los ecosistemas, particularmente los fluviales desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la biosfera y su estudio es esencial para comprender los procesos ecológicos y para desarrollar estrategias de gestión sostenible de los recursos hídricos (Gaviño, 2011).

1.2. Fuentes y orígenes del ecosistema en la región

La Cordillera de los Andes, columna vertebral de Sudamérica, región a la que pertenece el Perú, es una compleja amalgama de ecosistemas que han evolucionado a lo largo de millones de años, moldeados por fuerzas geológicas, climáticas y biológicas, y otras intrincadas interacciones de factores que produjeron una diversidad de ecosistemas, que no permiten hablar de uno determinadamente (Chong y Hüdepohl, 2020).

La génesis geológica de esta región tiene su origen en la subducción de la placa tectónica de Nazca bajo la placa Sudamericana. Este proceso, iniciado en el Cenozoico, generó una intensa actividad volcánica y tectónica que levantó la corteza terrestre, dando origen a la cordillera, cuya elevación topográfica resultante creó una amplia gama de microclimas y condiciones ambientales, que dieron origen a los ecosistemas que configuran la región andina sudamericana (Allmendinger et al., 1990; Guardia, 2011; Chong y Hüdopohl, 2020).

Büdel (1977); Troll (1959, como se citó en González-Trueba, 2012); Chong y Hüdopohl (2020) y Vandenberghe (2021), mencionan que la fuente y el origen de esta región y del conglomerado de ecosistemas, es producto de la suma de factores geomorfológicos extremadamente variados que provocaron la creación de relieves, desde altas cumbres nevadas hasta profundas quebradas y valles. Estos rasgos geomorfológicos, según estos mismos autores, han mediado significativamente en el nacimiento y distribución de los ecosistemas de la región, de la siguiente manera:

Las glaciaciones, experimentadas múltiples veces en los Andes, han dejado como huellas los valles en forma de U, los circos glaciares, así como depósitos morrénicos. En estos entornos se encuentran reservas de aguas dulces de gran importancia para la región, que alimentan las cuencas hidrográficas de los territorios donde se encuentran, son hábitats relevantes de la biodiversidad acuática, permiten la regulación del ciclo hidrológico e igualmente son reservas de agua en numerosos humedales, como lagunas y bofedales. Dichas reservas son fundamentales para la conservación de aves migratorias y ayudan a controlar las variaciones de los gases de invernaderos, equilibrando la intensidad de la actividad solar.

Los ecosistemas resultantes de este proceso de glaciaciones, han permitido migraciones de especies, que en evolución y adaptación resultaron en la biodiversidad que se conoce actualmente en la región andina. En el caso los depósitos morrénicos, por ejemplo, han proporcionado sustratos ricos en nutrientes que han permitido el establecimiento de diversos tipos

de vegetación, desde pastizales hasta bosques; y lo que se conoce como conectividad ecológica propia de este conglomerado de ecosistemas, se ha producido mediante los valles, ya que han actuado como corredores ecológicos, permitiendo el movimiento de especies entre diferentes ecosistemas.

El vulcanismo, fenómeno intrínseco de la región, caracterizado por erupciones explosivas y efusivas, han dado origen a diversos sustratos geológicos, desde suelos fértiles derivados de cenizas volcánicas hasta rocas intrusivas que forman la base de montañas y cordilleras. Estos sustratos, combinados con las condiciones climáticas variables de la región, han favorecido la formación de variados nichos ecológicos, donde la deposición de material piroclástico enriquece los suelos con minerales esenciales, promoviendo la colonización vegetal y el desarrollo de comunidades biológicas diversas. Por otro lado, las actividades volcánicas han moldeado el relieve andino, creando valles, laderas y altiplanos que influyen en patrones de drenaje, microclimas y distribución de la biodiversidad. Con el transcurrir del tiempo, estos eventos volcánicos recurrentes han actuado como fuerzas perturbadoras, reconfigurando los ecosistemas y generando mosaicos de hábitats que han favorecido la especiación y la adaptación de las especies a condiciones ambientales cambiantes.

La erosión fluvial, eólica y gravitacional, ha sido el principal agente modelador del relieve andino. Estos procesos han dado origen a una amplia variedad de geoformas y han contribuido a la formación de un complejo mosaico de ecosistemas, por ejemplo: la formación y evolución de los ecosistemas acuáticos; la sedimentación de materiales erosionados ha dado lugar a la creación de llanuras aluviales, deltas y estuarios, hábitats de gran importancia para la biodiversidad. Igualmente, la erosión de las rocas ha liberado nutrientes al suelo y al agua, enriqueciendo estos ecosistemas y promoviendo el desarrollo de una compleja red trófica.

Para Cavieres et al. (2020), el origen y la evolución de los ecosistemas de la Región Andina de Sudamérica, caracterizada por su elevada diversidad

biológica y sus complejos gradientes altitudinales, están íntimamente ligados a la formación geológica, cambios climáticos y dinámica biológica propia de la cordillera, que ha dispersado y distribuido su determinada y particular flora y fauna por toda la región y caracterizando toda su geografía, ecología y ambiente. Entre los factores ecológicos que dan origen y son fuentes nacientes de los ecosistemas se cuentan:

- a. El clima andino, como refieren Cuesta et al. (2012); Chong y Hüdopohl (2020) y Villagrán (2020), su origen se remonta a la elevación de la Cordillera de los Andes, iniciada en el Cenozoico; este proceso orogénico generó una barrera física que modificó los patrones de circulación atmosférica, influyendo en la distribución de las precipitaciones y las temperaturas mediante procesos como:
 - a.1) El efecto de sombra orográfica: Al obligar a las masas de aire húmedo procedentes del océano Pacífico a ascender por las laderas occidentales de la cordillera, se incita una precipitación orográfica abundante. Este fenómeno genera gradientes climáticos pronunciados a lo largo de distancias relativamente cortas, dando lugar a una zonificación altitudinal de los ecosistemas. En las laderas de barlovento, por ejemplo se desarrollaron bosques húmedos montañosos y nublados, caracterizados por una alta biodiversidad y endemismo. Por el contrario, en las laderas de sotavento, la sombra orográfica provoca una disminución drástica de las precipitaciones, dando origen a ecosistemas más secos como matorrales, estepas y puna, donde las adaptaciones de las especies al estrés hídrico son evidentes. La interacción entre la topografía andina y los patrones de circulación atmosférica, modulada por el efecto de sombra orográfica, ha moldeado la rica diversidad de ecosistemas que caracterizan la región.
 - a.2) La variabilidad climática global, por su parte, indujo profundas transformaciones en la dinámica de los ecosistemas andinos, por ejemplo, el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos

extremos, como sequías prolongadas y precipitaciones intensas, ha alterado los patrones de distribución de las especies, generando desplazamientos altitudinales y latitudinales en busca de condiciones climáticas más favorables (Cuesta et al., 2012; Chong y Hüdelpohl, 2020).

Por otro lado, la modificación de los regímenes térmicos ha desencadenado cambios en la fenología de las plantas, afectando los ciclos reproductivos y la sincronía con sus polinizadores. Estas alteraciones han propiciado cambios en la composición y estructura de las comunidades vegetales, favoreciendo la expansión de especies generalistas y resistentes al estrés hídrico y térmico, en detrimento de especies especializadas y sensibles a las perturbaciones (Cuesta et al., 2012; Chong y Hüdelpohl, 2020).

- b. Los suelos de la región andina son diversos y sus orígenes están relacionados con factores ecológicos que al determinar su composición, han determinado también las características de los ecosistemas, entre los factores más importantes se pueden señalar: b.1) Material parental, cuya composición mineralógica es de rocas sedimentarias, volcánicas o metamórficas, que establecen propiedades físicas y químicas, específicas de los suelos de la región; b.2) Clima, las temperaturas y las precipitaciones en la región andina han influenciado en los procesos de meteorización, la formación de horizontes y la lixiviación de nutrientes de los suelos; b.3) Topografía, en Los Andes la erosión ha sido la protagonista de la topografía, condicionada por la pendiente, la orientación y la altitud, se cuentan también, los efectos de la acumulación de materia orgánica y la profundidad de los suelos; b.4) La actividad de los microorganismos, las plantas y los animales han contribuido a la formación de la estructura del suelo y a la acumulación de materia orgánica, parte de los diferentes ecosistemas de la región (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/FAO, 2014; Cavieres et al., 2020).

- c. La biota andina, caracteriza por una alta endemividad y una gran diversidad de especies, es el resultado de adaptaciones a condiciones ambientales variadas que se distribuyeron por toda la región, tanto flora como fauna, por influencia de factores como la altitud, la temperatura, la precipitación y la disponibilidad de nutrientes. En la región, los ecosistemas se originaron por la dinámica ambiental; a medida que aumenta la altitud, disminuyen la temperatura y la presión atmosférica, y esto limita el crecimiento de las plantas y condiciona la presencia de especies adaptadas al frío, pero a medida que aumenta la temperatura y la presión atmosférica se propaga el crecimiento de las plantas y la presencia de más diversidad de fauna, ambas realidades son parte de los ecosistemas andinos, esto ha favorecido la especiación y la diversificación de la biota andina (Cuesta et al., 2012; FAO, 2014).

A partir de lo expuesto, los ecosistemas de la región andina son suma y resultado de una inteligente y sabia interacción entre la geomorfología, el clima, los suelos y la biota, donde la topografía y los cambios climáticos han influido en la distribución de las especies, la formación de los suelos y la dinámica de los ecosistemas, a su vez, los suelos proporcionaron el sustrato y los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas y condicionaron la distribución de los animales, y por último, la vegetación, mediante sus raíces y la hojarasca, influyeron en la formación y desarrollo de los suelos (Cuesta et al., 2012; FAO, 2014).

Siguiendo lo expuesto, es necesario hacer mención que para el Ministerio del Ambiente del Gobierno del Perú (MINAM) y Tovar (2018), en el caso del Perú, este territorio debido a su posición geográfica y a su historia geológica, tectónica y climática, ha resultado en una gran heterogeneidad ambiental, quizás de las más numerosas y relevantes del mundo, lo que se traduce en una extraordinaria riqueza ecosistémica que ubica al Perú entre los 19 países megadiversos del planeta; dicha riqueza se distribuye por todo el territorio longitudinal, latitudinal y altitudinalmente, formando un rico y extraordinario mosaico de biodiversidad y nichos ecológicos.

Cossios (2018), a partir de sus investigaciones, refiere que en la historia y origen de los ecosistemas del Perú, han tenido una papel relevante la orogenia andina, los ciclos glaciales y las fluctuaciones del nivel del mar, ya que han moldeado el paisaje y generado una gran diversidad de espacios ecológicos donde confluyen flora, fauna, microclimas, suelos, reservas hidrológicas y demás factores ecobiológicos, especialmente a lo largo de un gradiente altitudinal pronunciado, resultando una sorprendente multiplicidad de entornos ambientales, que enriquecen los paisajes y representan fuentes innumerables de exploraciones que siguen mostrando los orígenes de todos sus ecosistemas.

Cavieres et al. (2020), relata que la cordillera Andina, al condicionar los patrones de precipitación, definió los tres principales sistemas de drenaje o cuencas hidrográficas del Perú (Pacífico, Amazonas y Titicaca). Su accidentada topografía, compuesta por una sucesión de valles, altiplanos y elevaciones, induce una marcada zonificación altitudinal que influye en los regímenes climáticos, en la distribución de los recursos hídricos y en el nacimiento de los hábitats, lo que se traduce en una rica biodiversidad de ecosistemas a lo largo y extenso del territorio peruano.

Por otra parte, la dinámica oceánica de la costa pacífica sudamericana, caracterizada por la corriente de Humboldt (de aguas frías, producto del afloramiento profundo de nutrientes) y eventos periódicos de El Niño (con aguas superficiales cálidas ecuatoriales), han inducido fluctuaciones climáticas significativas, impactando directamente en la productividad primaria marina, alterando la estructura y función de los ecosistemas costeros y, en consecuencia, influenciando los patrones climáticos terrestres adyacentes, con consecuencias directas para la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Cossios, 2018; MINAM, 2018).

En este mismo orden de ideas, en el Perú los procesos geológicos, como la tectónica de placas y la sedimentación, también han dado lugar a una variada morfología submarina (plataforma continental, fosa peruana) y junto con la presencia de islas e islotes, genera una alta diversidad de hábitats

marinos que sustentan esa rica biodiversidad y ecosistemas diversos peruanos. La dinámica climática regional, como se ha hecho mención, modulada por la Oscilación del Sur de El Niño (ENSO), interactúa con estos factores geológicos, modulando igualmente la productividad primaria, la distribución de las comunidades biológicas marinas y terrestres, e igualmente generando variabilidad interanual significativa en los patrones de precipitación tanto marinos como terrestres en la región (Cossios, 2018; MINAM, 2018).

Los ecosistemas desempeñan un papel fundamental en el sostenimiento de la sociedad. Estos sistemas naturales proveen bienes y servicios esenciales para la economía, la sociedad y el medio ambiente, desde la provisión de recursos naturales hasta la regulación de procesos ecológicos. Por tal razón, la caracterización detallada y la cartografía de los ecosistemas no solo son esenciales para saber su origen, sino para comprender su distribución, funcionamiento y conservación, ya que esto a su vez, permite valorar los beneficios que aportan a la sociedad y direcciona el manejo sostenible a largo plazo, lo que finalmente contribuye al desarrollo nacional (MINAM y Tovar, 2018).

1.3. Consecuencias del impacto climático en los ecosistemas fluviales

El impacto climático ejerce una presión sin precedentes sobre los ecosistemas fluviales, que cada día va en crecimiento desencadenando una serie de alteraciones que comprometen su estructura, función y biodiversidad. Entre las alteraciones o consecuencias más relevantes se mencionan:

- a. Aumento de la temperatura del agua. Ribalaygua et al. (2014); el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) (2014) y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España (MITECO) (2017), con respecto a este tema declaran que el incremento de las temperaturas atmosféricas es consecuencia del efecto invernadero, incrementado por las emisiones antropogénicas que

producen los seres humanos a través de sus actividades económicas en su mayoría industriales como: La quema de combustibles fósiles y el uso de aerosoles, sumado a esto, la deforestación, el uso de fertilizantes, las explotaciones ganaderas y otras prácticas agrónomas. El efecto invernadero se traduce en un aumento de la temperatura del agua en los sistemas fluviales, que como fenómeno térmico tiene profundas implicaciones para los ecosistemas acuáticos, ya que produce:

- a.1) Estrés térmico. Este fenómeno afecta los ecosistemas de especies acuáticas, pues las elevadas temperaturas del agua al superar los límites de tolerancia de especies adaptadas a sistemas de aguas frías conllevan mortalidades masivas de las mismas. En el caso de especies acuáticas adaptadas a aguas templadas, el estrés térmico provoca alteraciones en los patrones de distribución y cambios en la composición de estas comunidades biológicas.
- a.2) Disminución de la concentración de oxígeno disuelto, lo que reduce la capacidad del agua para retener oxígeno, afectando negativamente a los organismos acuáticos que respiran a través de branquias, como peces e invertebrados.
- a.3) Aceleración de los procesos o tasas metabólicas de los organismos, provocando el aumento de la demanda de oxígeno, nutrientes y generando una mayor competencia por estos recursos.
- b. Alteraciones en el régimen hidrológico. Para el IPCC (2014) y MITECO (2017), el impacto del cambio climático induce modificaciones sustanciales en los patrones de precipitación a escala global, manifestándose en un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos como sequías e inundaciones. Estas alteraciones en el régimen hidrológico desencadenan una serie de efectos con preocupantes repercusiones en varios sistemas naturales, que sustentan diversas actividades socioeconómicas. Para estos organismos que estudian los efectos climáticos, estos efectos son:

- b.1) Variación cíclica hidrológica, la inestabilidad en la distribución temporal y espacial de las precipitaciones por el cambio climático, modifica los procesos de evapotranspiración, infiltración y escorrentía, alterando el equilibrio de los ciclos hidrológicos locales y regionales, conllevando una disminución de la disponibilidad hídrica en algunas regiones y un incremento en otras, lo que genera desequilibrios en el balance hídrico de los ecosistemas fluviales.
- b.2) Aumento de la frecuencia e intensidad de eventos extremos, las sequías prolongadas y severas se vuelven más comunes, por los trastornos climáticos, reduciendo los caudales de ríos, disminuyendo los niveles de embalses y provocando desecación de los ecosistemas fluviales, esto conlleva a fragmentaciones de hábitats, pérdida de biodiversidad y pérdida de la disponibilidad de agua para consumo humano, agrícola e industrial. Por otro lado, las inundaciones torrenciales, asociadas a precipitaciones intensas, derretimiento acelerado de la nieve y eventos extremos como ciclones tropicales, generan crecidas repentinas y aumento de los caudales, erosionando los márgenes de los ríos, alterando los sedimentos y causando daños a las infraestructuras, sumando pérdidas de cultivos y desplazamientos poblacionales.
- b.3) Cambios en la calidad del agua, la modificación de los patrones de precipitación y el aumento de la temperatura influyen en la calidad del agua superficial y subterránea, ya que aumentan la concentración de sedimentos, reducen nutrientes y arrastra contaminantes hacia los cuerpos de agua de los ecosistemas fluviales. Asimismo, la disminución de la infiltración reduce la capacidad de los acuíferos para filtrar y depurar el agua.
- b.4) Impactos en la configuración e interrelación de los ecosistemas acuáticos. Los cambios en el régimen hidrológico de los sistemas fluviales afectan la distribución y abundancia de especies acuáticas, ya que alteran la estructura y funcionamiento de los ecosistemas

acuáticos que son parte de estas masas de agua, si reducen los caudales y aumento la temperatura del agua, se pierden los hábitats y proliferan las algas nocivas y los organismos invasores y productos de toxinas.

- b.5) Riesgos para la seguridad alimentaria. Las alteraciones en los regímenes o ciclos hidrológicos de los ecosistemas fluviales perjudican el mecanismo y esencia de los sistemas de riego relevantes en la producción agrícola. El riego se afecta tanto por la escasez de agua como por el exceso de la misma, y esto compromete la cadena productiva, complicando los tiempos de siembras y cosecha de la producción agrícola, y por supuesto la seguridad alimentaria, especialmente en regiones vulnerables como el Perú.
- b.6) Impactos socioeconómicos. Los eventos hidrometeorológicos extremos generan pérdidas económicas significativas debidas a los daños que ocasionan en las infraestructuras, además se debe contar las pérdidas de cultivos y actividades productivas, así como los costos asociados a la gestión de emergencias y reconstrucción. Es importante considerar, que los desplazamientos poblacionales, consecuencia de los cambios en los ciclos hidrológicos de los ecosistemas fluviales, también ocasionan conflictos por el acceso a dichos recursos hídricos.
- c. Flujo de energía en la interfase aire-agua. Ribalaygua et al (2014); Santiago-Sáenz (2014) y Rivero et al. (2020) mencionan que la interfaz aire-agua, es una región o espacio de transición entre la atmósfera y el cuerpo de agua, donde se producen numerosos intercambios físicos, químicos y biológicos. El flujo de energía en la interfase aire/agua es uno de los componentes más trascendentales que rigen la temperatura de una masa de agua, por tal razón el calentamiento global ejerce una influencia significativa, ya que este fenómeno modifica los gradientes térmicos y las tasas de transferencia de masa y energía.

El incremento en la temperatura superficial del agua y/o el estrés térmico acrecienta la estratificación térmica de los cuerpos de agua, que se caracteriza por la formación de capas de agua con diferentes densidades, limitando la mezcla vertical y, por ende, el transporte de nutrientes y oxígeno desde las capas superficiales, más cálidas y ricas en oxígeno, hacia las capas profundas. La reducción del intercambio vertical de gases y nutrientes puede llevar a la hipoxia o anoxia en las zonas más profundas, con consecuencias negativas para la biota bentónica y pelágica (Ribalaygua et al., 2014; Santiago-Sáenz, 2014).

Según Santiago-Sáenz (2014), los cambios en la interfaz aire-agua, no es un fenómeno que se limita a los cuerpos de agua leníticos (lagos, embalses), sino que afectan con relevancia los sistemas fluviales, porque en conjunto con el aumento de la temperatura del aire y del agua y los cambios en los patrones de precipitación, modifican la hidrología de los ríos, alterando los regímenes de flujo y los procesos de transporte de sedimentos y contaminantes, lo que afecta la pureza y calidad del agua tanto para el aprovechamiento social y económico de los seres humanos como para la supervivencia de la biodiversidad de los ecosistemas fluviales.

- d. Concentraciones de gases de efecto invernadero. El aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, principalmente dióxido de carbono (CO_2), tiene efectos directos e indirectos sobre los ecosistemas acuáticos, la absorción de CO_2 por el agua acidifica los océanos y altera la química del agua dulce, afectando a organismos con esqueletos calcáreos, como moluscos y corales. La acidificación llega a reducir la disponibilidad de algunos nutrientes esenciales para el fitoplancton, la base de la cadena trófica acuática (IPCC, 2014).
- e. Emisiones antropogénicas que afecta la pureza de las aguas dulces. Estas emisiones son excesivas contaminantes de las masas de agua y protagonistas de efectos negativos sobre los ecosistemas fluviales, las mismas combinadas con el estrés térmico, bajos caudales causan la

proliferación de organismos nocivos en las aguas fluviales, la eutrofización, la degradación de los suelos próximos a las masas de agua, perjudicando la calidad del agua (IPCC, 2014).

Además, esta tipología de contaminantes provocan el incremento de la tasa de evaporación, por recalentamiento, intensificando el estrés del ciclo hidrológico y conduciendo a los caudales de ríos y arroyos a una disminución importante de sus masas de agua, que resulta en el aumento de la salinidad de los ecosistemas fluviales, alterando las comunidades biológicas de estos ecosistemas, lo que favorece la proliferación de especies tolerantes a condiciones salinas y estresantes, perjudicando a especies dulce-acuícolas (IPCC, 2014).

Todos estas consecuencias que se producen por el impacto climático en los ecosistemas fluviales de masas de agua dulce, están generando al nivel global conflictos sociales, ambientales, políticos y armados por el uso y la disponibilidad del agua, ya que el estrés hídrico afecta la agricultura, la ganadería, la producción de energía hidroeléctrica, entre otras tantas actividades, poniendo en riesgo grandes comunidades de biodiversidad acuática y terrestre que llegan a ser fuentes de alimento de los seres humanos y parte de los equilibrios ecológicos del planeta. Otro hecho importante de resaltar, aunado a lo anterior, es la limitación crónica que existe en cuanto a la disponibilidad potable del agua para consumo humano, y el deterioro de la calidad para actividades socioeconómicas (Rivero et al., 2020).

1.4. Medidas preventivas para la conservación del ecosistema

La evidencia científica es contundente respecto al cambio climático antropogénico. Dada la inercia de los sistemas climáticos, la mitigación a corto plazo resulta limitada. Por consiguiente, es imperativo complementar las estrategias globales de mitigación con medidas de adaptación que permitan reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las sociedades ante los impactos climáticos proyectados. Son variadas las metodologías

que se pueden adaptar como preventivas o correctivas para conservar los ecosistemas fluviales, entre estas metodologías se harán referencias a dos: La primera elaborada por Santiago Sáez (2014), desde el laboratorio de Hidrobiología de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, donde se apuesta a la regulación de las altas temperaturas y el estrés térmico en las masas de agua, mediante un conjunto de acciones que prevén o atenúen los efectos negativos del calentamiento del clima. La segunda es la propuesta por MITECO (2017), basada en una red de seguimiento de las reservas naturales fluviales donde se consiga información que contribuya a evaluar y valorar los posibles efectos del cambio climático en dichas reservas, así como su evolución; además esta metodología busca mediante esta data la restauración fluvial y la mitigación del cambio climático.

Para Santiago-Sáez (2014), los ecosistemas fluviales al ser sistemas complejos, con importantes interacciones, presentan múltiples variables susceptibles de gestión que pueden disminuir los efectos adversos del calentamiento global y el estrés térmico, tomándose como acciones preventivas de las variadas consecuencias del impacto climático. Entre estas variables o acciones se encuentran:

- a. Protección, conservación y restauración de la vegetación riparia, constituida por comunidades vegetales que se desarrollan en las riberas de ríos, lagos y humedales; desempeña un papel crucial en la conservación de los ecosistemas fluviales, esta franja de transición entre el medio terrestre y acuático actúa como un filtro biológico, regulando tanto la temperatura de la masa de agua dulce como la calidad del agua al retener sedimentos y nutrientes, además las raíces de estas plantas estabilizan los márgenes, previniendo la erosión y mitigando los efectos de inundaciones. Esta vegetación proporciona un corredor ecológico que facilita el flujo genético entre poblaciones y aumenta la resiliencia de los ecosistemas frente a perturbaciones, erigiéndose como una medida fundamental para garantizar la salud y el buen funcionamiento de los ecosistemas fluviales a largo plazo.

- b. Conservación y restauración de la vegetación de la cuenca. La cubierta vegetal presente en una cuenca hidrográfica promueve la infiltración del agua en el suelo, incrementando así el flujo subterráneo; este proceso hidrológico contribuye a moderar las temperaturas del suelo y subsuelo, generando un microclima más fresco durante los periodos estivales. Además, la vegetación influye en la regulación del balance hídrico, suavizando las fluctuaciones térmicas y hídricas al nivel local.
- c. Caudal disponible en cada momento. Los ríos desempeñan un papel fundamental en el ciclo hidrológico, actuando como conductos de transporte de agua y energía, al mantener caudales adecuados, especialmente durante los períodos de escasez, se favorece la evapotranspiración y la transferencia de calor latente hacia la atmósfera. Estos procesos contribuyen a moderar las temperaturas locales y regionales, y pueden influir en patrones climáticos a mayor escala. No obstante, la efectividad de esta estrategia depende de las características geomorfológicas y climáticas de cada cuenca hidrográfica, así como de las demandas hídricas de los diferentes usos del agua.
- d. Procurar un buen funcionamiento de los embalses, en principio esto implica una gestión sistémica que nivele las demandas humanas con la salud del ecosistema, es decir, la regulación de caudales, tanto en cantidad como en calidad, es básica para simular los patrones naturales de flujo y mantener la conectividad hidrológica. Esta acción preventiva, implica liberar caudales mínimos vitales durante las épocas secas, imitando los pulsos de inundación natural y evitando la estratificación térmica, que afecta la calidad del agua y la biodiversidad. Por otro lado, es crucial monitorear y controlar los sedimentos y nutrientes que ingresan al embalse, ya que el exceso de estos altera los procesos ecológicos y reducen la capacidad de almacenamiento. La conservación de las riberas y la vegetación adyacente es igualmente importante, pues estas actúan como filtros naturales, estabilizando los suelos y proporcionando hábitat para la fauna. Con estas medidas preventivas, se busca minimizar los impactos negativos de los embalses sobre los ecosistemas fluviales y garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

- e. Conservación de la morfología del cauce, la forma y estructura del lecho y las márgenes de un río, es un factor de importancia en la dinámica fluvial y la salud de los ecosistemas acuáticos. La diversidad de formas del cauce, como meandros, rápidos, pozas y llanuras de inundación, influyen directamente en la velocidad del flujo, la distribución de sedimentos, la conectividad hidráulica y la heterogeneidad del hábitat. Por ello, las alteraciones antrópicas en la morfología del cauce, como la rectificación de ríos, la construcción de presas y la extracción de materiales, generan homogeneización del hábitat, reduciendo la biodiversidad y afectando los procesos ecológicos esenciales; por estas razones conservar la morfología natural del cauce se constituye como una medida preventiva clave para mantener la integridad de los ecosistemas fluviales y garantizar su resiliencia frente a perturbaciones. Acciones como la restauración de cauces, la implementación de corredores ecológicos y la gestión sostenible de los recursos hídricos auxilian a preservar la estructura y función de estos valiosos ecosistemas.

Santiago-Sáez (2014) subraya la relevancia de implementar estrategias de gestión integral de cuencas hidrográficas, que incluyan acciones de restauración ecológica enfocadas en la recuperación y conservación de la vegetación ribereña. Estas medidas preventivas, junto con prácticas de gestión sostenible de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, así como la optimización de las operaciones de embalses y la corrección de alteraciones morfológicas en los cauces, son fundamentales para preservar la salud y funcionalidad de los ecosistemas fluviales.

La segunda metodología de acciones preventivas es la propuesta de MI-TECO (2017), basada en la implementación de una red de monitoreo en reservas fluviales, con el objetivo de cuantificar y evaluar los impactos del cambio climático en los ecosistemas fluviales, con base en los datos que se recolecten poder detectar y valorar la vulnerabilidad de los ecosistemas ante perturbaciones climáticas. Son múltiples las acciones, pero entre las más resaltantes a desplegar serían las siguientes:

- a. Profundizar en el conocimiento y comprensión de los impactos del cambio climático sobre los sistemas fluviales, mediante estudios de monitoreo detallados que evalúen las alteraciones en los regímenes hidrológicos, la calidad del agua, la biodiversidad y los procesos ecológicos, son indispensables ya que proporcionan modelos hidrológicos y ecológicos, que hacen posible generar proyecciones de escenarios futuros y diseñar estrategias de adaptación y mitigación.
- b. Cuantificar y evaluar los impactos de las emisiones antropogénicas y naturales sobre los diversos componentes de los ecosistemas fluviales, a través de un monitoreo continuo de variables físico-químicas, biológicas e hidrológicas, permitirá determinar la magnitud y la tasa de cambio de estos ecosistemas, para así poder identificar patrones espaciales y temporales que permitan una gestión adaptativa y efectiva.
- c. Desarrollar y aplicar modelos predictivos para anticipar los efectos del cambio climático en los ecosistemas fluviales y diseñar medidas de prevención y mitigación, que consideren la restauración de hábitats riparios, la regulación de caudales, la gestión de especies invasoras y la conservación de la conectividad longitudinal y lateral de los ríos.
- d. La conservación y restauración de ecosistemas fluviales demandan un enfoque holístico que permita evaluar continuamente la efectividad de las medidas implementadas. Los nuevos conocimientos sobre los ecosistemas fluviales deben ser integrados en procesos de ajuste y adaptación, con el objetivo de optimizar la gestión y asegurar la persistencia de estos valiosos ecosistemas a largo plazo.
- e. Fortalecer los mecanismos de gobernanza colaborativa entre actores clave, incluyendo entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, comunidades locales y el sector privado, para facilitar el intercambio de conocimientos y experiencias en la gestión de ecosistemas fluviales. Se recomienda la creación de plataformas digitales y redes de monitoreo que permitan la recopilación, análisis y difusión de

datos científicos de alta calidad, así como la promoción de la participación ciudadana en procesos de toma de decisiones.

- f. Priorizar la conservación de hábitats fluviales que desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, tales como los tramos de cabecera y los refugios climáticos. Estos ecosistemas, caracterizados por su alta heterogeneidad espacial y temporal, son fundamentales para la regulación del ciclo hidrológico, la retención de sedimentos y la provisión de hábitat para una amplia gama de especies, por tal razón, en su conservación se deben buscar mitigar los impactos de actividades humanas como la agricultura, la ganadería y la urbanización en las zonas de cabecera y otros hábitats sensibles.

Según MITECO (2017), esta metodología multidisciplinaria de monitoreo, guarda el propósito de implementar un sistema de seguimiento continuo en las reservas naturales fluviales y sus ecosistemas propios, para observar las variables hidrológicas, geomorfológicas y biológicas, y con tal información generada, comprender las complejas interacciones entre el clima y los procesos fluviales, para mejorar la gestión preventiva en los ecosistemas fluviales, mediante proyectos de restauración fluvial y cambio climático.

1.5. Programa presupuestario para el control y regulación hídrica

Un programa presupuestario para el control y regulación hídrica es un instrumento de planificación financiera destinado a la gestión sostenible de los recursos hídricos de un territorio determinado. Este programa detalla las acciones, inversiones y recursos necesarios para garantizar la disponibilidad, calidad y uso eficiente del agua, considerando las demandas actuales y futuras de la población y el bienestar y sostenibilidad de los ecosistemas.

Un programa que busque establecer control y regulación hídrica debe considerar establecer o llevar a cabo ciertas acciones elementales que

caracterizan a todo programa presupuestario. Para la Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (Cap-Net) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2005); Global Water Partnership Central American (GWPCA) (2013) y la Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua (2022), estas acciones son las siguientes:

- a. Evaluación de los recursos hídricos: Un estudio exhaustivo de un ecosistema acuático requiere un inventario detallado de las fuentes hídricas superficiales y subterráneas, evaluando su calidad a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y analizando la variabilidad temporal y espacial de estos indicadores. Adicionalmente, es fundamental cuantificar y caracterizar la demanda hídrica en los distintos sectores socioeconómicos (doméstico, agrícola e industrial), con el objetivo de establecer un balance hídrico y comprender las presiones antrópicas sobre el recurso hídrico.
- b. Identificación de problemas y desafíos. La gestión efectiva de los ecosistemas demanda una evaluación exhaustiva de los desafíos que enfrentan, tales como la vulnerabilidad a eventos hidrometeorológicos extremos. Un análisis integral de la calidad del agua, incluyendo la identificación de fuentes de contaminación y sus efectos sobre la biodiversidad, es primordial en todo programa presupuestario. Además, la resolución de conflictos por el uso y la disponibilidad del agua, que surgen de las demandas crecientes y competitivas de diversos sectores, es esencial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los recursos hídricos.
- c. Definición de objetivos y metas: Como parte del programa presupuestario para el control y regulación hídrica, se debe proceder a definir y cuantificar objetivos y metas precisas, los cuales deben enfocarse en establecer parámetros claros y medibles tanto para la cantidad como para la calidad del agua. Sumado a esto se debe establecer un horizonte temporal que permita evaluar los avances a corto, mediano y largo plazo

de los planteado, esto permitirá diseñar intervenciones específicas y monitorear su efectividad en la gestión del recurso hídrico.

- d. Diseño de estrategias y acciones: Un programa presupuestario enfocado en el control y la regulación hídrica, debe priorizar el desarrollo de estrategias integrales para la conservación y protección de los recursos hídricos, esto implica la evaluación y diseño, cuando sea necesario, de proyectos de infraestructura tales como: embalses, canales y sistemas de riego, considerando su impacto ambiental y socioeconómico. Se deben implementar medidas de eficiencia en el uso del agua al nivel doméstico, industrial y agrícola, promoviendo tecnologías y prácticas que optimicen su consumo. Por otro lado, se debe fomentar activamente prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la demanda hídrica y minimicen la contaminación de las fuentes de agua, contribuyendo así a la preservación de los ecosistemas acuáticos y a la seguridad hídrica a largo plazo.
- e. Asignación de recursos: La implementación efectiva de un programa presupuestario para el control y regulación hídrica requiere una rigurosa planificación financiera. Esta etapa involucra la elaboración de un presupuesto detallado que contemple las inversiones iniciales necesarias para la infraestructura y equipamiento, así como los gastos operativos recurrentes, incluyendo mantenimiento y monitoreo. En este punto, es fundamental identificar y asegurar fuentes de financiamiento diversificadas, tales como asignaciones presupuestarias públicas, cooperación internacional y alianzas con el sector privado, garantizando así la sostenibilidad a largo plazo del programa.
- f. Monitoreo y evaluación: Toda implementación de un programa presupuestario, requiere la puesta en marcha de un sistema de monitoreo integral, el cual le permitirá evaluar de manera continua el cumplimiento de los objetivos establecidos, a través del diseño y seguimiento de indicadores de desempeño específicos. La realización de evaluaciones periódicas de estos indicadores posibilitará ajustar el programa de manera

oportuna, garantizando así su eficacia en la gestión de los recursos hídricos y su adaptación a las condiciones cambiantes del ecosistema fluvial o acuático.

Todas las acciones mencionadas con anterioridad que forman parte de una implementación de un programa que busca control y regulación hídrica transitan por tres fases interconectadas: a) Fase de planificación, esta involucra la recopilación exhaustiva de datos hidrológicos, socioeconómicos y ambientales, así como la identificación y participación activa de los actores clave y la ciudadanía. Sobre esta base, se formula en detalle los objetivos, metas y estrategias a seguir; b) Fase de implementación, se debe proceder a la aprobación formal del programa y a la asignación de los recursos financieros y humanos necesarios. La ejecución de los proyectos y actividades contemplados se deben llevar a cabo de manera rigurosa, asegurando el cumplimiento de los plazos y estándares establecidos; y c) Fase de seguimiento y evaluación, la cual se centra en el monitoreo continuo de los indicadores de desempeño definidos previamente, permitiendo evaluar periódicamente los resultados obtenidos y realizar los ajustes necesarios al programa para garantizar su eficacia y sostenibilidad a largo plazo (Cap-Net, GWP y el PNUD, 2005).

De acuerdo con CODIA (2022), un programa presupuestario que busque garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos y terrestres, debe tener como base una asignación de recursos económicos adecuada, que abarque eventualidades y ajustes necesarios, esto permite implementar medidas de gestión integral de los recursos hídricos, que abarcan planificación hidrológica, construcción y mantenimiento de infraestructuras hidráulicas, monitoreo de la calidad del agua y conservación de los humedales; dichas acciones contribuyen a prevenir inundaciones, sequías y otros eventos extremos relacionados con los ecosistemas fluviales, también a mitigar los efectos del cambio climático y a preservar la biodiversidad. Un programa de este tipo facilita la adaptación a las nuevas condiciones ambientales y promueve el uso eficiente y equitativo del agua, un recurso cada vez más escaso al nivel global.

CAPÍTULO II

LA COMPOSICIÓN HÍDRICA EN EL MUNDO Y SU IMPACTO EN LA ESPECIE HUMANA

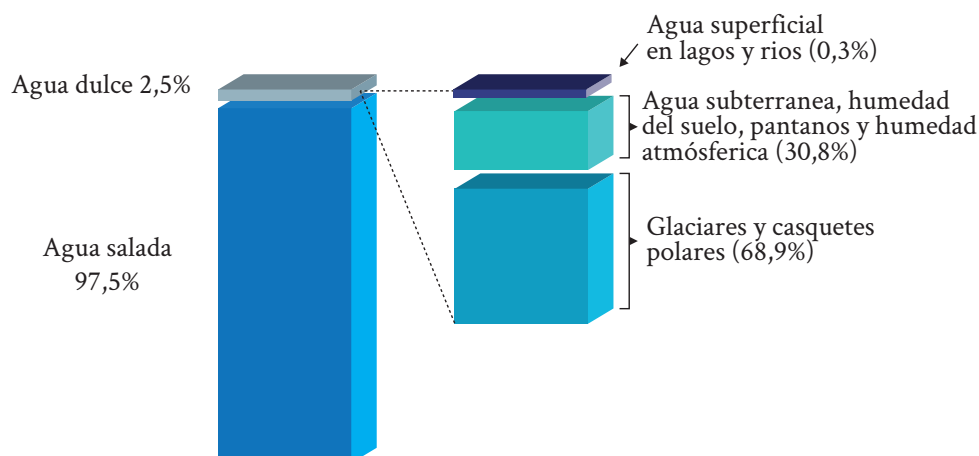
2.1. Análisis de consumo de agua per cápita mundial

En las primeras etapas de la historia terrestre, caracterizadas por un vulcanismo exacerbado, la superficie planetaria carecía de grandes cuerpos de agua líquida, pero con el progresivo enfriamiento del planeta, el vapor de agua presente en la atmósfera primordialmente se condensó y precipitó, iniciando así el proceso de formación de los océanos. Esa masa de agua denominada hidrosfera tiene en la Tierra una distribución altamente desigual; el agua marina (mares y océanos), que constituye el 97% del total, es una solución acuosa de sales minerales, principalmente cloruro de sodio; el agua dulce (ríos, arroyos, lagos, humedales, acuíferos, entre otros) aunque escasa, representa el 3% restante, sin embargo de esa agua dulce, el 2,95% de esta se halla secuestrada en la criosfera, en forma de hielo glacial y casquetes polares, lo que reduce drásticamente la cantidad de agua dulce líquida disponible para satisfacer la demanda de los seres vivos y de los ecosistemas (GWPCA, 2013).

Según Suarez-Umpiérrez (2024), a pesar de cubrir gran parte de la superficie terrestre, el agua dulce accesible para el consumo humano representa una fracción mínima del volumen hídrico total. Se estima que tan solo el 0,5% del agua planetaria se encuentra en estado líquido, distribuida principalmente en lagos, humedad del suelo, atmósfera y acuíferos; está limitada disponibilidad subraya la vulnerabilidad de los recursos hídricos ante el incremento de la demanda global (Ver figura 1).

Figura 1

Distribución del agua dulce y salada del mundo



Fuente: Ministerio de Educación del Gobierno de Perú, 2021.

Por tal razón, es de vital importancia con tan poca disponibilidad del agua dulce destacar el término agua per cápita, que según la Organización de las Naciones Unidas-Habitat (ONU-HABITAT) (2021), refiere el volumen total de agua dulce utilizado por un individuo durante un período determinado, generalmente expresado en litros por persona y día (l/hab/día); esta métrica, ampliamente utilizada en estudios hidrológicos y de gestión de recursos hídricos, proporciona una estimación del consumo promedio de agua de una población, considerando usos domésticos, industriales y agrícolas en un lapso determinado de tiempo. Este promedio es un

indicador fundamental para evaluar la disponibilidad hídrica, los patrones de consumo y la sostenibilidad de los recursos hídricos al nivel global.

Para la ONU-HABITAT (2021), los recursos hídricos superficiales (lagos, ríos) y subterráneos someros, fundamentales para el consumo humano, presentan una distribución espacial heterogénea a escala global. Estos cuerpos de agua, junto con la humedad del suelo, se encuentran frecuentemente distantes de los centros urbanos, asociado a la creciente demanda hídrica, exacerbada por el crecimiento demográfico y el cambio climático, lo que ha conducido a una situación de estrés hídrico en numerosas regiones. Se estima que actualmente el 36% de la población mundial habita en zonas con escasez de agua y se proyecta que esta cifra alcance 52% para 2050. La limitada disponibilidad y accesibilidad de agua potable en áreas urbanizadas constituye un desafío apremiante al nivel mundial, en cuanto al desequilibrio que esto conlleva en el porcentaje de agua per cápita estimada por cada individuo.

Estudiosos del agua, refieren que los patrones de consumo hídrico que mantienen las sociedades, varían considerablemente causando considerables disparidades en el índice de agua per cápita; por ejemplo, para el año 2016 Nueva Zelanda, encuadrado dentro de los países desarrollados, con un alto nivel de calidad de vida presentaba uno de los índices más altos de consumo de agua per cápita al nivel mundial, su promedio de consumo se ubicaba en 227 litros por persona/día. Según datos oficiales, el país oceánico superaba exponencialmente el consumo de naciones con estrés hídrico significativo, como Nigeria, donde el consumo diario per cápita se estimaba en 10 litros por individuo (Fundación Aquae, 2021).

Los informes de ONU-Habitat (2021) señalan que Estados Unidos, calificado como potencia al nivel mundial, en el 2021 cuantificaba uno de los porcentajes de agua per cápita más elevados del mundo; el consumo doméstico de este país representó una fracción significativa con un promedio de 575 litros diarios por habitante. Este elevado consumo de agua está estrechamente vinculado a factores como el estilo de vida, las actividades

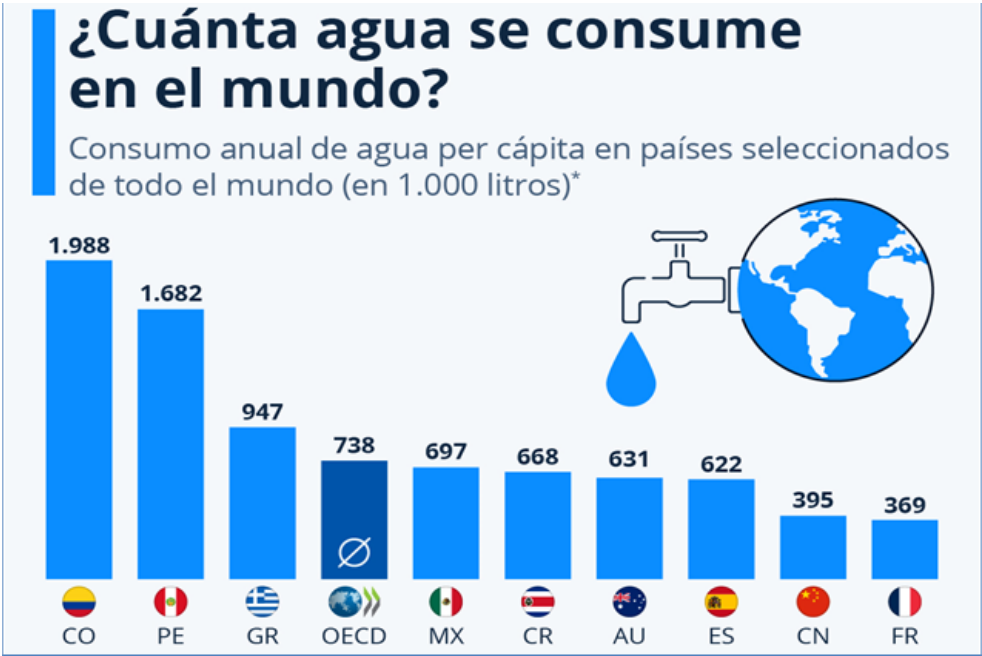
económicas y la infraestructura hídrica; esta realidad manifiesta patrones errados en el consumo del vital líquido.

En el caso de los países no desarrollados, la situación no es de mejoras y conciencia, ya que al hacerse mención de los registros hidrométricos del año 2021 para la Ciudad de México, estos indican un consumo per cápita diario de agua de 366 litros, siendo el sector residencial el que mayor demanda presenta con un promedio de 567 litros por habitante/día. Este elevado consumo doméstico, en el caso de México, puede atribuirse a diversos factores, entre los que destacan, la falta de cultura del ahorro de agua, la obsolescencia de las redes de distribución y la creciente urbanización que ha incrementado el número de viviendas y, por ende, el consumo hídrico.

Particularmente, con respecto al Perú, según el Ministerio Agricultura y Riego (MINAGRI) (2013) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2013; 2016), este país se posiciona como el segundo mayor consumidor de agua per cápita en Sudamérica, con un volumen estimado en 947 litros por habitante al año, pudiendo alcanzar los 1.000 litros. Esta elevada demanda hídrica se atribuye a la suma de múltiples extracciones: El sector agrícola (Ver figura 3), caracterizado por extensas áreas de cultivo y una elevada demanda de riego, constituye uno de los principales impulsores de este consumo; los sectores industrial y minero, con sus procesos intensivos en agua, ejercen una presión considerable sobre los recursos hídricos del país, además de la generación de energía hidroeléctrica y las actividades mineras. El componente doméstico, que incluye el drenaje, abarca un porcentaje significativo del consumo total, reflejando tanto hábitos de consumo como infraestructuras de saneamiento (Ver figuras 2 y 3).

Figura 2

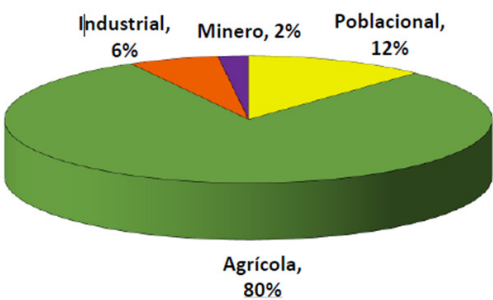
Posición de Perú en el consumo per cápita del agua



Fuente: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2021), como se citó en Statista (2024).

Figura 3

Usos y consumo del agua per cápita en el Perú



Fuente: ANA, 2016).

La demanda del agua per cápita, al nivel global manifiesta grandes disparidades, pero es importante manifestar donde se está produciendo en los hogares del mundo ese consumo de agua que se eleva en algunas naciones y que en otras sencillamente no existe. Según la Fundación Aquae (2021) y la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO)(2021), los sistemas sanitarios domiciliarios representan un consumo hídrico per cápita considerable, siendo el baño el área que mayor demanda genera; las descargas de inodoros convencionales oscilan entre 7,5 y 26,5 litros por evento, mientras que una ducha de cinco minutos puede consumir entre 95 y 190 litros; actividades como el aseo personal, si no se gestionan adecuadamente los caudales y se crea una verdadera conciencia de ahorro y uso de agua, pueden incrementar significativamente el consumo total diario de agua.

En otras palabras, los estudios sobre consumo irracional del agua revelan que el área sanitaria en viviendas, particularmente el cuarto de baño, ejerce una presión significativa sobre los recursos hídricos; las actividades de ducha y baño son las principales responsables de este consumo, representando el 34% del total; el uso del inodoro (21%) y las actividades en el lavabo (18%) contribuyen a aumentar aún más este porcentaje, evidenciando la importancia de optimizar el uso del agua en estos espacios. A esto se le suma que al nivel doméstico, el consumo hídrico en el área de la cocina es de 19% y la existencia de otros usos consume 8%.

Según el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (2024), emitido por la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO) (2024), el desequilibrio en la distribución del consumo de agua dulce se intensifica al analizarse los distintos consumos de sectores de la sociedad, donde se constata que: La agricultura consume aproximadamente el 70% de las extracciones totales, la industria 20% y el sector doméstico 10%, siendo estos tres sectores, los principales impulsores del incremento constante en la demanda hídrica. Este desbalance se acentúa por la dinámica socioeconómica, donde la industrialización, la urbanización y la expansión de los sistemas de

abastecimiento y saneamiento exacerbaban los efectos del crecimiento demográfico. Paradójicamente, las regiones con mayores tasas de crecimiento poblacional suelen exhibir menores índices de consumo per cápita del agua dulce del planeta.

Tabla 1

Países con mayor consumo de agua per cápita en el mundo

País	Litros promedio consumidos diariamente per cápita
Estados Unidos	575
Australia	493
Italia	386
Japón	374
México	366
España	366
Noruega	301

Fuentes: ONU-HABITAT, 2021.

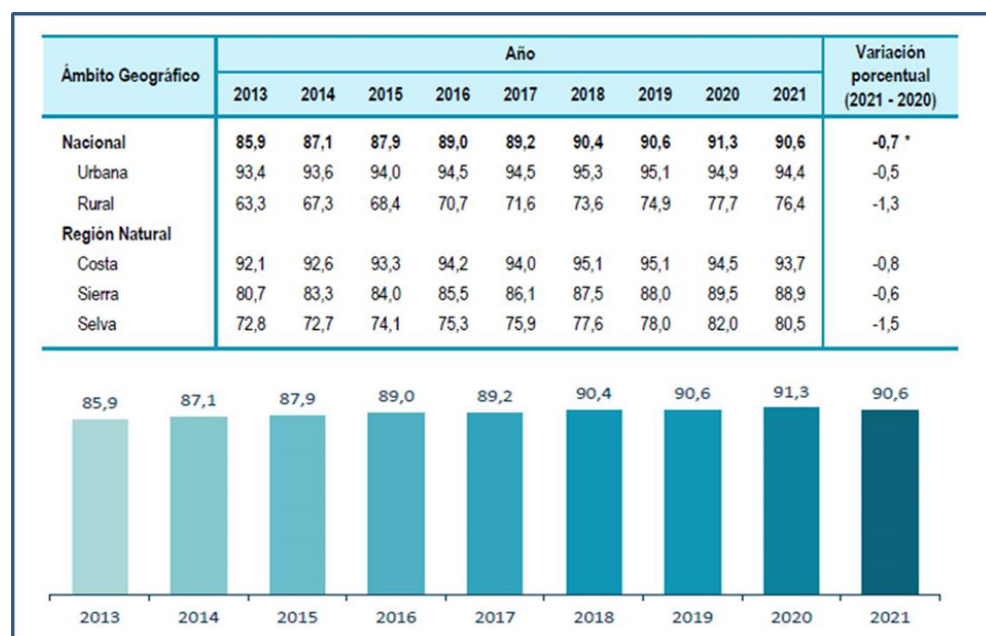
En torno a lo anterior, la UNESCO (2021, 2024), manifiesta que el consumo global de agua per cápita experimentará una serie de transformaciones, con aires catastróficos, en las próximas décadas, como consecuencia de diversos modelos climáticos, proyecciones de crecimiento demográficos, expansión de las actividades agrícolas, urbanismo excesivo, eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes, como sequías prolongadas e intensas lluvias, que podrían exacerbar la escasez hídrica en muchas regiones del mundo, esperándose que estas tendencias provoquen una mayor competencia por el acceso, disponibilidad y uso efectivo de los recursos hídricos, lo que a su vez podría generar tensiones socioeconómicas, políticas y hasta conflictos armados por hacerse del vital líquido.

2.2. Datos de distribución del agua potable en el Perú

MICREDI y ANA (2013), INEI (2021), así como la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) (2023a), refieren que el sector de saneamiento en Perú se encuentra conformado por un total de 50 Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) distribuidas a lo largo del territorio nacional. Estas entidades son las responsables de garantizar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado a una población superior a los 18 millones de peruanos, contribuyendo significativamente al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el acceso al agua y el saneamiento (Ver figura 4).

Figura 4

Hogares del Perú al nivel nacional que cuentan con el servicio de agua por red pública, 2013 – 2021 (porcentaje)



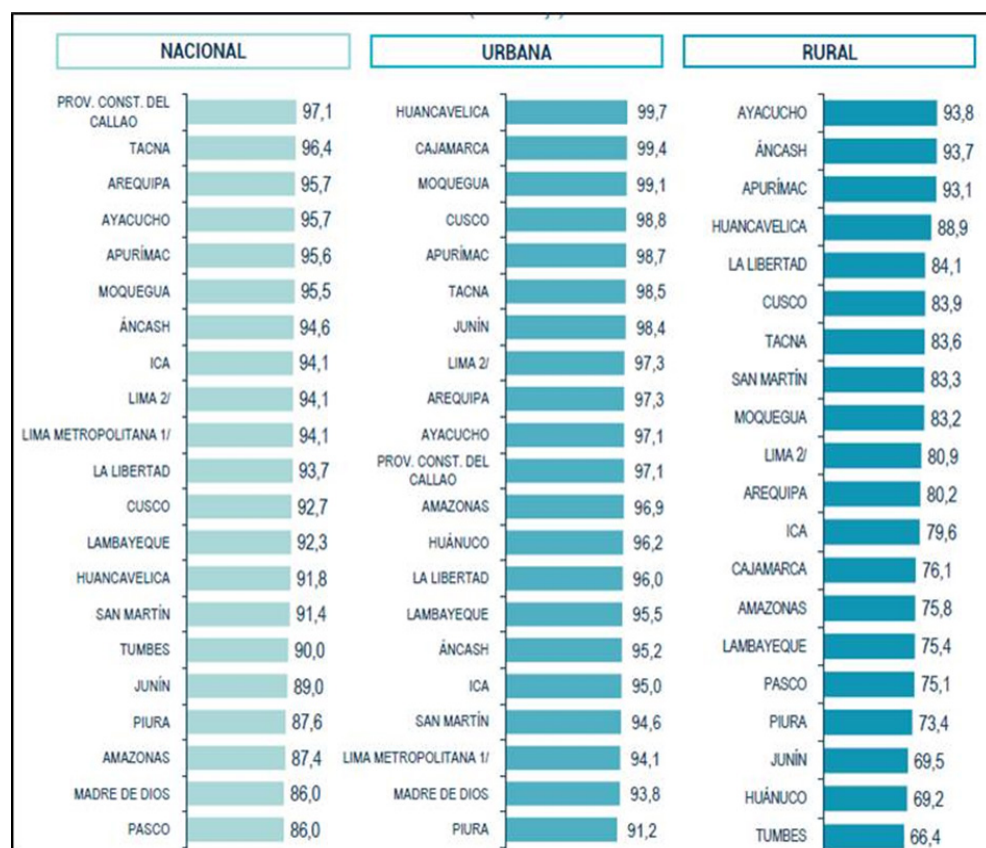
Fuente: INEI, 2021.

De acuerdo con los datos presentados en la Figura 4, la cobertura de la red pública de abastecimiento de agua potable al nivel nacional en Perú, ha mostrado un incremento gradual entre los años 2017 y 2021. Este sistema, que suministra agua a través de conexiones intradomiciliarias, conexiones extradomiciliarias dentro de la edificación y pilones de uso público, ha experimentado un crecimiento del 1,4% en las áreas urbanas durante este período, pasando de una cobertura del 89,2% al 90,6%. Estos resultados indican una mejora en el acceso a agua potable para la población urbana, aunque persisten brechas significativas en las zonas rurales y en determinados segmentos de la población (INEI, 2021; SUNASS, 2023a).

Esto último, se debe a que en el contexto peruano, las municipalidades desempeñan un papel crucial en la gestión del agua potable y alcantarillado, especialmente en aquellas áreas donde la cobertura de las EPS es limitada o inexistente. La operatividad de las (EPS) es diferente al nivel nacional, ya que operan o prestan servicios por departamento, generando un patrón híbrido en el servicio, más en desequilibrio que en igualdad, en términos de calidad y eficiencia de los mismos, provocando una falta de eficacia e integralidad del servicio de agua potable y alcantarillado, forjando un importante fortalecimiento de las competencias técnicas y financieras de las municipalidades para garantizar un acceso equitativo, estandarizado y sostenible al agua (INEI, 2021; MINAGRI y ANA 2013) (Ver figura 5).

Figura 5

Hogares en el Perú que cuentan con el servicio de agua por red pública, según departamento, 2021. (Porcentaje).



Fuente: INEI, 2021.

Como se observa en la figura 5, en el Perú, según Censo Nacional de Agua Potable y Saneamiento Básico realizado en 2021, se evidencia una marcada disparidad en la cobertura de servicios de abastecimiento de agua por red pública al nivel departamental. Las regiones costeras y algunas zonas de la sierra sur, como la Provincia Constitucional del Callao (97,1%), Tacna (96,4%), Arequipa (95,7%), Ayacucho (95,7%) y Apurímac (95,6%), presentan los índices más elevados de acceso a este servicio. Por el contrario,

los departamentos de la selva y algunas zonas de la sierra norte, entre ellos Cajamarca (85,2%), Huánuco (79,9%), Ucayali (77,9%), Puno (76,1%) y Loreto (65,4%), registran los menores niveles de cobertura. Estas diferencias pueden atribuirse a factores geográficos, socioeconómicos e infraestructurales y con respecto a esta realidad, es importante destacar que la cobertura no solo implica la disponibilidad física del servicio, sino también la calidad del agua y la continuidad del suministro, aspectos fundamentales para garantizar un consumo seguro para usos domésticos, agrícolas e industriales (INEI, 2021).

Al nivel urbano, se observa una marcada disparidad en la cobertura de servicios de agua potable por redes públicas. Mientras departamentos como Huancavelica, Cajamarca y Moquegua registran tasas superiores al 99%, evidenciando una casi universalización del acceso, regiones como Ucayali (83,1%) y Loreto (79,8%) presentan significativas brechas. Esta disparidad se acentúa al considerar los diferentes tipos de consumo, siendo el doméstico el principal demandante en lo urbano, seguido por los usos industriales y agrícolas. La variabilidad geográfica en la cobertura está influenciada por factores como la densidad poblacional, la accesibilidad a fuentes hídricas, la infraestructura existente y las políticas públicas implementadas (INEI, 2021).

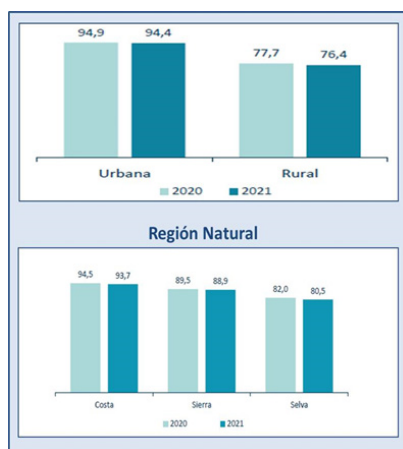
En el contexto departamental rural, el análisis de la cobertura de servicios de agua potable en Perú revela una diferencia espacial significativa. Mientras que en los departamentos de Ayacucho y Áncash se registran tasas de cobertura superiores al 93%, en Puno y Ucayali estas tasas descienden por debajo del 65%; esta variabilidad está influenciada por factores hidrológicos, como la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y subterráneos, así como por factores socioeconómicos, tales como el nivel de ingresos, la educación y el acceso a tecnologías de tratamiento de agua. Es importante destacar que el consumo de agua en el ámbito rural suele estar asociado a actividades agrícolas, pecuarias y domésticas, las cuales presentan demandas hídricas y estacionales específicas; además en lo rural, la cobertura no garantiza necesariamente el acceso a un recurso de calidad,

pues en estas zonas, la calidad del agua puede verse afectada por la presencia de contaminantes de origen natural y antropogénico, lo que limita su uso para consumo humano y actividades productivas. Los patrones de consumo de agua en estos contextos suelen estar vinculados a la disponibilidad estacional de los recursos hídricos y a las prácticas culturales de las comunidades (MINAGRI y ANA, 2013; INEI, 2021).

Para ANA (2016, 2024); INEI (2021), la disparidad rural/natural/urbana en cuanto a la cobertura de servicios de agua potable y saneamiento en el Perú presenta importantes desafíos, a pesar de la existencia de 11.800 organizaciones comunitarias y JASS que atienden a cerca del 29% de la población, la calidad y continuidad de los servicios suministrados por estos pequeños proveedores suelen ser variables y dependen en gran medida de factores locales como la disponibilidad de fuentes de agua, la infraestructura existente y la capacidad de gestión de las organizaciones. Un sector significativo de la población, particularmente en zonas urbanas marginales/rurales/naturales, depende de pequeños proveedores como camiones cisterna, pozos privados y organizaciones comunitarias (aproximadamente 11.800). Se estima que al menos 3 millones de personas en áreas urbanas dependen de estos servicios, lo que plantea interrogantes sobre la sostenibilidad y equidad en el acceso al agua al nivel nacional (Ver figura 6).

Figura 6

Hogares en el Perú que cuentan con el servicio de agua por red pública, según área de residencia y según región natural, 2020 – 2021. (Porcentaje)



Fuente: INEI, 2021.

En el Perú, como se ha mencionado, las EPS tienen un papel protagónico en muchas de las acciones que conlleva el saneamiento y el acceso al agua potable, por tal razón la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) (2023a), realizó una evaluación sobre el desempeño de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento mediante un conjunto de indicadores agrupados en dimensiones como: el acceso y calidad del servicio, sostenibilidad financiera, gobernabilidad, sostenibilidad ambiental y gestión del riesgo.

Estos indicadores, que consideran los diferentes usos del agua (doméstico, agrícola e industrial), se integran en el Índice de Gestión de la Prestación del Servicio de Saneamiento (IGPSS), el cual permite evaluar de manera integral la gestión de los servicios de agua potable y alcantarillado, revelando que dentro de la variedad en el tamaño de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) en el Perú se evidencia la SEDAPAL, entidad encargada de la provisión de agua potable y alcantarillado para

la ciudad de Lima y el Callao. Esta prestadora cubre y gestiona el servicio para aproximadamente el 42% de los usuarios atendidos por las EPS reguladas por la SUNASS, convirtiéndola en un actor clave en el sistema nacional de saneamiento (SUNASS, 2023a).

Para fines, comparativos en cuanto a la eficiencia y calidad de los servicios de saneamiento básico en el Perú, las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) fueron estratificadas en cuatro categorías, excluyendo a Sedapal debido a su considerable escala. Esta clasificación se basó en el número de conexiones domiciliarias, resultando en los siguientes grupos (Ver Tabla 2).

Tabla 2

Clasificación de las Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) del agua potable en Perú

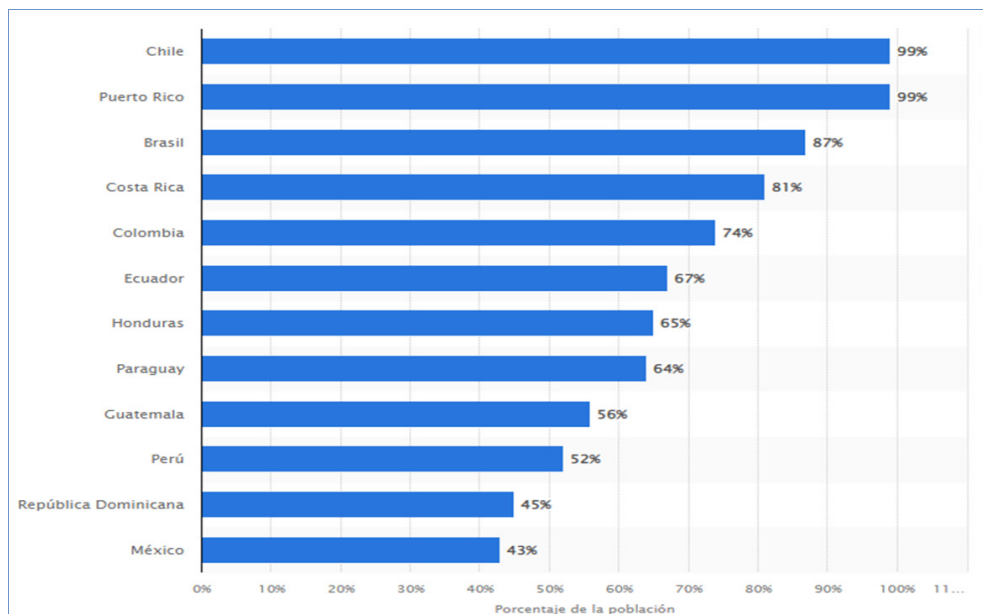
Tipo de EPS	Número de Conexiones Domiciliarias	Nombre de la EPS y %
EPS grandes 1	100.000-1.000.000 conexiones	Lo lideran: • Sedapar S. A. de Arequipa (90,90 %) • SedaCusco S. A. (82,94 %). • EPS Tacna S. A. (82,06 %).
EPS grandes 2	40.000-100.000 conexiones	• Seda Ayacucho S. A. (84,13 %) • Emapica S. A. (78,63 %) • Emapa San Martín S. A. (78,34 %).
EPS medianas	15.000-40.000 conexiones	• Liderado este grupo por: Emusap Abancay S. A. (85,38 %) • Emapisco S. A. (82,26 %) Empssapal S. A. de Sicuani (81,48 %).
EPS pequeñas	<15.000 conexiones	Se ubican en los primeros lugares: • Emusap S. A. de Chachapoyas (77,78 %) • Emapa Huancavelica S.A. (77,21 %) • Emapavigs S.A. de Nasca (70,09 %).

Fuente: SUNASS, 2023a.

Esta segmentación permite evaluar de manera más precisa el desempeño de las EPS en función de su tamaño y, por ende, de la complejidad de los sistemas de abastecimiento y alcantarillado que gestionan. Pero a pesar de todo este engranaje, los problemas que presenta a la fecha con respecto al saneamiento y acceso al agua potable, ubican a Perú como uno de los países cuya población no cuenta con acceso al agua potable gestionada de forma segura (Ver figura 7).

Figura 7

Proporción de la población con acceso a agua potable gestionada de forma segura en países seleccionados de América Latina en 2022



Fuente: <https://es.statista.com/estadisticas/1458624/poblacion-de-america-latina-con-acceso-a-agua-potable/>

2.3. Reservorios y fuentes de agua en el Perú

Perú presenta una significativa abundancia de recursos hídricos a escala continental, ocupando el octavo puesto al nivel mundial; esta distribución

hídrica se caracteriza por una marcada heterogeneidad espacial y temporal, que incluyen ríos, lagos, glaciares y acuíferos, adaptadas a las particularidades de cada región, lo que conforma reservorios y fuentes de agua para la dinámica socioeconómica y de desarrollo del país. Sin embargo, esta diversidad de agua dulce se concentra principalmente en la Amazonía y la vertiente oriental, planteando desafíos considerables para la gestión sostenible de los recursos hídricos en el país, ya que las masas de agua dulce están propensas a ser afectadas por la variabilidad climática y el aumento de la demanda hídrica por diversos sectores económicos y sociales. La buena noticia es que la disponibilidad de los recursos naturales de agua dulce representan 1,89% del total mundial, es decir, el país sudamericano se posiciona como un referente en este recurso vital (INEI, 2013; ANA, 2016) (Ver figura 8).

Figura 8

Posición de Perú en la distribución del agua en el mundo



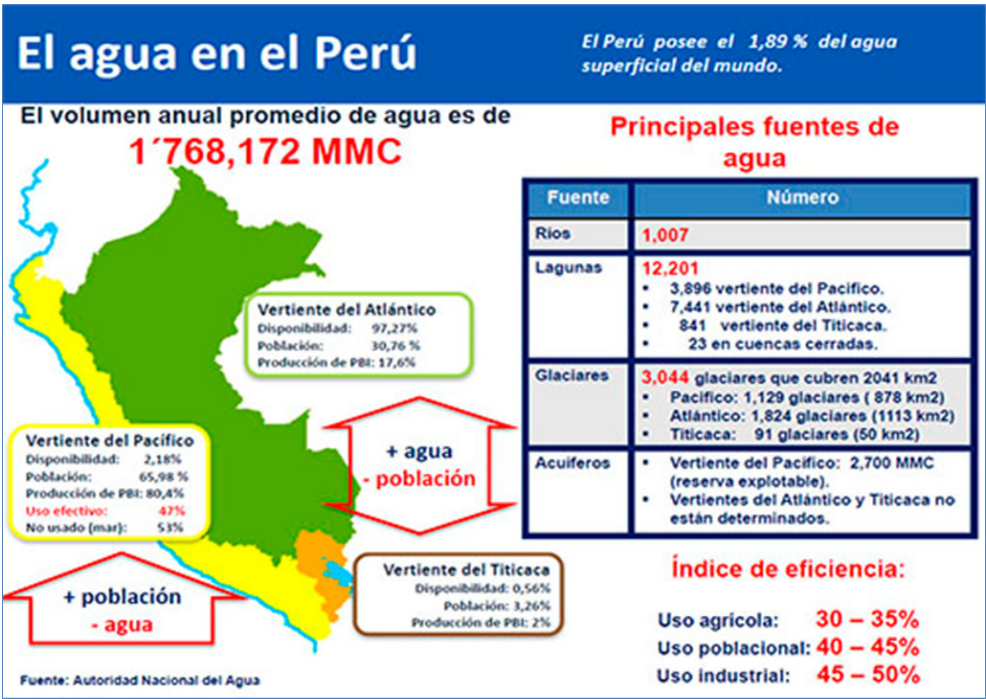
Fuentes: PNUMA (2002); FAO (2003, como se citaron en Autoridad Nacional del Agua del Gobierno del Perú (ANA), 2024).

Según INEI (2013), Cossios (2018), MINAGRI y ANA (2013) y ANA (2016), los reservorios y las fuentes de agua en el Perú, son resultados de una serie componentes que contribuyen a su abundancia hídrica, los cuales serían:

- a. La Cordillera de los Andes desempeña un papel fundamental en la regulación hídrica del Perú, actuando como una torre de agua natural. Los cuerpos de hielo presentes en la cordillera, como glaciares y nevados, funcionan como reservorios de agua dulce, alimentando de manera constante los numerosos ríos que nacen en sus laderas. Estos ríos, a su vez, conforman las cuencas hidrográficas peruanas, siendo la principal fuente de abastecimiento hídrico para la población y las actividades económicas del país.
- b. La vasta red hidrográfica de la Amazonía peruana, alimentada por las abundantes precipitaciones tropicales y densa red fluvial, establece una conexión directa con los recursos hídricos nacionales. Los ríos amazónicos, que nacen en la cordillera de los Andes y atraviesan la selva, transportan grandes volúmenes de agua que regulan los caudales de los principales ríos y alimenta los acuíferos subterráneos hasta llegar al océano Atlántico, lo que contribuye de manera sustancial al balance hídrico del país. Esta conexión hidrográfica es esencial para la sostenibilidad de los ecosistemas, la generación de energía hidroeléctrica y demás actividades humanas en Perú, que permite el desarrollo socioeconómico del país.
- c. El Lago Titicaca, el cuerpo de agua navegable lacustre de mayor altitud al nivel mundial, constituye un reservorio hídrico de suma importancia para la región andina y los sistemas fluviales del Perú. Este ecosistema acuático único alberga una biodiversidad singular y desempeña un papel fundamental en la regulación hidrológica de la cuenca, contribuyendo significativamente al balance hídrico superficial y subterráneo de Perú.

d. El Fenómeno de El Niño, caracterizado por un calentamiento anómalo de las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial, induce alteraciones significativas en los patrones de precipitación a escala global. Si bien este hecho puede desencadenar eventos extremos como inundaciones y sequías, también propicia un incremento en las precipitaciones en determinadas regiones, como la costa peruana. Este aumento hídrico contribuye a la recarga de acuíferos costeros y la regulación de los caudales de los ríos, favoreciendo la disponibilidad de agua dulce en una región tradicionalmente árida (ver figura 9)

Figura 9
El agua en Perú



Fuente: ANA (2016; 2024).

América del Sur, a pesar de poseer el mayor volumen de agua dulce al nivel mundial, presenta una marcada heterogeneidad en su distribución.

Perú, como país andino, es un claro ejemplo de esta disparidad hídrica, con tres vertientes hidrográficas, el territorio peruano dispone de aproximadamente 2×10^{12} m³ de agua anualmente. Sin embargo, debido a factores geográficos y climáticos, la vertiente del Pacífico, que alberga al 66% de la población, exhibe una disponibilidad hídrica significativamente menor, representando tan solo el 2,2% del total nacional. Esta escasez hídrica en la costa peruana se acentúa por la alta variabilidad interanual de las precipitaciones y la creciente demanda hídrica asociada al desarrollo económico y poblacional (Cossios, 2018; ANA, 2016) (Ver figura 10).

Figura 10

Perú: El paraíso del agua



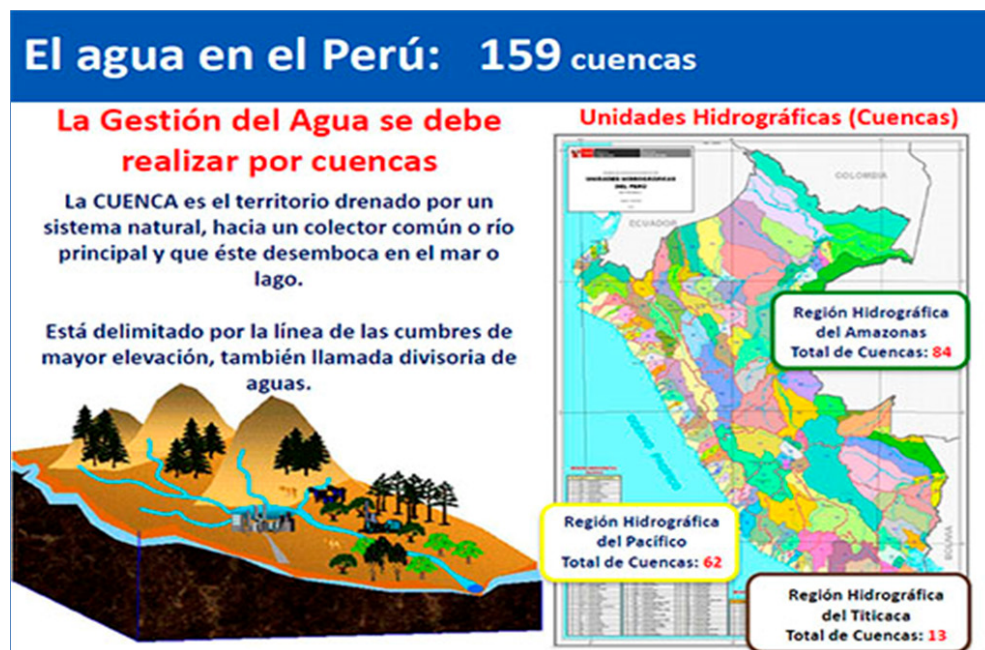
Fuente: ANA (2024).

A partir de las figuras 3 y 4, se infiere que la distribución del agua dulce en Perú exhibe una marcada heterogeneidad tanto espacial como temporal. Las regiones costeras, caracterizadas por una alta densidad poblacional y actividades económicas intensivas, experimentan una escasez hídrica crónica en contraste con la exuberancia hídrica de la Amazonía. Los glaciales tropicales andinos, reservorios naturales de agua dulce, se encuentran en un acelerado proceso de retroceso debido al cambio climático, comprometiendo la seguridad hídrica a largo plazo, especialmente en las cuencas occidentales. La creciente demanda de agua impulsada por el crecimiento demográfico, la expansión de la frontera agrícola y las actividades mineras, sumada a prácticas de gestión inadecuadas y una gobernanza débil, exacerba la vulnerabilidad de los recursos hídricos, generando conflictos por el uso del agua y poniendo en riesgo la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos en el país y en la región (MINAGRI y ANA, 2013; ANA, 2016).

Dentro de este variado sistema de fuentes y reservorios de agua dulce, es relevante manifestar que debido a la heterogeneidad fisiográfica del Perú, este cuenta con un complejo sistema hidrográfico conformado por 159 cuencas, cada una de estas unidades hidrográficas exhibe características hidrológicas, ecológicas y socioeconómicas únicas, demandando estrategias de gestión diferenciadas (Cossios, 2018; ANA, 2024) (ver figura 11).

Figura 11

Unidades Hidrográficas (Cuencas) del Perú



Fuente: ANA, 2024.

Los reservorios y fuentes de agua del Perú son de vital importancia para la economía y población, los mismos como se ha hecho mención son alimentados por las formaciones geológicas de la Cordillera de Los Andes, es decir, ríos y glaciares, los cuales actúan como una fuente constante de agua. Estos recursos hídricos tienen por todo el territorio peruano una distribución irregular muy marcadas entre la costa desértica, la sierra andina y la selva amazónica, estos se encuentran distribuidos de la siguiente manera: Al Norte: Poechos (Piura), Tinajones (Lambayeque), Gallito Ciego (La Libertad); al Centro: Sistema del Rímac (Lima); al Sur: Condoroma (Arequipa), Aguada Blanca (Arequipa), El Pañe (Arequipa), Pillones (Arequipa); El Frayle (Arequipa). Estos reservorios, así como las fuentes de agua están siendo afectados por el cambio climático la contaminación y la

creciente demanda, lo que plantea desafíos importantes para garantizar la seguridad hídrica a largo plazo y una eficiente gestión ambiental (Cossios, 2018; MINAGRI y ANA, 2013; ANA, 2016) (Ver figura 12 y Tabla 3).

La evaluación de los niveles de almacenamiento en los principales reservorios del Perú (Figura 12) revela una situación preocupante. En la región norte, se observa una reducción promedio del 60% en la capacidad de almacenamiento, mientras que en el sur este porcentaje se sitúa en torno al 44%. El Sistema Rímac, que abastece a Lima y Callao, presenta una disminución aún mayor, con una reducción del 63% en su capacidad útil. Estos déficits hídricos tienen implicaciones directas en la seguridad alimentaria, la generación hidroeléctrica y la disponibilidad de agua para uso doméstico e industrial, lo que subraya la urgencia de implementar medidas de adaptación y gestión sostenible de los recursos hídricos, pues como consecuencia de las sequías son 37 valles, 350 mil hectáreas y 120 mil metros cuadrados que están siendo afectados por el descenso de los niveles de almacenamientos de los reservorios y las fuentes de agua en el país (MINAGRI y ANA, 2013; ANA, 2016).

Figura 12
Reservorios de agua en Perú en peligro



Fuentes: SENAMIH y Minagri, 2016, como se citaron en RPP-Perú, 2017).

Tabla 3*Principales Fuentes de agua en Perú*

FUENTES	NÚMERO Y DISTRIBUCIÓN
Ríos	1.007, distribuidas en 3 grandes vertientes: Atlántico, Pacífico y la del Lago Titicaca.
Lagunas	12.201, distribuidos en: 3.896 vertientes del Pacífico. 7.441 vertientes del Atlántico. 841 vertientes del Titicaca. 23 cuencas cerradas.
Glaciares	3.044, distribuidos en: 1.129 vertientes del Pacífico. 1.824 vertientes del Atlántico. 91 vertientes del Titicaca.
Acuíferos (aguas subterráneas)	2.700 MMC de la vertiente del Pacífico. La vertiente de Atlántico y Titicaca no están determinadas

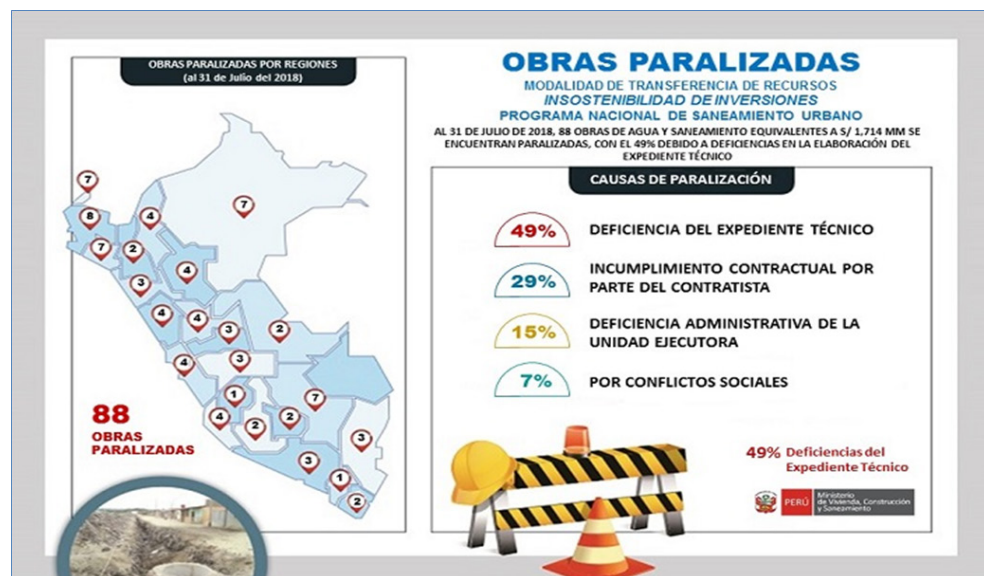
Fuente: Ministerio de Educación del Gobierno de Perú, 2021.

2.4. Inversiones para el tratamiento y distribución del agua en el Perú

En el Perú, la cobertura de servicios de agua potable aún presenta brechas significativa; según los últimos censos nacionales, más de 3 millones de habitantes carecen de acceso a una fuente de agua segura para el consumo humano, mientras que otros 7 millones de personas se abastecen de fuentes no convencionales o de sistemas de distribución con deficiencias en la calidad del agua. Esta situación compromete la salud pública y el desarrollo sostenible del país, es en este contexto que el Estado peruano, en sus tres niveles de gobierno, tiene la responsabilidad constitucional de garantizar el acceso universal y equitativo a servicios de agua potable y saneamiento básico, mediante la regulación, promoción y provisión directa o indirecta de estos servicios (Hurtado, 2023).

Por tal razón, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) del Perú asume un rol protagónico en la formulación y ejecución de políticas públicas orientadas a garantizar la seguridad hídrica y el saneamiento básico; como instrumento de planificación estratégica, los Planes Nacionales de Saneamiento (PNS) constituyen una herramienta fundamental para la gestión integral de los recursos hídricos, la promoción del desarrollo sostenible y la inversión en obras de infraestructura o rehabilitación que permitan asegurar el acceso al vital líquido y el saneamiento básico del mismo. Estos planes, elaborados cada quinquenio al inicio de un nuevo gobierno, establecen las líneas de acción y metas a alcanzar en materia de saneamiento, considerando las particularidades socioeconómicas y ambientales de cada región del país (Hurtado, 2023).

En este contexto, las políticas públicas de inversión en el sector saneamiento se han orientado hacia la optimización de la prestación de servicios. El Estado mediante la implementación de una serie de estrategias, se enfoca en el cierre de brechas infraestructurales, mediante la eficiencia y eficacia gerencial y la apertura a nuevos actores o fuentes de financiamiento, ya que a pesar de una asignación presupuestaria considerable, ascendente a 37.246, 2 millones de soles durante el periodo 2011-2021, la ejecución de estos fondos no ha sido suficiente para alcanzar los objetivos propuestos, subrayando una problemática en cuanto a la necesidad de una revisión profunda de los mecanismos de financiamiento y de la gestión de los proyectos de inversión en el sector (Ver figura 13).

Figura 13*Obras paralizadas dentro del programa de saneamiento urbano*

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021.

Para el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2021); el MINAGRI y la ANA (2024), la política de inversión en el sector hídrico peruano prioriza la mejora del acceso a servicios básicos de agua potable y saneamiento, con un enfoque en la equidad social. El objetivo es alcanzar la cobertura universal en zonas urbanas para el año 2021 y en áreas rurales para el 2030. Para lograrlo las inversiones realizadas por el Estado, las Empresas Prestadoras de Servicios (EPS) y los gobiernos regionales y locales deben integrarse a un marco de gestión integrada de recursos hídricos, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales. Los recursos financieros asignados a estas intervenciones, según el plan nuevo de saneamiento 2017-2030, se destinarán principalmente a:

- Optimización de la oferta hídrica a través de la mejora de la eficiencia en la entrega de servicios básicos como el abastecimiento de agua potable y la irrigación.

- b. Invertir en tecnologías y procesos avanzados para el tratamiento de aguas residuales, con el fin de minimizar los impactos ambientales y recuperar recursos hídricos, para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.
- c. Realizar inversiones estratégicas que equilibren la oferta y la demanda hídrica, considerando tanto las variaciones estacionales como los cambios climáticos.
- d. Financiar la provisión de bienes públicos como la protección de infraestructuras y comunidades ante eventos hidrometeorológicos extremos.
- e. Financiamiento de planes de gestión de cuencas hidrográficas, instrumentos esenciales para la planificación y gestión coordinada de los recursos hídricos a escala regional.

Estas obras de inversión hídricas como lo estima el MINAGRI y la ANA (2024), tendrán como fuente de financiamiento los siguientes mecanismos:

- a. Obras por impuestos: El mecanismo de Obras por Impuestos (OxI) constituye una modalidad de asociación pública-privada en la que una entidad privada asume la financiación y ejecución de proyectos de infraestructura pública, previamente seleccionados y declarados viables dentro del marco normativo del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). Este modelo innovador permite acelerar la ejecución de obras de interés social, al aprovechar la capacidad de gestión y financiamiento del sector privado, complementando así la inversión pública tradicional. Este tipo de mecanismo de inversión permiten a las empresas descontar hasta el 50% del Impuesto a la Renta del ejercicio anterior.
- b. Asociaciones Pública-Privadas (APP): Son contratos a largo plazo entre una entidad pública y una o varias empresas privadas, cuyo objetivo

es la provisión de bienes o servicios públicos. Estos acuerdos implican la transferencia de riesgos significativos del sector público al privado, a cambio de una remuneración vinculada al desempeño. Las APP permiten la movilización de capital privado para financiar proyectos de infraestructura, así como la introducción de nuevas tecnologías y mejores prácticas de gestión, mediante la distribución de riesgos y la definición de indicadores de desempeño, las APP buscan garantizar la calidad y eficiencia de los servicios públicos.

- c. El Fondo de Promoción a la Inversión Pública Regional y Local (FONIPREL): Es un mecanismo financiero diseñado para cofinanciar proyectos de inversión pública (PIP) y estudios de preinversión, priorizando aquellos que contribuyan a reducir las brechas en la provisión de servicios básicos, especialmente en lo relacionado con la infraestructura hídrica. El FONIPREL busca fomentar la inversión en obras de captación, tratamiento, distribución y saneamiento de agua, así como en sistemas de riego y drenaje, con el fin de mejorar la calidad de vida de las poblaciones y promover el desarrollo sostenible.
- d. Mi riego: El Gobierno peruano ha destinado un presupuesto de mil millones de soles para la implementación de proyectos de infraestructura hídrica en zonas rurales de la sierra, con el fin de mejorar la seguridad alimentaria y reducir la pobreza. Los fondos se destinarán a la construcción y rehabilitación de sistemas de riego, incluyendo canales, represas, reservorios y la instalación de sistemas de riego tecnificado (aspersión y microaspersión). Además, se apoyará la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de riego adaptadas a las condiciones locales; la ejecución de estos proyectos se realizará en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) y requerirá de la articulación entre los gobiernos nacional, regional y local.
- e. El Fondo para la Inclusión Económica en Zonas Rurales (FONIE) constituye un mecanismo financiero diseñado para reducir las brechas de infraestructura básica en los distritos rurales más vulnerables del

Perú. A través de una intervención multisectorial, el FONIE busca mejorar el acceso a servicios esenciales como agua potable, saneamiento, electrificación y conectividad, promoviendo así el desarrollo humano y la inclusión social en zonas rurales marginadas.

Según la SUNASS (2022), el Plan Nacional de Saneamiento ha establecido como meta de inversión al nivel nacional, incrementar la cobertura de tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas del 70,4% en 2020 al 79,7% en 2026, el alcance de esta meta proyecta una inversión de más de 10 millones de soles, destinados a la ampliación de cobertura y a la rehabilitación de sistemas de tratamiento existentes.

Por otro lado, en el marco del Plan Nacional de Agua y Saneamiento 2017-2030, al nivel regional y local se ha identificado la necesidad de modernizar nueve plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en las ciudades de Trujillo y Chepén. La evaluación de estas infraestructuras ha revelado deficiencias operativas que han resultado en la descarga de efluentes sin el tratamiento adecuado, generando contaminación ambiental y riesgos para la salud pública (PROINVERSION, 2023).

Las PTAR a ser intervenidas incluyen El Cortijo, Covicorti, Salaverry, Tablazo, El Milagro, Miramar, Las Delicias y Valdivia en Trujillo, así como la laguna de oxidación y las estaciones de bombeo de aguas residuales en Chepén. A través de un esquema de Asociación Pública-Privada (APP), se busca optimizar el funcionamiento de estas plantas, garantizando el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental y mejorando la calidad de vida de la población (PROINVERSION, 2023).

La ejecución de este proyecto de saneamiento para las ciudades de Trujillo y Chepén, región La Libertad, contempla una inversión estimada de S/1.200 millones y beneficiará a más de un millón de habitantes. Esta iniciativa, financiada a través de una asociación pública-privada APP, involucra la participación de diversos actores clave, entre los que se encuentran PROINVERSIÓN, el Ministerio de Vivienda, Construcción y

Saneamiento (MVCS), y la empresa prestadora de servicios de saneamiento SEDALIB S.A. Para garantizar la viabilidad financiera y técnica del proyecto, se ha contratado a un consorcio de consultoras internacionales, conformado por Airtificial Infraestructuras, Ernest & Young e IDOM Consulting Engineering Architecture, las cuales, bajo el auspicio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y en coordinación con PROINVERSIÓN, llevarán a cabo una evaluación exhaustiva de los riesgos asociados y la estructuración del modelo de negocio (PROINVERSIÓN, 2023).

2.5. Plantas de tratamiento

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) (2022) publicó un exhaustivo análisis del estado actual de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) operadas por las empresas prestadoras de servicios de saneamiento en Perú. Este diagnóstico integral evalúa aspectos clave como la infraestructura existente, la eficiencia de los procesos de tratamiento y los protocolos de operación y mantenimiento; este informe al nivel nacional contabilizó 202 PTAR, de las cuales 171 se encuentran en funcionamiento.

Según este diagnóstico de la SUNASS, el 85% de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en operación en Perú cumplen satisfactoriamente con la remoción de sólidos suspendidos y otros contaminantes de origen doméstico, contribuyendo así con la mitigación de la contaminación hídrica en cuerpos receptores como ríos, lagos y océanos. Estos resultados reflejan avances significativos en la gestión de las aguas residuales al nivel nacional y son fundamentales para proteger la salud pública y los ecosistemas acuáticos.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Perú, se pueden definir como infraestructuras diseñadas para depurar las aguas residuales provenientes de actividades domésticas (PTARD) e industriales (PTARI); son sistemas que aplican una serie de procesos físicos, químicos

y biológicos con el objetivo de eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos, sólidos en suspensión, nutrientes y microorganismos patógenos. Las PTAR en el país se enfrentan a desafíos significativos debido a la diversidad de fuentes contaminantes, la variabilidad estacional de los caudales y la limitada capacidad instalada en algunas regiones. Sin embargo, su implementación resulta crucial para la protección de los recursos hídricos, la preservación de los ecosistemas acuáticos y la mejora de la salud pública (Spenagroup, 2016).

Para el SUNASS (2022), el análisis de la operatividad de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) al nivel nacional revela una concentración significativa en cinco empresas prestadoras de servicios de saneamiento: EPS Grau (Piura) cuenta con 31 plantas, Epsel (Chiclayo) gestiona 25 plantas, Sedapal (Lima) computa en su haber 20 plantas, Agua Tumbes (Tumbes) dirige 14 plantas y Sedalib (Trujillo) igualmente 14 plantas. Conjuntamente, estas entidades gestionan el 61% del total de PTAR en operación, lo que indica una cobertura considerable en sus respectivas áreas de influencia, las inversiones de estas plantas se concentra en garantizar la calidad de las aguas vertidas a los cuerpos receptores, según Hurtado (2023); SUNASS (2023a; 2022) mediante por ejemplo, plantas que:

- a. Apliquen tecnologías de tratamiento de aguas residuales provenientes de las industrias de alimentos y bebidas con el fin de recuperar recursos valiosos (aceites, grasas y nutrientes), que busquen reducir la carga contaminante de las aguas, minimizar el consumo de agua y energía, y generar productos de valor a partir de los residuos, promoviendo así una producción más limpia y eficiente.
- b. Realicen tratamiento de aguas residuales en las industrias minera y petrolera, priorizando la prevención de la contaminación y la optimización de los procesos para maximizar la reutilización del agua; se busca minimizar el volumen y la toxicidad de las descargas, reduciendo así los costos asociados a la disposición final y garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

- c. Instalen estaciones depuradoras de aguas residuales domésticas y municipales donde se sometan las aguas residuales urbanas a procesos físicos, químicos y biológicos con el objetivo de eliminar contaminantes y devolver el agua a un cuerpo receptor o reutilizarla de forma segura, igualmente liberar de sedimentos las aguas.
- d. Mitigación de la huella hídrica y la preservación de los ecosistemas acuáticos, al someter los efluentes industriales a procesos de depuración avanzados, lográndose una reducción significativa de la carga contaminante, permitiendo la reutilización del agua tratada en diversas aplicaciones, como el riego de áreas verdes, el lavado de vehículos y ciertos procesos industriales. Esta práctica promueve la circularidad del agua, disminuye la demanda sobre los recursos hídricos convencionales y contribuye con la sostenibilidad ambiental.

Entre los años 2016 y 2020, se observó un incremento significativo en la eficiencia de los tratamientos de aguas residuales gestionados por las EPS y sus respectivas plantas de tratamiento (PTAR), pasando de un 66,40% a un 77,70%. Este aumento del 11,30% puede atribuirse, en gran medida, a la puesta en marcha de nuevas plantas de tratamiento, como las PTAR La Chira y Taboada, las cuales están bajo la potestad de la EPS SEDAPAL, que ha sido fundamental para mejorar la calidad de las aguas residuales provenientes de los distritos de Lima y Callao, ya que las mismas son plantas de tratamientos, con inversiones considerables en infraestructura, tecnologías de tratamiento más eficientes y una mayor conciencia sobre la importancia de la gestión sostenible del agua (Hurtado, 2023; SUNASS, 2022; 2023a).

En Perú, el panorama de la gestión de las PTAR, presenta una marcada asimetría, pues de las 171 PTAR en operación, el 91% se encuentra bajo la administración directa de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), lo que denota una fuerte centralización en este sector; un porcentaje menor, pero significativo (7%), es gestionado por los gobiernos municipales, reflejando una participación variable de los entes locales

en la prestación del servicio de tratamiento y agua potable. Finalmente, solo el 2% de las PTAR son operadas por entidades privadas a través de contratos de concesión o convenios, lo que indica un limitado involucramiento del sector privado en la gestión directa de estas infraestructuras, pero con planes de que esta inversión privada tenga más participación (Hurtado, 2023; SUNASS, 2022; 2023a).

Con base en esa participación y con el objetivo de garantizar la sostenibilidad ambiental y el cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales, la EPS SEDAPAL ha promovido la participación del sector privado en la gestión de las PTAR Taboada, PROVISUR y La Chira a través de contratos de concesión. Estas plantas de tratamiento, con un empleo de tecnologías avanzadas, se han vuelto importantes en la reducción de la carga contaminante de los cuerpos receptores, como la cuenca del río Rimac y en su defecto el océano Pacífico, mitigando los impactos negativos sobre los ecosistemas costeros (Hurtado, 2023; SUNASS, 2022; 2023a).

En búsqueda de mejorar la gestión de las aguas residuales, especialmente en regiones con alta concentración de actividades extractivas, la industria minera en el Perú ha concretado formar parte de este proyecto mediante la alianza entre SEDAPAR de Arequipa y la empresa minera Cerro Verde; para el manejo de la PTAR La Enlozada, la empresa minera contribuirá al desarrollo de infraestructura de saneamiento de última generación, al asumir la responsabilidad de diseñar, construir, operar y mantener la planta de tratamiento por un periodo de 29 años, con esto la minera no solo garantiza el cumplimiento de las normativas ambientales, sino que también optimiza la eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales, minimizando los impactos negativos sobre los ecosistemas acuáticos y la salud pública (SUNASS, 2022).

Las plantas de tratamiento son infraestructuras primordiales para garantizar la salud pública al minimizar la contaminación de cuerpos de agua, reducir la incidencia de enfermedades hídricas y mejorar la calidad ambiental en general, y apoyadas en dicha plantas el Plan Nacional de Saneamiento

del Perú se ha establecido como meta incrementar la cobertura de tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas del 70,4% en 2020 a un 79,7% para 2026, el alcance de este objetivo, proyecta inversiones significativas que logren ampliar, modernizar, mejorar y rehabilitar, según sea el caso, las plantas de tratamiento de aguas residuales (Hurtado, 2023; SUNASS, 2022).

2.6. Impacto en la salud del consumo del agua no tratada en la población

De acuerdo con la ONU (2021) y la Organización Mundial de la Salud (2023), en el año 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció un hito en el reconocimiento de los derechos humanos al consagrar explícitamente el derecho al agua potable y al saneamiento. Este reconocimiento implica que todas las personas tienen derecho a acceder de manera continua a volúmenes suficientes de agua de calidad adecuada, físicamente accesible y asequible para satisfacer sus necesidades personales y domésticas. Esto debido a que la carencia de acceso a agua potable y saneamiento adecuado en los hogares del mundo, sobre todo en países en desarrollo, representa una grave amenaza para la salud pública. La ingestión de agua contaminada expone a la población a una amplia gama de patógenos, lo que desencadena un ciclo de enfermedades infecciosas que afectan desproporcionadamente a los sectores más vulnerables. Estas afecciones son diversas, destacando los siguientes efectos:

- a. Repercusiones en la salud: La falta de agua potable y saneamiento inadecuado se asocia directamente con un incremento en la incidencia de enfermedades diarreicas, parasitarias y transmitidas por vectores, entre ellas el cólera, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea, que generan deshidratación, malnutrición y, en casos severos, la muerte, especialmente en niños y ancianos. Además, la presencia de criaderos de mosquitos en aguas estancadas, producto de la falta de sistemas adecuados de recolección y tratamiento de aguas residuales, así como la falta de acceso al sistema de alcantarillado favorece la proliferación de vectores como el *Aedes aegypti*, transmisor del dengue, zika y

chikungunya, que son enfermedades que causan fiebre, dolor articular, erupciones cutáneas y, en algunos casos, complicaciones neurológicas y congénitas (Carrasco, 2013; OMS, 2023).

- b. Impacto en la educación: La salud y la educación están estrechamente vinculadas. Niños y niñas que padecen enfermedades diarreicas crónicas o infecciosas presentan un mayor ausentismo escolar, lo que afecta su rendimiento académico a largo plazo. La desnutrición, consecuencia de la mala absorción de nutrientes debido a infecciones intestinales, compromete el desarrollo cognitivo y físico de los estudiantes. Igualmente la falta de agua potable en las escuelas limita las prácticas de higiene básicas, como el lavado de manos, lo que facilita la transmisión de enfermedades entre los estudiantes y la falta de instalaciones sanitarias adecuadas genera condiciones insalubres que pueden provocar infecciones urinarias y otras enfermedades en los niños en sus diferentes etapas escolares (SUNASS, 2023b).
- c. Desequilibrio en la dinámica escolar: La falta de agua potable y saneamiento adecuado en las escuelas no solo afecta la salud de los estudiantes, sino que también impacta negativamente en la dinámica escolar, ya que el ausentismo escolar genera desniveles en los aprendizajes y dificulta la concentración en clase. Además, las enfermedades infecciosas pueden propagarse rápidamente en el ambiente escolar, generando brotes epidémicos que obligan al cierre temporal de las instituciones educativas (UNESCO, 2021; SUNASS 2023b).
- d. Toxicidad: La ingesta crónica de metales pesados como plomo, cadmio y arsénico, comúnmente encontrados en aguas contaminadas por actividades mineras e industriales, puede provocar una amplia gama de problemas de salud. Estos incluyen daños neurológicos, renales y hepáticos, así como un mayor riesgo de desarrollar cáncer. La exposición a estos elementos puede afectar el desarrollo cognitivo en niños, con consecuencias a largo plazo en su rendimiento académico y calidad de vida (ONU, 2022).

- e. Impacto socioeconómico: El consumo de agua no tratada genera un ciclo vicioso de pobreza y enfermedad; al nivel individual y familiar se debe destinar una proporción significativa de los ingresos a gastos médicos, lo que limita la capacidad para invertir en educación, alimentación y otros aspectos fundamentales para su bienestar. Al nivel comunitario, la prevalencia de enfermedades relacionadas con el agua compromete la productividad laboral y reduce la capacidad de las personas para participar plenamente en la vida social y económica. Aunado a esto, la necesidad de recolectar agua en fuentes distantes, a menudo de mala calidad, impone una carga desproporcionada sobre las mujeres y niñas, quienes dedican horas diarias a esta tarea, restándoles tiempo para otras actividades como la educación y el cuidado de sus familias (UNESCO, 2021; SUNASS, 2023b).

El acceso al agua potable y saneamiento adecuado como se referenció es un derecho humano fundamental y una condición previa para alcanzar un buen estado de salud y mejorar la calidad de vida de la población. La falta de estos servicios básicos en la población tiene un impacto devastador en la salud, la educación y el desarrollo de las comunidades. Es imperativo implementar políticas públicas que garanticen el acceso universal al agua potable y saneamiento adecuado, así como fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica y promoción de la salud.

CAPÍTULO III

LOS CAMBIOS QUE VIVE EL ECOSISTEMA PRODUCTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

3.1. Proyectos de intervención al ecosistema

Perú ha sido reconocido al nivel mundial como uno de los 17 países denominados megadiversos, debido a que representa más del 70% de la biodiversidad del planeta, conformada por una gran variedad de ecosistemas y por ende de especies de fauna y flora, contribuyendo con el desarrollo sostenible tanto al nivel nacional como mundial (Gobierno del Perú, Ministerio del Ambiente, s.f.).

Un ecosistema puede definirse como un complejo dinámico de comunidades de especies animales y vegetales, así como de microorganismos, que interactúan como una unidad funcional. Los bosques tropicales y estacionalmente secos se encuentran entre los principales ecosistemas continentales del Perú, así como los llamados ecosistemas frágiles como bosques relictos, bosques de neblina, jalcas y páramos, tierras semiáridas, desiertos, montañas, humedales, bofedales, bahías, islas pequeñas, lomas costeras y lagunas alto-andinas, incluidos en la Ley 29895 (Gobierno del Perú, Ministerio del Ambiente, s.f.).

Los efectos adversos que ocasiona el cambio climático sobre el medio ambiente justifican la necesidad de tomar acciones para proteger los bosques, el agua y los recursos territoriales en general, debido a los servicios ecológicos que aportan y contribuyen con el desarrollo sostenible de la sociedad; entre estos servicios ecosistémicos se pueden mencionar el de aprovisionamiento y regulación. El primero refiere la cantidad de recursos que proporciona el bosque como es el caso de los recursos hídricos, mientras que el segundo consiste en la capacidad de aminorar los impactos negativos sobre el medio ambiente, como es la regulación del ciclo hídrico (Castañeda, 2021).

La restauración de los ecosistemas consiste en tratar de recuperar aquellos que han sido degradados o destruidos, conservando además los que todavía no han sufrido daños; se trata de disponer de ecosistemas más saludables con una gran biodiversidad, que permitan una mayor preservación del planeta y la calidad de vida, como suelos más fértiles y mejoramiento de los medios de subsistencia de las personas que dependen de ellos, mayor disponibilidad de recursos territoriales, disminución de los desastres naturales, así como mayores reservas de gases de efecto invernadero. Esta restauración no siempre es posible pero puede impulsarse de diversas maneras, entre ellas, eliminar las presiones que afectan negativamente a la naturaleza. De manera que pueden restaurarse todo tipo de ecosistemas, como tierras agrícolas, bosques, humedales, océanos y ciudades, con la puesta en marcha de diversas iniciativas de restauración por parte de los gobiernos e instituciones públicas y privadas promotoras del desarrollo, empresas, comunidades e inclusive particulares. Es importante destacar que la restauración de ecosistemas podría contribuir notablemente en el logro de los ODS en el marco de la Agenda 2030 (ONU y FAO, s.f.).

La protección de los ecosistemas y la gestión del saneamiento de los recursos hídricos revisten especial importancia en las últimas décadas, dada la problemática del cambio climático al nivel mundial. En este escenario, el Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS 6 Agua Limpia y Saneamiento, plantea que los países deben promover acciones para el

desarrollo sostenible del agua, con base en la planificación estratégica, el cambio climático y los cambios socioeconómicos al nivel global, pues aproximadamente el 40% de la población no tiene acceso al agua potable. Por otra parte, unos 1.600 millones de personas dependen de los bosques para su sustento; 2,6 mil millones obtienen su medio de vida de la agricultura; así mismo los bosques albergan el 80% de la biodiversidad del planeta. Anualmente se pierden 13 millones de hectáreas de bosques y se ha producido la desertificación de 3.600 millones de hectáreas. En este sentido, el ODS 15 Vida de Ecosistemas Terrestres propone la adopción de medidas urgentes para mitigar la degradación de los hábitats naturales y su biodiversidad y proteger a la flora y fauna en peligro de extinción, debido a los servicios ecológicos que proporcionan (Gutiérrez y Baltazar, 2024; PNUD, 2024).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) resalta que el uso del agua está vinculado con el desarrollo socioeconómico, el crecimiento demográfico y los cambios en los patrones de consumo de agua. De acuerdo con los informes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, los efectos del cambio climático han alterado los ecosistemas naturales de agua dulce, conllevando consecuencias negativas en la calidad del agua para uso humano. Así mismo, diversos informes presentados por el PNUD señalan los grandes desafíos que enfrentan los países para plantear estrategias y acciones colectivas en la gestión de recursos hídricos. En consecuencia, se requiere un esfuerzo conjunto para acelerar el saneamiento y la gestión efectiva del agua, pues en caso contrario se limita el crecimiento y desarrollo de las naciones (Gutiérrez y Baltazar, 2024).

Según Montaña (15 de octubre de 2023), la degradación de los ecosistemas ha venido avanzando de manera acelerada. De acuerdo con el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático, en el Perú se pierden [132.122 hectáreas en promedio de bosque húmedo amazónico](#) al año; en 2021 desaparecieron 6.730 hectáreas de bosque seco. Por su parte, los bosques costeros y de la sierra también han

sido afectados de manera negativa por la deforestación, el cambio de uso de los suelos, el sobrepastoreo y los incendios forestales.

Bajo este escenario, en 2021 el Estado peruano se planteó la meta de recuperar 330.000 hectáreas al 2030. No obstante, entre 2021 y 2022, Perú no logró intervenir 30.737 hectáreas de ecosistemas degradados previstas en la Estrategia Nacional de Restauración de Ecosistemas y Tierras Forestales Degradadas (ProREST), como parte de los compromisos internacionales asumidos por el Perú en el marco de la Agenda 2030 (Montaño, 15 de octubre de 2023).

Esta estrategia denominada ProREST se enmarcó dentro de los compromisos del Estado peruano en el ámbito internacional, referidos a los ODS establecidos en la Agenda 2030, las Metas Aichi del Convenio sobre Diversidad Biológica, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y la Iniciativa 20 x 20 liderada por los países de América del Sur para la restauración de 20 millones de hectáreas degradadas.

En caso de no darse un cambio en la articulación de la estrategia y no incorporar un sistema de gobernanza que incluya de manera coordinada la participación de los actores, el Estado tendrá serias dificultades para cumplir sus metas a mediano plazo, y es bastante probable que Perú arribe al 2030 sin cumplir los compromisos internacionales de restauración de ecosistemas, de acuerdo con la opinión de los expertos en la materia (Montaño, 15 de octubre de 2023).

La implementación de estrategias centradas en la conservación y restauración de ecosistemas comprende:

- Evitar la deforestación y degradación de bosques: La degradación y pérdida de bosques conlleva la reducción de servicios ambientales como la regulación hídrica, la producción de productos básicos agrícolas y alimentos, la conservación y el mantenimiento de los ecosistemas y su biodiversidad. Por tanto, las autoridades competentes deben impulsar

acciones de vigilancia y control, siendo de especial importancia las alertas tempranas de deforestación como herramienta para la toma de decisiones (Corpoboyacá, 2024).

- Restauración de áreas de vocación forestal, áreas para la conservación de recursos naturales y áreas con suelos degradados: Se convierte en eje central para el buen manejo ambiental, forestal, compensación y una estrategia de desarrollo sostenible desde una perspectiva interdisciplinaria y multidimensional (Corpoboyacá, 2024).
- Protección y conservación de la biodiversidad: Este proyecto comprende básicamente: a) Implementar acciones de conservación de flora y fauna amenazada o en peligro de extinción, mediante la formulación de planes de conservación, distribución y determinación de su estado actual o diagnóstico, educación y concientización ambiental, propagación en viveros, y otros proyectos de restauración; b) Valoración, atención y tratamiento de especies de fauna silvestre, decomisadas, rescatadas o entregadas de manera voluntaria, con el fin de lograr su reintroducción a su hábitat natural (Corpoboyacá, 2024).
- Disminución del conflicto entre el ser humano y la fauna silvestre: La estrategia debe estar centrada en el diagnóstico de la problemática y el trabajo conjunto de las oficinas territoriales de las autoridades competentes para realizar campañas de educación ambiental y el manejo adecuado de las especies tanto animales como vegetales (Corpoboyacá, 2024).
- Adquisición de predios en áreas estratégicas: En asociación con los entes territoriales, se trata de identificar áreas estratégicas para la conservación de recursos hídricos que surten agua a los acueductos municipales y veredales; comprende también la conservación y restauración de los ecosistemas en beneficio de la flora y fauna con el propósito de preservar la biodiversidad genética (Corpoboyacá, 2024).
- Manejo de especies invasoras: Implementar acciones para el control de estas especies, como por ejemplo, el caracol africano *Achatina fulica*,

mediante campañas de recolección, investigación y educación ambiental, así como el trabajo articulado de los entes involucrados, considerando que se trata de una de las especies más destructivas en regiones tropicales y subtropicales, afectando ecosistemas naturales, sistemas productivos agrícolas y comerciales (Corpoboyacá, 2024).

- Medidas de conservación en áreas protegidas declaradas: Refiere actividades en el marco de los planes de manejo adoptados para las áreas protegidas y otras acciones de conservación en sistemas estratégicos, en articulación con los entes territoriales y comunidades locales, en la búsqueda de la protección y conservación de áreas de importancia con respecto a los bienes y servicios ecosistémicos que aportan y la conexión con otras áreas para generar corredores biológicos y zonas de preservación de los ecosistemas (Corpoboyacá, 2024).

3.2. Análisis del sistema de tratamiento de los recursos hídricos en el Perú

De acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, aproximadamente el 16 % de la población en el país no cuenta con agua potable y solo el 62 % del desagüe recogido por el íntegro de entidades prestadoras de servicios de saneamiento se reutiliza en plantas de tratamiento de aguas residuales. Al nivel nacional, 88 obras de agua y saneamiento equivalentes a 1.714 millones de soles están paralizadas, debido a las deficiencias en la elaboración del expediente técnico (49 %), incumplimientos por parte de las empresas contratistas (29 %), deficiencia administrativa de la unidad ejecutora y conflictos sociales (7 %). De este modo, la gestión de recursos hídricos en el Perú es insostenible, dadas las inversiones insuficientes y excesiva carga regulatoria, deficiencias de la gestión del servicio y otras debilidades institucionales, surgiendo la interrogante acerca de cómo cerrar la brecha en calidad y cobertura del servicio agua para el 2030 (Chávez, 2019).

El derecho humano al agua y saneamiento está representado por el ODS 6 de la Agenda 2030 que persigue el logro del acceso universal y equitativo

al agua segura y un adecuado y equitativo acceso a los servicios de saneamiento e higiene de los recursos hídricos, por lo que se puede inferir que este ODS guarda una estrecha relación con otros propuestos en la Agenda, tales como: a) ODS 1. Poner fin a la pobreza; b) ODS 3. Salud; c) ODS 5. Igualdad de género y empoderamiento de la mujer; d) ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles; y e) ODS 13. Cambio climático (Chávez, 2019).

En función de estos ODS, el Perú ha venido avanzando en la elaboración de instrumentos de planificación estratégica hacia una gestión del agua para promover la seguridad hídrica en el país, entre ellos, la Política de Estado sobre Recursos Hídricos, Política N° 33 del Acuerdo Nacional del Perú, los cuales establecen el compromiso nacional de cuidar el recurso agua como Patrimonio de la Nación y adicionalmente resalta que es un derecho fundamental que la población pueda contar con el acceso al agua potable, imprescindible para la calidad de vida de los individuos y el desarrollo de las actuales y futuras generaciones. A su vez, establece que es importante implementar la gestión integrada de los recursos hídricos para lograr su uso equitativo, racional, apropiado y sostenible (Ministerio de Agricultura y Riego y Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Los problemas de gestión de recursos hídricos presentan una naturaleza multicausal, requiriendo una serie de acciones que permitan garantizar la calidad del agua y su optimización, por tanto es fundamental la planificación estratégica y el acompañamiento de los entes gubernamentales responsables de esta problemática, para garantizar un adecuado abastecimiento del agua, la calidad de vida de la población y la preservación de los ecosistemas y su biodiversidad, así como el buen desempeño de las actividades económicas (Gutiérrez y Baltazar, 2024).

En torno a la problemática del agua en el Perú, informantes de entes en gestión de recursos hídricos resaltan la importancia de construir plantas de tratamientos compactas para tratar de solucionar el problema del agua potable, pues en algunos territorios como Chosica, la población consume agua contaminada desde hace muchos años, por tanto es de suma importancia

proponer la elaboración de perfiles técnicos ante la municipalidad y el gobierno central para la construcción de plantas de tratamiento en el distrito; en el este de Lima y el centro poblado de San Antonio es de especial urgencia el pronunciamiento de las autoridades gubernamentales al nivel local y central, para lograr la gestión del presupuesto y la construcción de plantas. Así mismo, las aguas superficiales están expuestas al medio ambiente y por tanto se contaminan, aunado a la inadecuada gestión de los recursos hídricos; por ejemplo, el agua de la margen derecha del distrito Lurigancho Chosica no es apta para el consumo humano, debido a los altos niveles de contaminación tanto microbiológica como mineral, que justifica sin lugar a dudas la necesidad urgente de elaborar el perfil técnico de plantas de tratamiento de agua compactas (Gutiérrez y Baltazar, 2024).

Por otra parte, en 1997 la convención RAMSAR reconoció al Lago Titicaca como un humedal de importancia internacional, es decir, “Humedal categoría RAMSAR”, dado que es un hábitat de aves acuáticas que alberga un complejo de humedales: cinco lagos de agua dulce permanente, diez pantanos herbáceos y cuatro llanuras ribereñas. Este espejo de agua recibe efluentes de 25 ríos, principalmente el río Ramis con una extensión territorial de 14.700 km² (Medrano et al., 2020). Northcote (1989, como se citó en Medrano et al., 2020) señala que aproximadamente un tercio de las 159 familias que viven cerca de la orilla del lago Titicaca presentan pruebas positivas de infestación por parásitos intestinales, con índices entre 50 y 70%, por la contaminación de las aguas, implicando un deterioro de la salud de los pobladores de esta zona.

Con el crecimiento de las poblaciones ribereñas del lago Titicaca se ha incrementado la demanda de agua potable y la producción de aguas residuales domésticas, siendo estas últimas una de las principales fuentes de contaminación de los ecosistemas del lago, afectando con ello la calidad hídrica, por lo que las autoridades competentes han venido realizando esfuerzos para tratar de controlar la contaminación. En 2013 se creó la Comisión Multisectorial para Prevención y Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes, mediante el Decreto Supremo

N° 075- 2013-PCM, con el propósito de coordinar la ejecución de acciones para la recuperación de la calidad hídrica del lago Titicaca. En ese mismo año, la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico, Lago Titicaca, Río Desaguadero, Salar de Coipasa (ALT) creó los siguientes programas: Sistema Integral de Gestión de Aguas Residuales (SIGAR), Centro de Investigación Tecnológica para Tratamiento de Aguas Residuales (CITAR), Planta piloto Itinerante de Tratamiento de Aguas Residuales (PITAR) y el programa de Recuperación de Ecosistemas Contaminados (RECONT). En 2016, Perú y Bolivia suscribieron el Acuerdo Binacional para la preservación y recuperación de la biodiversidad del lago Titicaca, con objetivos orientados a la recuperación de los ecosistemas contaminados y el fortalecimiento de gestiones ambientales a través de programas binacionales (Medrano et al., 2020).

Pese a estos esfuerzos, persiste la problemática descrita dado que los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Región Puno, en el Perú, que se encuentran alrededor del Lago Titicaca, no operan en su total capacidad instalada y en consecuencia no permiten el tratamiento eficiente de las aguas residuales domésticas que genera la población de 1.132.378 personas, de modo que son vertidas al lago contaminando el ecosistema, afectando la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente, incluidas las especies animales y vegetales que sirven de base para la subsistencia de las poblaciones de dicho sector. Las ciudades con mayor población y que no cuentan con sistemas de tratamiento o son ineficientes son las causantes de la contaminación tanto orgánica como bacteriológica de las riberas del lago (Medrano et al., 2020).

Según el Ministerio del Ambiente de Perú– MINAM (2013, como se citó en Medrano et al., 2020), el lago Titicaca es el colector de todas las aguas provenientes de los ríos Ramis, Huancané, Coata, Ilave, Suches y solo seis sistemas de tratamiento (17%) cumplen con las normas y procedimientos de las aguas residuales, que incluyen la limpieza de los componentes y mantenimiento del sistema. Por consiguiente, es importante elaborar y ejecutar propuestas para mejorar la operatividad de las plantas de

tratamiento de aguas residuales domésticas con el propósito de mitigar la contaminación del lago Titicaca –sector Perú y sus ecosistemas (Medrano et al., 2020).

En 2019 el Estado peruano mediante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) adjudicó la Concesión del Proyecto *Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales de la Cuenca del Lago Titicaca*, por un plazo de 30 años, con el objetivo principal de lograr descontaminar los ecosistemas afectados en el lago para que se traduzcan en efectos positivos como la preservación del medio ambiente y su biodiversidad, reducción de enfermedades vinculadas y el incremento de la actividad turística en torno al lago y áreas aledañas. Este proyecto abarca la construcción de diez plantas de tratamiento de aguas residuales en los distritos de Moho, Ayaviri, Juliaca, Huancané, Puno, Juli, Ilave, Azángaro, Lampa y Yunguyo, pertenecientes a la región de Puno en el Perú (Medrano et al., 2020).

Sin embargo, los resultados obtenidos en la investigación realizada por Medrano et al. (2020) señalan que no existe suficiente presupuesto para efectuar el debido mantenimiento de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, generando un círculo vicioso en el que no es posible para los operadores cumplir con lo pautado debido a factores presupuestarios, pese a que el Estado debe garantizar la gestión sostenible del agua y el saneamiento para toda la población.

3.3. Planes de inversión hídrica

El Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú -aprobado mediante el Decreto Supremo N° 013-2015-MINAGRI- es el instrumento de planificación propuesto con dos horizontes temporales: uno al 2021 y otro al 2035. Este comprende las acciones, costos, fuentes de financiamiento, criterios de recuperación de inversiones y la información requerida para el logro de los objetivos al nivel nacional, establecidos en la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (Ministerio de Agricultura y Riego y Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Este plan estableció que al año 2021, el Perú debía invertir un mínimo de 85.196 millones de soles en acciones estructurales u obras físicas y no estructurales (capacitación, cultura del agua, desarrollo normativo, entre otros); y en el periodo comprendido entre 2022-2035 debería invertir 60.381 millones de soles, siendo el total de 145.578 millones de soles para atender las demandas de agua en este país. Estas inversiones consideradas en el Plan Nacional de Recursos Hídricos en el Perú están agrupadas en 30 programas al 2035, de acuerdo con los ejes de acción nacionales establecidos por la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. A cada uno de los cinco ejes de acción (gestión de la cantidad, gestión de la calidad, gestión de la oportunidad, gestión de la cultura de agua, y adaptación al cambio climático y eventos extremos) se asocia un conjunto de estrategias, programas y un monto de inversión (Ministerio de Agricultura y Riego y Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Así mismo, la Autoridad Nacional de Agua (ANA) en el Perú encomendó al *Green Global Growth Institute* (GGGI) -organización internacional con sede en Seúl, Corea del Sur, que promueve el denominado crecimiento verde, basado en el paradigma de un equilibrio entre el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental- una investigación intitulada *Estudio financiero para recursos hídricos en Perú*, centrada en el análisis de los instrumentos financieros y las mejores prácticas disponibles tanto al nivel global como nacional, para la promoción de la inversión pública y privada en recursos hídricos en el Perú. Igualmente, el ANA encargó a este reconocido Instituto el estudio *Priorización de inversiones para su inclusión en el Plan Nacional de Recursos Hídricos*, que presenta una lista de proyectos hídricos con prioridad y una ruta de acción para su implementación, orientados a una nueva gestión en la ejecución de inversiones hídricas en este país, en el corto y mediano plazo. Este estudio tuvo cuatro fases de trabajo: a) Revisión metodológica de estudios previos y desarrollo de una nueva metodología; b) Generación de un nuevo *ranking* de priorización de las 230 inversiones identificadas en el análisis hídrico-económico; c) Análisis de las primeras 50 inversiones priorizadas, con mayor probabilidad de ejecución en el corto y mediano plazo; y d) Formulación de una hoja de

ruta de acciones para la implementación de las primeras 20 inversiones (Ministerio de Agricultura y Riego y Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Para alcanzar el ODS 6 en el 2030 es importante realizar inversiones en infraestructura e instalaciones sanitarias, y a su vez, fomentar prácticas de higiene, mejorando el acceso y la seguridad al agua limpia y el saneamiento. Toda inversión relacionada con la gestión del agua se solventan con presupuestos públicos, que devienen de transferencias internacionales y de los ingresos (tarifas) de los usuarios del recurso agua (Gutiérrez y Baltazar, 2024; PNUD, 2024).

De acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, se viene reduciendo cada año la brecha existente en cobertura y calidad del servicio agua, mediante la cartera de inversión pública y privada, especialmente en las modalidades de alianzas estratégicas público-privadas y obras por impuestos. Sin embargo, el Estado peruano no ha tenido la capacidad suficiente para cerrar esta brecha solo con la inversión pública, por tanto ha tenido la necesidad de recurrir a la inversión privada sobre la base de un esfuerzo articulado y una agenda común, evidenciando resultados positivos más en la reducción de la brecha en agua que en saneamiento en los últimos años; y más en la zona urbana que rural. No obstante, debe dirigir sus planes y acciones hacia una nueva gestión de los recursos hídricos, con criterios de eficacia y eficiencia, desde una perspectiva sistémica y de gobernanza policéntrica (Chávez, 2019).

3.4. Programa Nacional de Distribución

Actualmente, los problemas del calentamiento global y local así como la sobreexplotación de los recursos naturales, entre los hídricos, debido a la presión demográfica, han planteado en la agenda mundial el estado crítico en términos de la disponibilidad y acceso al agua en cantidad y calidad suficientes, por tanto uno de los principales objetivos es la seguridad hídrica, que se entiende como la provisión de agua cuantitativamente y cualitativamente aceptables para el buen desarrollo del individuo y de las

actividades económicas, así como la preservación de los ecosistemas y el mantenimiento de riesgos aceptables asociados con el agua, entre ellos, enfermedades, desastres naturales (heladas, granizadas, inundaciones, deslizamientos de tierra, tormentas, sequías, incendios forestales) y otros eventos extremos (Burstein-Roda, 2018).

Al nivel mundial y en el Perú, la disponibilidad de recursos hídricos es un aspecto de gran importancia para el abastecimiento de la población y el desarrollo sostenible. La vertiente del Atlántico tiene un volumen total de 1.719.814 mm³, lo que representa el 97% del total disponible al nivel nacional. La vertiente del Pacífico aporta 38.481 mm³, que representan 2,0% del total, con la mayor parte de este volumen proveniente de aguas superficiales. Así mismo, la vertiente del Titicaca, cuenta con 9.877 mm³, equivalente al 0,5% del total disponible. Estos datos muestran la distribución y disponibilidad de recursos hídricos en las diferentes vertientes del Perú, conllevando implicaciones significativas para su uso y gestión. Por su parte, el río Rímac desempeña un papel relevante en el abastecimiento de agua a Lima y a numerosos distritos (Gutiérrez y Baltazar, 2024).

En la Ley de Recursos Hídricos del Perú (2009) se expone que el agua es un recurso natural renovable, indispensable, estratégico y vulnerable para el desarrollo sostenible y por ende la vida misma, el mantenimiento de los ecosistemas y ciclos naturales que la sustentan, representando un aspecto esencial de la seguridad de la nación. De ahí que en la Política de Estado sobre los Recursos Hídricos del Perú (2012), el Estado se compromete a cuidar del vital líquido como patrimonio de la nación y garantizar el derecho al acceso universal del agua potable y saneamiento para la población tanto urbana como rural. Con la Ley N° 30588 (2017) se incorpora el artículo 7-A a la Constitución Política del Perú, que plantea que el Estado reconoce el derecho que tiene toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable, priorizando el consumo humano sobre otros usos de este recurso natural. Este marco legal es de suma importancia en un país caracterizado por una limitada administración y gestión de los

recursos hídricos, pese a contar con una buena oferta hídrica, conllevando una escasez de agua y altos niveles de contaminación como se mencionó anteriormente (Burstein-Roda, 2018).

La costa desértica del Perú concentra el 70% de la población y cuenta con apenas 2% de disponibilidad hídrica. Lima tiene aproximadamente 10.000.000 de habitantes y es la segunda ciudad en el mundo ubicada en un desierto, después de El Cairo. En contraste, la cuenca amazónica peruana concentra el 97,4% del recurso hídrico pero con asentamientos poblacionales dispersos y de poca cuantía. Aunado a este problema de distribución demográfica, se agrega la distribución del uso del agua; el 80% de este recursos se emplea en las actividades agrarias desarrolladas principalmente en la costa, generando un problema de estrés hídrico, agravado por los cultivos de agroexportación como el arroz o el espárrago que requieren una gran cantidad de agua, conllevando escasez del agua superficial y sobreexplotación de reservas de agua subterránea, lo que conduce a la desertificación (Burstein-Roda, 2018).

Según la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES, 2016), 73,4 % de personas obtienen agua para beber y 64,2 % tienen servicios sanitarios con conexión a la red pública dentro de la vivienda; estos porcentajes mejoraron con respecto al año 2012 (71,7 % y 54,4%, respectivamente). En el 2016, 77,6 % y 61,5 % de la población residente en áreas urbanas y rurales, respectivamente, obtenía agua para beber de la red pública dentro la vivienda, mientras que 80,8% de los individuos en el área urbana y 16,2% en área rural tenían servicios sanitarios dentro de la vivienda con conexión a la red pública. Como puede deducirse, aún persisten deficiencias, especialmente en las áreas rurales y en las zonas marginales urbanas ocupadas por poblaciones con mayores niveles de vulnerabilidad, dada las condiciones derivadas de la pobreza (Burstein-Roda, 2018).

Pese a contar con un marco jurídico-político y normativo comprometido con la gestión sostenible de recursos hídricos, en el Perú aún existe una gran brecha en el abastecimiento de agua en cantidad y calidad, para

poder asegurar la cobertura de los servicios básicos, especialmente el agua, y por ende el consumo humano y desarrollo de actividades económicas así como la conservación de los ecosistemas (Burstein-Roda, 2018).

3.5. Contextualización problemática

En 2015, los Estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2030 que comprende 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS), como un llamado universal para promover acciones transformadoras con la finalidad de poner fin a la pobreza, erradicar el hambre, conservar los ecosistemas, garantizar los derechos humanos, la justicia, la equidad de género, entre otros, para mejorar la calidad de vida de las personas en el mundo, en el contexto de la problemática del cambio climático al nivel global y sus repercusiones desfavorables. Así mismo, en el Foro Económico Mundial ha sido considerada la situación de los recursos hídricos, dadas las amenazas existentes a escala global relacionadas con las sequías, ineficiencia en la gestión hídrica, e incremento de la población y la migración (Gutiérrez y Baltazar, 2024).

De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas (PNUD), el agua es un derecho de la población tanto en las zonas urbanas como rurales, que contribuye con la reducción de la pobreza, dado que las limitaciones del vital líquido tienen un impacto negativo en la calidad de vida, afectando especialmente la nutrición y la salud. La escasez de agua afecta cerca del 40% de la población mundial, debido principalmente a las sequías, desertificación, estrés hídrico e incremento de la temperatura, como efectos principales del cambio climático. Para el año 2015, 71% de la población (aproximadamente 5.200 millones de personas) tenía agua potable administrada de manera segura, mientras que 844 millones de personas carecían de acceso al agua potable; ese mismo año el 39% de la población mundial (2,9 mil millones de personas) tenía saneamiento seguro, pero cerca de 2,3 mil millones de personas no disponían de saneamiento básico y por si fuera poco 892 millones de personas defecaban al aire libre (PNUD, 2024). Al nivel mundial, se evidencia el crecimiento de la población y del consumo del

agua, aunado al uso inadecuado de este recurso, lo que afecta la calidad y distribución del agua, especialmente para el consumo humano (Gutiérrez y Baltazar, 2024).

El acceso al agua no es un derecho que asiste a todos los habitantes del Perú. El Estado peruano tiene serias limitaciones para la gestión eficiente de los recursos hídricos, afectados principalmente por la acción del hombre, el cambio climático y el efecto invernadero. De acuerdo con el Instituto Peruano de Economía (IPE), durante los últimos 12 años, el porcentaje de hogares con acceso al agua y desagüe en Lima se ha mantenido estancado en cerca del 90%, con base en la Encuesta Nacional de Hogares. En 2022 más de 1,2 millones de personas no tuvieron acceso a estos servicios en la ciudad capital del Perú. El Ministerio de Vivienda y Construcción refiere que en el Perú unos 5.000.000 de personas no cuentan con el servicio de agua potable que junto con el saneamiento no son sostenibles debido a los bajos niveles de inversión, debilidad institucional y marco legal inadecuado, falta de apoyo estatal y gestión deficiente (Luján, 2024).

Según Castañeda (2021), al nivel mundial los humedales han venido disminuyendo en gran escala tanto en extensión territorial como en calidad, debido a su baja capacidad de absorción y retención de agua, estimándose que en extensión se redujo un 71% en el siglo XX, conllevando una disminución de los servicios ecosistémicos que aportan a la sociedad, limitando el acceso al agua a la población y otros seres vivos, así como el desarrollo adecuado de las actividades económicas. Las pérdidas anuales calculadas en dólares americanos, debidas a la degradación y disminución de la oferta de servicios sistémicos de los humedales, se estima en unos 20 billones de dólares.

La situación del Perú no es ajena a esta realidad, por lo que el Ministerio del Ambiente a partir de 2015 ha propuesto una estrategia nacional de humedales desde una perspectiva multisectorial, implementada mediante planes, estrategias y políticas enfocadas en la gestión de los recursos territoriales y la prestación de los servicios ecosistémicos. Sin embargo, no se

cuenta con un inventario nacional de humedales en el Perú, pero a través de diversas iniciativas propuestas por la Autoridad Nacional del Agua se ha realizado una estimación cartográfica de la extensión territorial de los humedales en este país (Castañeda, 2021).

Según el Gobierno Regional de Cajamarca (2009, como se citó en Castañeda, 2021), este departamento posee muchas cuencas que conforman espacios de acumulación de agua en humedales, que aunado al incremento de las precipitaciones, alimentan los flujos de agua y que en menor medida se convierten en ríos. Así mismo, dispone de aguas subterráneas, ubicadas en una profundidad relativamente baja. Estos centros hidrológicos son de gran importancia socioeconómica para la región, siendo fuente de agua para las diversas actividades humanas, además de ser la base de la biodiversidad. El impacto sobre las fuentes de agua está influenciado fundamentalmente por la acción del hombre a través de actividades productivas agrícolas, ganaderas y mineras.

En el departamento de Cajamarca, en el Perú, la provincia de Cutervo abarca grandes extensiones de bosque montano nublado, entre ellas el Parque Nacional de San Andrés y el área de conservación ecológica del Cerro Ilucán situado a una altura de 3.196 msnm con una extensión de 736,25 hectáreas. Este cerro se ha visto afectado por la deforestación de las áreas de bosque, conllevando la disminución de agua en los humedales y manantiales, lo que ha perjudicado a la población que depende del uso del vital líquido para consumo doméstico o diversas actividades económicas como la agricultura y ganadería (Municipalidad Provincial de Cutervo, 2017, como se citó en Castañeda, 2021).

Por su parte, según Sánchez (2006, como se citó en Castañeda, 2021), en el cerro Ilucán –al igual que en otros ecosistemas– se encuentran especies nativas, como la Cascarilla (*Cinchona spp*), denominada comúnmente como cascarillá, una variedad en peligro de extinción que es empleada con fines medicinales contra la malaria; siendo además muy útil para reforestar manteniendo en equilibrio ecosistémico las fuentes de humedales

puesto que sus raíces sirven de filtros absorbentes, reteniendo el agua de los meses de fuertes lluvias.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, la presente investigación se desarrolló considerando la importancia de la temática ambiental y el desarrollo sostenible, de cara a los grandes desafíos en el siglo XXI, dada la afectación de los recursos territoriales en la zona objeto de estudio y su repercusión negativa en la sociedad, especialmente en la provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca, en el Perú, para analizar las implicaciones económicas, sociales y ambientales, de los centros hidrológicos, para garantizar la fuente de agua potable para el consumo de la población y la satisfacción de sus necesidades básicas, siendo el problema central del estudio la estimación del valor económico, social y ambiental, de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica, en el área de conservación ecológica del Cerro Ilucán (ciudad de Cutervo, provincia homónima, departamento de Cajamarca, en el Perú).

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL GOBIERNO DISTRITAL COMO ROL DEL DERECHO A UN AMBIENTE SANO

4.1. Aspectos metodológicos

La investigación desarrollada por Silva (2023) intitulada *Servicios ecosistémicos y conservación de la Jalca de Cajamarca, Perú*, constituye en antecedente del presente estudio; la misma planteó como objetivo general identificar y caracterizar los servicios ecosistémicos de alta prioridad que aporta la Jalca de Cajamarca en el Perú y las causas que afectan su buen funcionamiento.

Los servicios ecosistémicos -término acuñado en la literatura especializada en materia ambiental, a comienzos de la década de 1980- refieren los procesos o funciones naturales y elementos culturales de los ecosistemas que benefician al ser humano y otros seres vivos, de manera directa o indirecta (Díaz et al., 2024; Millennium Ecosystem Assessment, 2005, como se citó en Silva, 2023).

Según Llerena y Yalle (2014, como se citó en Silva, 2023), los servicios

ecosistémicos -como provisión de agua, regulación del clima, actividades turísticas, recreativas, culturales, entre otros- son el resultado del buen funcionamiento y armonía de los ecosistemas, que proporcionan bienes y servicios ambientales a la población.

La Jalca de Cajamarca en el Perú es una región natural o ecorregión propia de los Andes peruanos, que brinda diversos servicios ecosistémicos a la población. Cuenta con 300 lagunas presentes en todas las cuencas y suministra agua a las ciudades de Cajamarca y Lambayeque para diversos usos; almacena carbono en su turberas que pueden alcanzar hasta siete metros de profundidad; adicionalmente es una fuente de conocimientos, medicina tradicional y valores espirituales ancestrales (Silva, 2023).

El calentamiento global y la acción del hombre sobre el medio ambiente como la sobreexplotación de los recursos territoriales ha venido afectando el buen funcionamiento de los ecosistemas y los servicios que brinda al bienestar humano, como en el caso de la Jalca de Cajamarca en el Perú, incidiendo negativamente sobre la biodiversidad y amenazando por ende la flora y la fauna; por tanto es fundamental la intervención de las instituciones encargadas de preservar el medio ambiente para conservar los servicios ecosistémicos que ofrece (Silva, 2023).

El estudio realizado por Silva (2023) es de tipo descriptivo y exploratorio porque describe los servicios ecosistémicos en la región objeto de estudio y su problemática; se trata también de una investigación documental y se realizaron entrevistas a las personas que habitan en la zona. Con base en los resultados obtenidos, es posible afirmar que los servicios de alta prioridad que aporta la Jalca de Cajamarca son: abastecimiento de agua, plantas medicinales, regulación del clima (almacenamiento de carbono) y valores espirituales.

La Jalca almacena agua de lluvias en 300 lagunas; la cuenca de Jequetepeque posee 123 lagunas; la cuenca de Motupe (14); Chancay Lambayeque (12); la cuenca de Chicama (34); la cuenca del Alto Marañon (67) y la

Cuenca del Crisnejas (50). Estas lagunas proveen de agua a las nacientes de los ríos de cada una de las cuencas; estos ríos nacen en la parte alta de la cuenca hidrográfica y van a dar a los valles de la costa (departamentos de Lambayeque y La Libertad). Los usos del agua son principalmente para consumo humano, así como uso agropecuario y minero.

Al mismo tiempo, en la Jalca fueron identificadas 437 especies de plantas medicinales pertenecientes a 97 familias, siendo la familia *Asteraceae* la que cuenta con un mayor número de especies; 328 especies (78,88%) son consideradas silvestres, es decir, se desarrollan de manera espontánea en su hábitat sin la intervención humana (Silva, 2023).

Los suelos de la Jalca son el resultado de la descomposición de los pajonales (*Stipa ichu* y *Calamagrostis. sp*), de turbas de cobertura que pueden llegar a siete metros de longitud, estimando que pueden almacenar aproximadamente 7.103, 2 t de carbono orgánico por hectárea (Silva, 2023).

Los habitantes de este territorio, especialmente las personas mayores, siguen tradiciones y costumbres relacionadas con la espiritualidad; por ejemplo, consideran que los fenómenos naturales como la lluvia, truenos, rayos y viento, tienen algún poder místico y religioso; también tienen un acercamiento especial hacia la madre tierra y sienten un gran aprecio por algunos animales como el águila, el búho y el colibrí (Silva, 2023).

Entre las causas de la pérdida de bienestar relacionadas con los servicios ecosistémicos resaltan: La deforestación, emisión de aguas residuales a los ríos y quebradas, mal manejo de los desechos sólidos, minería a cielo abierto, sobreexplotación de los recursos territoriales y de las plantas medicinales; pérdida de los valores espirituales, etc. (Silva, 2023).

El objetivo general del presente estudio es estimar la valoración económica, social y ambiental de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica del área de conservación ecológica del Cerro Ilucán, en la ciudad de Cutervo, provincia homónima, departamento de Cajamarca, en el Perú.

La hipótesis propuesta es que la estimación económica, social y ambiental puede realizarse mediante el método de valoración contingente, con base en el modelo econométrico logit para la valoración económica de los servicios ecosistémicos relacionados con la regulación hídrica del área de conservación ecológica objeto de estudio (Castañeda, 2021).

Se trata de una investigación de tipo aplicada, dado que se caracteriza por tratar de resolver problemas prácticos a partir del marco teórico vinculado con el tema y los conocimientos generados con rigor científico, para su aplicación en la realidad o el contexto en el que se desarrolla el estudio. El nivel de investigación de este trabajo es descriptivo - correlacional. La investigación de alcance descriptivo especifica las características y propiedades del fenómeno u objeto de estudio; no existe manipulación de las variables ni la búsqueda de relaciones causa-efecto, mientras que los estudios con enfoque cuantitativo o correlacionales se utilizan para generar estadísticas y determinar relaciones entre variables mediante el uso de técnicas estadísticas, tales como análisis de regresión, pruebas de hipótesis y análisis de varianza. El enfoque cuantitativo plantea un problema de estudio específico y una hipótesis previa a la recopilación y análisis de datos. El diseño de investigación es no experimental de corte transversal y retrospectivo, por cuanto no se manipularon las variables objeto de estudio y los datos fueron recopilados en un momento determinado mediante la encuesta (Castañeda, 2021; Hadi et al., 2023).

La población refiere el conjunto de individuos o elementos con características específicas y comunes entre sí, sobre los cuáles se desea obtener un conocimiento científico para realizar generalizaciones o inferencias sobre la problemática objeto de estudio (Hadi et al., 2023). En febrero de 2019, se realizó un censo en el distrito de Cutervo, en el Perú, encontrándose una población estimada de 56.575 personas recompensadas mediante los servicios ecosistémicos de regulación hídrica, provenientes de los humedales del Cerro Ilucán, de la ciudad de Cutervo, Provincia de Cutervo, en Cajamarca, en el Perú, las cuales constituyen la población objeto de estudio en la presente investigación (Castañeda, 2021).

La muestra es un subconjunto representativo y finito de individuos o elementos con características comunes que se extrae de la población. En este estudio se realizó el muestreo probabilístico aleatorio para calcular el tamaño de la muestra y las unidades de análisis fueron seleccionadas al azar, siendo utilizada la siguiente fórmula (Bernal, 2010, como se citó en Castañeda, 2021):

$$n = \frac{NZ^2 p.q}{(n-1)E^2 + Z^2 p.q}$$

Siendo:

n=Tamaño de la muestra.

Z=Nivel de confianza (95% de confianza; Z=1,96).

P = Proporción de personas que aceptan el pago por la conservación de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica en Cutervo, departamento de Cajamarca, en el Perú; p=0,50.

Q= 1- p

E=Margen de error (E=0,025).

N=Tamaño de la población; N=56.575 personas (población estimada de la ciudad de Cutervo, capital del distrito y provincia homónimos, departamento de Cajamarca en el Perú, en 2019).

Así pues, al calcular el tamaño de la muestra se obtiene el siguiente resultado (Castañeda, 2021):

$$n = \frac{56,575 * 1.962 * 0.50 * 0.50}{(56,575 - 1) * 0.025 + 1.962 * 0.50 * 0.50}$$

n= 1.496 personas a ser encuestadas. No obstante, al momento de realizar la investigación, fueron entrevistadas 1.510 personas (Castañeda, 2021).

La técnica de recolección de datos o información es un método con rigor científico utilizada para reunir datos en función de los objetivos propuestos. La técnica empleada para la recopilación de datos en este estudio fue la encuesta, que comprende una serie de preguntas escritas aplicadas a un grupo de personas pertenecientes a la muestra de la investigación. De manera que se realizó la encuesta a personas de la ciudad de Cutervo, provincia homónima, departamento de Cajamarca, en el Perú, con la finalidad de determinar la disponibilidad de pago a asumir por cada familia por el costo de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica (Hadi et al., 2023; Castañeda, 2021).

Esta encuesta abarcó un cuestionario de 28 *ítems*, validado por tres expertos en la temática abordada. Así mismo, desde el punto de vista estadístico el instrumento fue validado mediante el coeficiente de Alfa Cronbach; el cuestionario mide el consumo de agua en forma familiar y la aceptación de esta investigación para plasmarlo en inversión pública, desde un enfoque participativo. Para realizar el levantamiento de la información se realizó una presentación breve del instrumento, siendo aplicado de manera individual, dando respuesta a las preguntas o inquietudes de los beneficiarios de la ciudad de Cutervo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca, en el Perú, contando siempre con la presencia del investigador, concediendo un tiempo de 5-10 minutos aproximadamente para responder cada uno de los *ítems* del cuestionario, solicitando la máxima fiabilidad (Castañeda, 2021).

En relación con las técnicas de procesamiento de datos, toda vez obtenida la información y datos requeridos, se elaboró una base de datos con el programa Excel y el *software* estadístico SPSS versión 22; seguidamente se realizó una valoración econométrica de probabilidad logit, mediante el modelo logit multi nominal ordenado mediante el *software* STATA. De este modo, se manifiestan las posibilidades para que un individuo de la

ciudad de Cutervo se encuentre en la predisposición de abonar para la conservación, mantenimiento y mejora ambiental de los diversos recursos ecosistémicos de regulación hídrica en el cerro Ilucán; con base en la información estadística derivada de la técnica de la encuesta fue posible estudiar la demanda de las utilidades y servicios ecosistémicos (Castañeda, 2021).

4.2. Hallazgos

Para determinar la disposición a pagar de la población de la ciudad de Cutervo para la conservación de servicios ecosistémicos de regulación hídrica, en la presente investigación se realizó la estimación econométrica por el método de valoración contingente, que se basa en preguntas directamente a la población beneficiada, partiendo del supuesto de que todos los individuos son agentes maximizadores de su utilidad, con la capacidad de establecer preferencias de consumo tomando en cuenta una restricción presupuestaria. Se realizó el análisis econométrico tomando en cuenta dos modelos: uno ampliado para logit y otro restringido probit. El primero de ellos incluye todas las variables que explican la disposición a pagar, mientras que el segundo solo aquellas variables con un nivel de confianza al 90% (Castañeda, 2021).

La mejor alternativa de selección del modelo econométrico se decidió considerando los signos esperados, la significancia, los coeficientes estimados de manera global e individual y el criterio de bondad del ajuste; por tanto se concluyó que el modelo restringido de logit muestra un alto grado de ajuste, los signos esperados y todos los coeficientes de las variables tienen significancia individual y global por encima del 90%. Así pues, el modelo econométrico seleccionado es el siguiente (Castañeda, 2021):

$$Li = \ln(1 - PPI_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{pagodap} + \beta_2 \text{genero} + \beta_3 \text{edad} + \beta_4 \text{aeduc} + \beta_5 \text{ingreso} + \beta_6 \text{nh2odia} + \beta_7 \text{preservh2o} + \beta_8 \text{infh2o}$$

$$Li = \ln(1 - P_i) = -10.14 + 0.1811\text{pagodap} + 1.693\text{genero} + 0.0238\text{edad} + 0.1187\text{aeducc} + 0.00073\text{ingreso} - 0.29475\text{nh2odia} + 5.81\text{preservh2o} + 4.2868\text{infoh2o}$$

A partir de esta ecuación se concluyó que los coeficientes estimados del modelo logit restringido tienen significancia individual, presentando el signo esperado (Castañeda, 2021).

En relación con la variable que mide el pago por el cuidado del recurso hídrico (pagodap) en el Cerro Ilucán, Cajamarca, siendo estadísticamente significativa, se concluyó que los entrevistados ven a los humedales de este cerro como una herencia natural; también se infirió que los encuestados no dimensionan bien las respuestas y no valoran la restricción presupuestaria. Con respecto a la variable género (genero), de acuerdo con este modelo, los hombres tiene una mayor disposición a pagar que las mujeres; en cuanto a la edad (edad) señala que las personas adultas están más dispuestas a pagar por los beneficios que brinda el Cerro Ilucán; en referencia a los años de educación (aeducc) se obtuvo el resultado esperado pues a más años de educación se espera una mayor conciencia ambiental; lo mismo ocurre con la variable ingresos (ingreso) que muestra una relación positiva con la variable DAP; en cuanto al número de días que cuenta con el servicio agua (nh2odias) la relación es negativa, pues a mayor suministro de agua los pobladores no sienten la necesidad de contribuir con el cuidado de este recurso hídrico; cuando los entrevistados han recibido algún tipo de información sobre los problemas ambientales vinculados con la reducción de niveles de agua en humedales del Cerro Ilucán (infoh2o) tiene una correlación positiva con la DAP y para la variable de conocimiento de la importancia de los bosques y humedales en la preservación de la calidad de agua (preservh2o) se evidencia una correlación positiva con la DAP (Castañeda, 2021).

La prueba LR χ^2 o test de razón de verosimilitud, considerando el modelo logit restringido, conllevó la contrastación de la hipótesis nula; todos los coeficientes del modelo son iguales a cero, por tanto se concluye que

(Castañeda, 2021):

$$LR = -2(\ln Lcr - \ln Lsr) LR = -2(-872.962 - -174.626) \cong 1396.67$$

Por consiguiente, es posible contrastar que todas las variables del modelo determinan el hecho que un encuestado en la ciudad de Cutervo está dispuesto a pagar por la conservación de los humedales del cerro Ilucán, en el departamento de Cajamarca, en el Perú (Castañeda, 2021).

Con respecto al conocimiento de los habitantes de la ciudad de Cutervo y el nivel de importancia que le dan a los servicios ecosistémicos aportados por el cerro Ilucán, en lo referente a la regulación hídrica, del total de personas encuestadas el 48,84% manifestó que consideran muy importante la prestación del servicio ecosistémico de regulación hídrica, seguido del 43,21% que lo considera importante, mientras que el 2,98% restante señaló que el servicio ecosistémico de regulación hídrica no es relevante (Castañeda, 2021).

Al aplicar pruebas estadísticas para comprender mejor las razones por la cual los habitantes de la ciudad de Cutervo, en el Perú, dan mayor importancia al servicio ecosistémico de regulación hídrica, se determinó que está relacionado con los años de educación que tiene cada habitante, concluyendo que el promedio de años estudiados es de 14; como máximo el número de años estudiados fue de 18 y como mínimo 0. Mediante la prueba de correlación de Pearson se determinó que existe una relación positiva entre los años de estudios alcanzados y el nivel de importancia que le dan los pobladores de esta ciudad a la prestación del servicio ecosistémico de regulación hídrica, obteniéndose como coeficiente de correlación 0,601, con un nivel significativo bilateral de 0.000, siendo menor a 0.05, lo que significa que sí existe correlación entre las variables analizadas, lo que guarda relación lógica con lo esperado, pues a mayores años de educación se espera que los individuos tengan una mayor capacidad para valorar y dar la debida importancia a los servicios ecosistémicos y los beneficios que brindan tanto al bienestar personal como colectivo (Castañeda, 2021).

4.3. Discusión de resultados

En la investigación realizada por Lope (2024) intitulada *Evaluación económica de las intervenciones en infraestructura natural: recuperación del servicio ecosistémico de la microcuenca Tres Ríos, Cajamarca-Perú*, la aplicación del análisis oferta-demanda del servicio ecosistémico control del suelo en la población de San Miguel como principal demandante, permite comprender la relación existente entre la sostenibilidad ambiental, la adecuada gestión de los recursos y el bienestar de los habitantes de la región objeto de estudio.

Este trabajo científico destaca la ausencia de proyectos de inversión específicos vinculados con el control de erosión de suelos en el Banco de Inversión del Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, lo que significa un vacío en la planificación y ejecución de inversiones en materia ambiental y ecológica. Pese a la conciencia de la importancia de la conservación del suelo y la reducción de la erosión en la sostenibilidad de los ecosistemas, la falta de iniciativas de inversión en este ámbito ha generado una brecha en la comprensión de cómo los costos referidos a la implementación de medidas de control se equilibran con los beneficios obtenidos de la reducción de la erosión y la sedimentación. De ahí se desprende la importancia de promover investigaciones interdisciplinarias para evaluar de manera más completa los servicios ecosistémicos, incluso en el marco de la carencia de proyectos de inversión tangibles; se trata de una valoración integral de los servicios sistémicos, que podría adicionar la valoración de la biodiversidad, el acceso y la mejora de la calidad del agua, la resiliencia frente a desastres naturales y eventos extremos en general, entre otros, contribuyendo así con el logro de la seguridad hídrica y alimentaria de la población (Lope, 2024).

La valoración de los servicios sistémicos puede tener un impacto positivo en la formulación de planes, estrategias y políticas, así como en la asignación de recursos, proporcionando una base sólida para justificar los proyectos de inversión y de intervención de los ecosistemas, con el propósito de conservar los suelos y de prevenir la erosión. En definitiva, se destaca

la importancia de integrar consideraciones de sostenibilidad y eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos e inversiones públicas que facilitarán la toma de decisiones informadas, priorizando la preservación de los ecosistemas, y por ende, la biodiversidad y otros servicios ecosistémicos para proporcionar un mayor bienestar a las comunidades locales y aledañas (Lope, 2024).

El objetivo general de la investigación desarrollada por Quispe (2024), intitulada *Valoración económica de los servicios ecosistémicos en alta montaña. El caso de la laguna Corina-Haquira-Cotabambas*, fue determinar el valor económico de los servicios ecosistémicos de la zona objeto de estudio. La laguna Corina constituye la única fuente de agua para el distrito Haquira; posee una amplia biodiversidad y representa un ecosistema de alta productividad que provee servicios ecosistémicos en el ámbito ecológico, hidrológico y socioeconómico. En este sentido, el diseño del estudio es descriptivo-correlacional y transversal y se utilizó el enfoque de valoración contingente, así como técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas mediante la encuesta, con la finalidad de recopilar y analizar información sobre la preferencia de servicios ecosistémicos de las familias locales. Así mismo, se utilizó el muestreo aleatorio estratificado y se aplicaron modelos econométricos para determinar la relación entre las variables del estudio. En la metodología de este trabajo es posible identificar tres fases: a) Identificación de los servicios sistémicos; b) Determinación de la disposición a pagar por este tipo de servicios; y c) La relación de estos con las características socioeconómicas de la población objeto de estudio.

Los resultados derivados de la investigación realizada por Quispe (2024) dan cuenta de la relación de la valoración de los servicios ecosistémicos con la biodiversidad, los sistemas socioeconómicos y la cosmovisión de los pobladores; esta perspectiva influye en la predisposición a pagar por los servicios ecosistémicos, dado que trasciende la esfera económica. En este estudio, la disposición a pagar osciló entre 2 y 7 soles/mes, siendo afectada también por otras variables como el ingreso monetario y los años de educación, dependiendo también de la heterogeneidad de las preferencias.

Díaz et al. (2024) desarrollaron una investigación con el objetivo de caracterizar los servicios ecosistémicos que ofrece el bosque seco de la parroquia Cazaderos, al suroccidente del Ecuador, que representa un ecosistema vulnerable amenazado por actividades productivas como el pastoreo de ganado caprino. La clasificación de los servicios sistémicos de la zona objeto de estudio se sustentó en el marco de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, identificando que el bosque seco aporta a los habitantes de la parroquia aprovisionamiento de agua dulce para consumo humano, productos forestales maderables y no maderables, con especies endémicas propias del bosque seco; como servicios de regulación se caracterizó la zona con potencial de recarga hídrica superficial y las zonas de protección riparia; entre los servicios culturales destaca la herencia cultural, sentido de pertenencia, belleza paisajística y ecoturismo. La caracterización de este ecosistema y los servicios que brinda aporta información acerca de su funcionamiento, que facilita la toma de decisiones sobre la base de la planificación del uso y gestión del suelo. Por consiguiente, es fundamental implementar diversas acciones para la protección y conservación de este ecosistema.

En el Ecuador, los bosques secos de encuentran localizados en el centro-sur de la región occidental de los Andes, correspondiente a las provincias de Esmeraldas, Manabí, Imbabura, El Oro, Loja y Guayas. Estos bosques son de importancia económica para la población rural, suministrando productos básicos agrícolas de los sectores animal y vegetal; también en este espacio geográfico destaca el uso tradicional del bosque para el pastoreo de ganado vacuno y caprino. Los bosques secos reciben menos atención y son menos estudiados en comparación con los bosques húmedos, constituyendo ecosistemas de mayor fragilidad, por lo que en las últimas décadas se evidencia la tendencia a desaparecer debido principalmente a la intervención humana, el cambio climático, la desertificación, el incremento de la densidad poblacional, las formas de apropiación de la tierra y el cambio de uso del suelo, afectando la capacidad para sustentar los servicios ecosistémicos a las generaciones futuras (Díaz et al., 2024).

A partir de los resultados obtenidos con la investigación de Díaz et al. (2024), fueron identificados en la zona nueve servicios ecosistémicos: tres de aprovisionamiento de suministro de agua dulce, dos de regulación y cuatro culturales. Los primeros se estructuraron desde la subcuenca Cazaderos (binacional entre Ecuador y Perú). En Ecuador, la subcuenca posee una superficie de 331,67 km² y de esta superficie la parroquia Cazaderos representa el 35,62 % y comprende cinco microcuencas: Gualtaco, Linderos, Manantial, Paulinos y Basal, las cuales tienen una superficie total de 65,78 km² (6.577,97 ha). Estas microcuencas presentan un caudal con un volumen promedio de 5.390.671,00 m³ anual, que permiten el suministro de agua a los 11 barrios de la parroquia.

De acuerdo con la información obtenida a partir de las entrevistas semi-estructuradas, en relación con los productos forestales no maderables, se encontraron principalmente 11 especies utilizadas por los habitantes de la parroquia Cazaderos, clasificadas en cinco categorías: medicinales, fibras, aceites esenciales, tintes y artesanías. Por ejemplo, el charán negro (*Caesalpinia glabrata*, Kunth) y la borrachera (*Ipomoea carnea* Jacq.) se emplean para tratar infecciones respiratorias y urinarias, dolores estomacales y úlceras (Díaz et al., 2024).

Con respecto a los productos forestales maderables (Díaz et al., 2024), principalmente en términos de madera y leña, el bosque seco está representado principalmente por las especies de almendro (*Geoffroea spinosa* (Jacq.), guayacán (*Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose.), barbasco (*Piscidia carthagenensis* (Jacq.), porotillo (*Erythrina smithiana* (Krukoff), *C. vitifolium*, pasallo (*Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns), guarapo (*Terminalia valver-deae* A.H. Gentry) y *C. trischistandra*, las cuales comprenden una abundancia relativa del 64,1 % con respecto al total de individuos y una dominancia del 92,39 % del área basal total (Díaz et al., 2024).

La caracterización de servicios ecosistémicos de regulación arrojó como resultado siete zonas con potencial de recarga hídrica superficial: Piedra Lisa, Agua del Medio, Chepes, Totumo, Cañaverál, Puquio y Progreso,

ubicadas en la parte alta de la microcuenca. Otro de los servicios de regulación está vinculado con las zonas de protección riparia, que cumplen diversas funciones en las microcuencas. Por ejemplo, las microcuencas Manantial y Linderos son mayormente protegidas, cumpliendo funciones referidas a: estabilidad de taludes, control de sedimentos, soporte de hábitat acuático, control de inundaciones y hábitat de vida silvestre (Díaz et al., 2024).

Con respecto a los servicios culturales relacionados con este ecosistema, los resultados obtenidos en las entrevistas dan cuenta de la herencia cultural vinculada con el sentido de pertenencia del bosque, plasmada en pinturas, coplas y canciones; también se han encontrado restos arqueológicos como vasijas de barro y otros objetos de procedencia indígena (Díaz et al., 2024).

En relación con el ecoturismo, la belleza paisajística del área objeto de estudio está representada por los recursos naturales y culturales, propiciando que la parroquia Cazaderos tenga un potencial turístico ecológico, formando parte del Área Ecológica de Conservación Municipal Los Guayacanes, caracterizada por el florecimiento de la especie *H. chrysanthus* que ocurre una vez al año al inicio de la época de lluvias, entre los meses de diciembre y enero. Así mismo, el bosque seco del sur del Ecuador fue declarado en 2014 como Reserva de la Biosfera, por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (Díaz et al., 2024).

Otros recursos turísticos a ser considerados son: El Cerro Negro – Cazaderos caracterizado por su vegetación caducifolia y la presencia de aves como el loro macareño (*Brotogeris pyrrhoptera*); el corredor ecológico ubicado entre las Reservas la Ceiba y Biosfera del Noreste de Perú, y el Río Puyango donde se ha observado del cocodrilo de Tumbes (*Crocodylus acutus*), especie en peligro de extinción. Por su parte, la gastronomía en la parroquia está representada fundamentalmente por platos típicos con base en productos locales, como el maíz y la carne de ganado caprino (Díaz, et al., 2024).

No obstante, en la parroquia Cazaderos existen presiones sobre los servicios ecosistémicos que ofrece el bosque seco, vinculadas con el pastoreo de ganado caprino en forma intensiva y desordenada, cuya carne se destina fundamentalmente para el consumo local y familiar; los excedentes son destinados a la venta y comercialización de los productos en mercados dentro de la zona (GADPC, 2019, como se citó en Díaz et al., 2024).

Considerando los resultados obtenidos, con la finalidad de preservar los recursos territoriales y servicios ecosistémicos que brinda el bosque seco, parroquia Cazaderos, en la provincia de Loja en el Ecuador, deben tomarse acciones encaminadas a la protección de este ecosistema, especialmente en las partes altas, medias y bajas de las microcuencas que hacen parte de la parroquia; se recomienda un Plan de Ordenamiento Territorial de las microcuencas con énfasis en el uso y ocupación del territorio de acuerdo con su aptitud y enfoque paisajístico (Díaz et al., 2024).

4.4. Conclusiones

Según Bovarnick et al. (2010, como se citó en Quispe, 2024) los servicios ecosistémicos -entre ellos provisión de agua, regulación hídrica y del clima, plantas medicinales, y regulación de suelos- se derivan de la biodiversidad de un determinado territorio, en su forma natural y gestionada por una región, generándose sinergias como resultado de la acción del hombre sobre los organismos vivos y el hábitat, por tanto es posible la intervención de los ecosistemas para construir y organizar espacios habitables con entornos medio-ambientales con características específicas, sin dejar de lado la diversidad cultural.

La seguridad hídrica implica el aprovechamiento de la capacidad productiva del agua y la minimización de su fuerza destructiva como consecuencia de desastres naturales y eventos extremos en general; también significa que todas las personas -incluidas las más vulnerables- tengan suficiente agua de calidad, a un precio accesible, para llevar una vida saludable y activa (Burstein-Roda, 2018).

La gestión adecuada de los recursos hídricos, especialmente para el consumo de agua potable, debe basarse en el diagnóstico actualizado sobre el estado de los mismos, con la finalidad de presentar una propuesta significativa sobre la gestión del agua y su consumo, enfocada principalmente en las poblaciones más afectadas. Al mismo tiempo, se propone la implementación de programas de capacitación en gestión hídrica, con el apoyo de las instituciones competentes. También es importante orientar estrategias relacionadas con la problemática del agua no potable, agregando la prevención y control de las enfermedades transmisibles y gastrointestinales asociadas, así como la promoción del consumo de agua potable, para garantizar el desarrollo integral de la población (Gutiérrez y Baltazar, 2024).

El Banco Mundial ha propuesto una serie de recomendaciones que representan grandes desafíos, cuyo cumplimiento permitiría impulsar el desarrollo sostenible en el Perú, apuntando al logro de los ODS: a) Adopción y consolidación de la gobernanza policéntrica de los recursos hídricos; b) Mejoramiento de las capacidades técnicas y de planificación de la Autoridad Nacional del Agua, integrando la gestión de riesgos, sistemas de información y aspectos varios del cambio climático; c) Mejorar y ampliar las aguas residuales para el abordaje de la calidad y cantidad de agua en cuencas críticas; d) Incrementar el acceso a los servicios de agua y saneamiento, desde la gestión segura incluyendo a las poblaciones en mayor estado de vulnerabilidad; e) Establecer incentivos financieros para el mejoramiento de la eficiencia, calidad del servicio y sostenibilidad de los proveedores de agua y saneamiento; f) Implementar un enfoque integral para proporcionar servicios de riego y drenaje sostenibles y eficientes; g) Fortalecer la capacidad de gestión para utilizar de manera eficaz la asignación presupuestaria para servicios de agua, saneamiento e irrigación; h) Invertir en proyectos que aporten soluciones integradas de almacenamiento de agua y mejorar la resiliencia de los sistemas hidráulicos existentes; establecer estrategias y políticas de resiliencia con base en la planificación estratégica y la gestión por resultados, de cara al futuro incierto (Luján, 2024).

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Riego y Autoridad Nacional del Agua (2016), algunas consideraciones para la implementación idónea de acciones orientadas para lograr la seguridad hídrica en el Perú son las siguientes: a) Mejorar la coordinación entre las instituciones involucradas en la materia, en todos los niveles de gobierno; b) Fortalecer a la ANA como ente rector del Sistema Nacional de Gestión de Recursos; c) Reducir los trámites burocráticos y fortalecer el Sistema Nacional de Inversión Pública con la finalidad de que los proyectos hídricos sean evaluados y aprobados con mayor rapidez; d) Promover la participación del sector privado en la ejecución de inversiones y las alianzas estratégicas entre el sector público y privado; e) Implementar indicadores para la evaluación, actualización y/o modificación oportuna de instrumentos de planificación; f) Implementar los instrumentos para la planificación hídrica, que permitirán al Perú el logro de las metas del ODS 6 “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y saneamiento para todos”, propuesto por las Organización de las Naciones Unidas en la Agenda 2030, en septiembre de 2015.

Más allá de las soluciones netamente técnicas, Luján (2024) argumenta que en el caso peruano habría que añadir otras consideraciones en torno a la problemática de los recursos hídricos: a) Transición ecológica del Estado y de la sociedad peruana; b) Adscripción de la Autoridad Nacional del Agua a la Presidencia del Consejo de Ministros; c) Reestructuración institucional incluyendo actualización de la Ley de Recursos Hídricos y por ende del Plan Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos; d) Fortalecimiento de la cooperación internacional para la transferencia de conocimientos y tecnologías; y e) Eficiencia, transparencia, investigación e innovación en la gestión integral de los recursos hídricos. Por otro lado, es de hacer notar que la crisis del agua en el Perú es compleja y multidimensional, por tanto requiere acciones desde un enfoque multidisciplinar, integral, intercultural con una perspectiva global y ecosistémica (Luján, 2024).

REFLEXIONES FINALES

En la actualidad, resulta evidente la afectación negativa a escala global de los ecosistemas y los servicios que ofrecen, debido a la acción del hombre y el desarrollo de las actividades económicas y sociales, especialmente en el escenario del cambio climático a escala global. Por consiguiente, la valoración económica, ecológica y social de los ecosistemas es de gran relevancia -a diferencia de los métodos tradicionales que priorizan la valoración económica- considerando una perspectiva interdisciplinaria y las particularidades del contexto en el que se inserta el análisis, en una época caracterizada por el acelerado daño ambiental fundamentalmente como producto del crecimiento económico y el impacto del cambio climático (Arango et al., 2023).

De acuerdo con Quispe (2024), el método de valoración contingente no refleja la complejidad de la valoración intrínseca y afectiva que los habitantes asignan a los servicios ecosistémicos, por tanto en la disposición a pagar por ellos no solo prima el aspecto económico sino los valores ancestrales y la hibridación cultural, la cosmovisión que enfatiza el respeto por la naturaleza y la relación del hombre con el medioambiente; por ende la valoración económica no puede desvincularse de la valoración espiritual y sociocultural, moldeando la percepción de calidad de vida. En efecto, se requiere un enfoque integral para la valoración de los servicios ecosistémicos, combinando métodos cuantitativos y cualitativos; se trata de un proceso dinámico que debe sustentarse en la participación activa de los miembros de la comunidad en la gestión y conservación del medio ambiente en el marco de la gobernanza policéntrica, para asegurar que la participación ciudadana sea incluida en la toma de decisiones y en las políticas y estrategias a ser asumidas en función de los objetivos propuestos.

En relación con los servicios ecosistémicos que proporciona la infraestructura natural en el Perú, se puede resaltar que los humedales andinos

filtran el agua que luego es consumida por las poblaciones costeras, mientras que los bosques de selva de montaña evitan las inundaciones y controlan la erosión del suelo. De manera que la infraestructura natural y física constituye un complemento que reduce la vulnerabilidad en beneficio de los individuos. De ahí que la brecha en infraestructura física en el Perú, así como en otros países no desarrollados, es un desafío pero al mismo tiempo una oportunidad para integrar inversiones públicas en planes y programas nacionales para el mejoramiento de la gestión ambiental y de los recursos hídricos (Lope, 2024).

Con respecto a los ecosistemas andinos, como los existentes en el Perú, Herzog et al. (2011, como se citó en Lope, 2024) señalan que uno de los factores más importantes que afectan a los ecosistemas es el uso inadecuado del suelo o cambio de uso, lo que en muchos casos, ocasiona la desertificación del territorio, generando ausencia de vida, de acuerdo con la altura, latitud y los gradientes de humedad. De este modo, los servicios hidrológicos podrían reducirse cuando los ecosistemas naturales devienen en ecosistemas devastados antropogénicamente, debido al inadecuado manejo del factor tierra y sus recursos. Lope (2024) explica que en Cajamarca, la problemática vinculada con los suelos y sus implicaciones, se centran principalmente en las acciones del ser humano sobre el medio ambiente, por tanto es de suma importancia la participación activa para la generación de condiciones más favorables en términos de garantizar la vida misma, ante el inminente deterioro de los ecosistemas y de los servicios que brindan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allmendinger, R., Jordan, T., Kay, S. y Isacks, B. (1997). The evolution of the Altiplano-Puna plateau of the Central Andes. *Annu/Rev/Earth Planet.Sci*, (25), 139–74. <https://www.researchgate.net/publication/234148990>
- Arango, J., Pacheco, C. y Vargas, L. (2023). Valoración económica de los servicios ecosistémicos: una revisión sistemática. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28(103), 948-964. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.103.3>
- Armenteras, D., González, T., Vergara, L., Luque, F., Rodríguez, N. y Bonilla, M. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas*, 25 (1). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54045357011>
- Autoridad Nacional del Agua del Gobierno del Perú (2016). Gestión de la disponibilidad de los recursos hídricos en el Perú. Foro “Agua y Minería”. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sial-sialtrujillo/archivos/public/docs/expo_foro_aguaymineria_31mar2016.pdf
- Autoridad Nacional del Agua del Gobierno del Perú (2024). *El agua en cifras*. <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>

- Badii, M., Landeros, J. y Ernesto Cerna, E. (2007). Papel de los ecosistemas en la sustentabilidad. *CULCyT//Ecología*, 4(21), 19-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7299047>
- Büdel, J. (1977). *Teoría geomorfológica: Geomorfología Climática*. Traducido de la edición alemana (Berlín, 1977) por Lenore Fischer y Detler Busche. Princeton University Press, Princeton.
- Burstein-Roda, T. (2018). Reflexiones sobre la gestión de los recursos hídricos y la salud pública en el Perú. *Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública*, 35 (2), 297-303. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3641>
- Castañeda, J. (2021). Valoración económica, social y ambiental de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica en Cutervo-Cajamarca [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9797>
- Cavieres, A., Munita, C. y Soto, F. (2020). Parques de la cordillera. En Museo Chileno de Arte Precolombino (Ed.), *La Cordillera de los Andes al Sur de América*. (pp. 94-109). Publicaciones Grupo Santander <https://museo.precolombino.cl/wp-content/uploads/2020/10/La-cordillera-de-Los-Andes.pdf>
- Chávez, R. (2019). *Agua y saneamiento: radiografía de un sector prioritario en el Perú*. https://www.cooperacionsuiza.pe/wp-content/uploads/2019/08/Agua_y_saneamiento_stakeholders.pdf
- Chong, G. y Hüdepohl, G. (2020). Columna vertebral de un continente. En Museo Chileno de Arte Precolombino (Ed.), *La Cordillera de los Andes al Sur de América*. (pp. 28-53). Publicaciones Grupo Santander <https://museo.precolombino.cl/wp-content/uploads/2020/10/>

La-cordillera-de-Los-Andes.pdf

- Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua (CODIA) (2022). Guía técnica de planificación hidrológica en el marco de la gestión integrada del recurso hídrico dirigida al ámbito iberoamericano. BLOQUE I. Marco legal e institucional en relación con la planificación hidrológica en Iberoamérica. https://codia.info/wp-content/uploads/2022/11/sesion3_bloquei-marcolei_girh_y_ph-v151.pdf
- Corpoboyacá. (2024). Implementación de estrategias para la conservación y la restauración de ecosistemas. <https://www.corpoboyaca.gov.co/proyectos/conservacion-restauracion-y-manejo-de-ecosistemas-y-biodiversidad/implementacion-de-estrategias-para-la-conservacion-y-la-re>
- Cossios, E. (2018). Informe sobre estado y tendencias de la diversidad de ecosistemas del Perú. 1er producto de la consultoría sobre Actualización del perfil de biodiversidad del país Sección VII del 6to Informe Nacional al CDB. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/321470/Estado_y_tendencias_ecosistemas.pdf
- Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, R. Halloy, S., Salgado, S., Ortiz, E y Becerra, M. (Eds.). (2012). Biodiversidad y cambio climático en los Andes Tropicales - Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación. Red Gloria-Andes, Lima-Quito. <https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/201357161125gloria.pdf>
- Díaz, M., Villamagua, G., Pacheco, E., Ochoa, D. y Quito, J. (2024). Servicios ecosistémicos del bosque seco de la parroquia Cazaderos, cantón Zapotillo, provincia de Loja, Ecuador. *Bosque*, 45(1), 195-204. <http://146.83.217.169/index.php/bosque/article/view/7480/8502>

- Elosegui, A. y Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siarpuno/archivos/public/docs/1117.pdf>
- Fundación Aquae (2021). Consumo de agua per cápita en el mundo. <https://www.fundacionaquae.org/consumo-de-agua-per-capita-en-el-mundo/#:~:text=Su%20cifra%20asciende%20a%20443.600%20millones%20de%20metros%20cúbicos%20al%20año.>
- Fundación la Nueva Cultura del Agua (2024). Sistema fluvial (Sistema fluvial). <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/glosario/25-#:~:text=Integrado%20en%20los%20ciclos%20del,enorme%20capacidad%20de%20transporte%20de>
- Gaviño, J (25 y 26 de agosto de 2011). El ecosistema fluvial. [Curso Básico de Hidráulica Fluvial]. Universidad Nacional de La Plata. https://imta.gob.mx/potamologia/images/stories/ponencias_tercer_seminario/marcelo_gavino/el_ecosistema_fluvial_parte_1_dr_marcelo_gavino.pdf
- Global Water Partnership Central American (GWPCA). (2013). Guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) a nivel municipal. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/guia-girh-a-escala-municipal.pdf
- Gobierno del Perú, Ministerio del Ambiente. (s.f.). Ecosistemas. <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/nuestras-lineas-de-intervencion/direccion-de-conservacion-sostenible-de-ecosistemas-y-especies/ecosistemas/#>
- González-Trueba, J. (2012). Carl Troll y la geografía del paisaje: vida, obra y traducción de un texto fundamental. *Boletín de la Asociación de Geógrafos*

Espanoles, (59), 173-200.

- Guardia, P. (2011). Determinación de la superficie de acoplamiento sísmico interplaca en el borde occidental del Perú [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa-Perú]. <https://repositorio.igp.gob.pe/server/api/core/bitstreams/07b0461e-4587-4a71-afa6-0ee48175e9ed/content>
- Gutiérrez, A. y Baltazar, A. (2024). Situación actual y gestión de los recursos hídricos en la región de Lima en Perú. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 8(22), 126-136. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i22.253>
- Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, C. y Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación. Guía para el proyecto de tesis*. INUDI. <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/82>
- Hurtado, R. (2023). Agua potable y saneamiento en Perú: Diagnóstico y propuestas. Resumen ejecutivo. Publicaciones de la Federación Nacional de Trabajadores del Agua Potable y Alcantarillado del Perú – FENTAP. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/20508.pdf>
- Instituto Barranqueras. (2019). Unidad II Ecosistemas. U.E.G.P 161. https://elechaco.gob.ar/pluginfile.php/1098971/mod_resource/content/1/UNIDAD%20II%20ECOSISTEMAS.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI). (2013). *Anuario de Estadísticas Ambientales 2013*. https://www.inei.gob.pe/media/Menu-Recurso/publicaciones_digitales/Est/Lib1140/cap03.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI) (2021).

Abastecimiento de agua. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1863/cap02.pdf

Lope, D. (2024). Evaluación económica de las intervenciones en infraestructura natural: recuperación del servicio ecosistémico de la microcuenca Tres Ríos, Cajamarca-Perú [Trabajo de grado, Universidad Agraria Nacional La Molina, Lima, Perú]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6476/lope-tenorio-diego-adan.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Luján, L. (22 de enero de 2024). Perú 2024: Desafíos y recomendaciones para mejorar la gestión del agua. <https://www.iagua.es/blogs/luis-lujan-cardenas/peru-2024-desafios-y-recomendaciones-mejorar-gestion-agua>

Medrano, M., Mamani, A., Muñoz, E., Díaz, R. y Medrano, E. (2020). Operatividad de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas circunlacustres al lago Titicaca-sector Perú y el marco legal en defensa de los ecosistemas. *Ciencia y Desarrollo*, 23(3), 55-68. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7643639>

Ministerio de Agricultura y Riego y Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Planificación hídrica en el Perú*. GMC Digital S.A.C. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/planificacion_hidrica_en_el_peru.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM) del Perú (2018). Mapa nacional de ecosistemas del Perú: Memoria descriptiva. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/309735/Memoria_descriptiva_mapa_Nacional_de_Ecosistemas.pdf

Ministerio del Ambiente del Gobierno del Perú (MINAM) y Tovar, A. (2018).

Definiciones conceptuales de los ecosistemas del Perú. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/definiciones_ecosistemas_peru.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú (MINAGRI) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2013). *Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú Memoria 2013*. <https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursoshidricos2013.pdf>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú (MINAGRI) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2024). Fuentes de financiamiento. ANA.GOB. PE. <https://www.ana.gob.pe/portal/gestion-del-conocimiento-girh/fuentes-de-financiamiento>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico Del Gobierno de España (MITECO) (2017). Efectos previsibles del cambio climático en los recursos hídricos y ecosistemas fluviales: Panorama global. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/01_02_cambio_climatico_pae2017_tcm30-498079.pdf

Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento (2021). Agua y Saneamiento e Inversión. https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/agua_saneamiento/inversion.html

Montaño, F. (15 de octubre de 2023). Perú incumplió sus metas de restauración de ecosistemas durante dos años seguidos. *Ojo Público*. <https://ojo-publico.com/ambiente/peru-incumplio-sus-metas-restauracion-ecosistemas-degradados>

Organización de las Naciones Unidas ONU-AGUA. Resumen actualizado de 2021 sobre los progresos en el ODS 6: Agua y saneamiento para todos.

https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021_SP.pdf

Organización de las Naciones Unidas ONU-HABITAT (2021). Comprender las dimensiones del problema del agua. https://onu-habitat.org/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-delagua?fb_comment_id=1919706488040991_2396617700349865

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2014). Cordillera de Los Andes, una oportunidad para la integración y desarrollo de América del Sur. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6c97d76f-f14d-4b86-bf91-7e20d616b19b/content>

Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación – UNESCO (2021). *EL VALOR DEL AGUA. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021*. Lucart Estudio S.A.

Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO). (2024). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024: Agua para la Prosperidad y la Paz. <https://www.unesco.org/es/articles/informe-mundial-de-las-naciones-unidas-sobre-el-desarrollo-de-los-recursos-hidricos-2024-agua-para>

Organización Mundial de la Salud (OMS) (13 de septiembre de 2023). Agua para consumo humano. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Organización de las Naciones Unidas (ONU) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). S.f. ¿En qué consiste

la restauración de los ecosistemas? <https://www.decadeonrestoration.org/es/en-que-consiste-la-restauracion-de-los-ecosistemas>

Organización para las Naciones Unidas. (2022). La salud de diez millones de peruanos está en riesgo por el envenenamiento del agua con sustancias tóxicas. <https://news.un.org/es/story/2022/12/1517512>

Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). (2014). Cambio climático 2014. Informe de síntesis. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

PRO-INVERSION (8 de febrero de 2023). *Nota de prensa*. Nueve plantas de tratamiento de aguas residuales de Trujillo y Chepén se modernizarán mediante APP. <https://www.investinperu.pe/es/pi/detail-news/nueve-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales->

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD. (2024). Los ODS en acción. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

Quispe, D. (2024). Valoración económica de los servicios ecosistémicos en alta montaña. El caso de la laguna Corina-Haquira-Cotabambas [Informe final de investigación, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú]. http://190.119.174.92/bitstream/handle/UNAM-BA/1448/T_1448.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Radio Programas del Perú (2 de Enero 2017). *Nota de prensa*. Reservorios de agua del Perú en peligro. <https://rpp.pe/peru/actualidad/reservorios-de-agua-del-peru-en-peligro-noticia-1020888?ref=rpp>

Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (Cap-Net), Global Water Partnerships and El Programa de

- las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2005). Planes de gestión integrada del recurso hídrico. Manual de capacitación y guía operacional. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/manual-plan-es-girh.pdf
- Ribalaygua, J., Santiago, J., Pórtoles, J., Monjo, R. y Solana, J. (2014). Impactos del cambio climático sobre los ecosistemas fluviales en España y definición de medidas de adaptación para su protección. Publicaciones de la Asociación Meteorológica Española (AME).
- Rivero, T., Miranda, M., Rondón, E. y Mercantete, M. (2020). Los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas y la salud. Publicaciones del Centro de Información y Gestión Tecnológica y Ambiental 26 (4). <https://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/442/4422456004/4422456004.pdf>
- Santiago-Sáez, J. (2014). Impacto del cambio climático sobre los ecosistemas fluviales. https://oa.upm.es/45002/1/INVE_MEM_2014_244855.pdf
- Silva, W. (2023). Servicios ecosistémicos y conservación de la Jalca de Cajamarca, Perú [Tesis de Maestría, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/405682/TFM.Wilsser.Silva.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Spenagroup. (2016). Plantas de tratamiento de aguas residuales. SPENAGROUP.COM. <https://spenagroup.com/plantas-tratamiento-agua-aguas-residuales/>
- Statista (2024a). Recurso hídrico: ¿Cuánta agua se consume en el mundo? <https://es.statista.com/grafico/31832/consumo-anual-de-agua-per-capita-en-paises-seleccionados-de-todo-el-mundo/>

- Statista (2024b). Proporción de la población con acceso a agua potable gestionada de forma segura en países seleccionados de América Latina en 2022. <https://es.statista.com/estadisticas/1458624/poblacion-de-america-latina-con-acceso-a-agua-potable/>
- Suárez-Umpiérrez, M. (2024). Las aguas del planeta. <https://www3.gobierno-decanarias.org/medusa/ecoblog/msuaump/sociales/tema-3-las-aguas-del-planeta/>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) (8 de junio de 2022). *Nota de prensa*. El tratamiento de aguas residuales en el Perú aumentó en 11 %, entre el 2016 y el 2020. <https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/618836-el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-peru-aumento-en-11-entre-el-2016-y-el-2020>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) (22 de junio de 2023). *Nota de prensa*. El 10 % la población peruana no tiene agua potable y 23 % no accede al alcantarillado. <https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/781301-el-10-la-poblacion-peruana-no-tiene-agua-potable-y-23-no-accede-al-alcantarillado>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) (13 de septiembre de 2023). *Nota de prensa*. SUNASS presentó ranking de desempeño de empresas prestadoras a través del benchmarking regulatorio. <https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/833448-sunass-presento-ranking-de-desempeno-de-empresas-prestadoras-a-traves-del-benchmarking-regulatorio>
- Tovar, L. (2016). *Propuesta de definiciones conceptuales y sistematización para los ecosistemas identificados en la leyenda preliminar del Mapa Nacional de Ecosistemas*. Ministerio del Ambiente del Gobierno del Perú (MINAM).

<https://condesan.org/wp-content/uploads/2019/05/Recopilacion-bibliografica-y-sistematización-de-ecosistemas-peruanos-1.pdf>

Vandenberghe, J. (2021). A tribute to Büdel (1951): The climatic zones of the ice age. *E&G Quaternary Sci. J.*, (70), 205–207. <https://doi.org/10.5194/egqsj-70-205-2021>.

Villagrán, C. (2020). Flora andina de Chile. En Museo Chileno de Arte Precolombino (Ed.), *La Cordillera de los Andes al Sur de América*. (pp. 64-93). Publicaciones Grupo Santander <https://museo.precolombino.cl/wp-content/uploads/2020/10/La-cordillera-de-Los-Andes.pdf>



EDITORIAL
NAVEGANTE