



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Desarrollo de estrategias de Gestión del Recurso Hídrico
para enfrentar la escasez y garantizar su uso eficiente en la
ciudad de Piura**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

Damián Moscol Hilbck

Asesor:
Mgtr. Ing. Eduardo Alonso Sánchez Ruiz

Piura, julio de 2025

Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Damián Moscol Hilbck, egresado del Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI: 73885615, declaro que:

Soy autor del trabajo final titulado:

“Desarrollo de estrategias de Gestión del Recurso Hídrico para enfrentar la escasez y garantizar su uso eficiente en la ciudad de Piura”

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Industrial y de Sistemas.

El texto de mi trabajo final es original y no vulnera los derechos de terceros o, de ser el caso, derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para lo cual, he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas. Asimismo, el texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico; y que la investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

En caso de detectarse el incumplimiento de lo declarado asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

La asesoría del trabajo estuvo a cargo de los siguientes docentes de la Universidad de Piura:

- Mgtr. Ing. Eduardo Alonso Sánchez Ruiz, identificado (a) con DNI: 41058382

Declaro (declaramos) que:

Luego de haber empleado el software de coincidencia Turnitin, revisado las fuentes de información señaladas por el autor, y en razón de mi (nuestra) experiencia como investigador(es), declaro (declaramos) que las ideas expuestas en el trabajo final alcanzan las condiciones de calidad, integridad y originalidad acorde a los objetivos institucionales y estándares en materia de investigación. Finalmente, no asumo (asumimos) responsabilidad por la posible vulneración de derechos de autor en el trabajo final referido, pues tal responsabilidad es exclusiva del autor.

Fecha: 01/07/2025.



Firma del autor¹



Firma del asesor¹

¹ Firma idéntica al DNI. No se admite digital, salvo certificado.

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios, fuente de sabiduría, fuerza y propósito. Su guía ha sido mi sostén en los momentos de incertidumbre y su presencia ha iluminado cada paso de este camino académico.

A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios silenciosos y su fe constante en mí. Gracias por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo, la responsabilidad e integridad.

A mis hermanos y abuelos, por su cariño, sus palabras de aliento y por estar siempre presentes, brindándome apoyo emocional y compartiendo conmigo cada logro como si fuera propio.

Y a mis queridas mascotas Ela, Palicho y Vaguita, por su compañía fiel, por estar siempre a mi lado con su compañía silenciosa. Su presencia ha sido un refugio de paz en los días más intensos de este camino.



Resumen

La presente tesis propone el desarrollo de estrategias de gestión del recurso hídrico para enfrentar la escasez y promover su uso eficiente en la ciudad de Piura, una región marcada por la variabilidad climática, la presión sobre las fuentes de agua y la limitada infraestructura hidráulica. El estudio parte de un diagnóstico contextual y teórico que aborda la disponibilidad, eficiencia, seguridad y gobernanza del recurso, considerando las dimensiones económica, social y ambiental bajo un enfoque de sostenibilidad. A través de una revisión sistemática de literatura especializada y normativa vigente, se identificaron prácticas exitosas en contextos similares, así como factores críticos que han limitado la efectividad de experiencias previas en América Latina. Con base en ello, se diseñó una propuesta estratégica estructurada en torno a siete líneas de acción: implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), fortalecimiento institucional, mecanismos económicos para la eficiencia, resiliencia climática, tecnologías sostenibles, financiamiento multiactor y educación hídrica. Los resultados obtenidos evidencian la viabilidad técnica, institucional y social de estas estrategias en el contexto piurano, respaldada por el marco legal nacional y por experiencias territoriales exitosas. Se concluye que la articulación entre innovación tecnológica, participación ciudadana y coordinación interinstitucional es clave para lograr una gestión hídrica eficiente, equitativa y sostenible, capaz de garantizar la seguridad hídrica para las generaciones presentes y futuras en Piura.

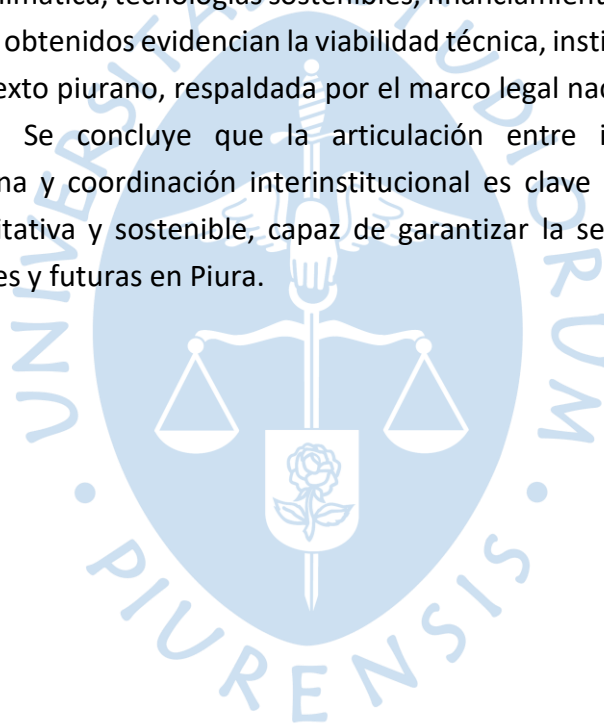
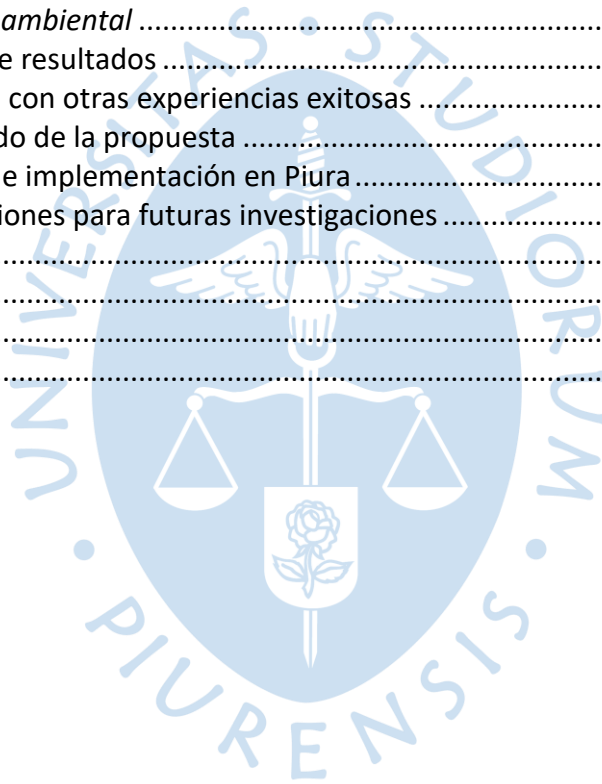


Tabla de contenido

Introducción	8
Capítulo 1 Marco contextual	9
1.1 Recurso hídrico en la naturaleza	9
1.1.1 Aguas superficiales	10
1.1.2 Aguas subterráneas	11
1.1.3 Impacto del cambio climático	11
1.2 Recurso hídrico a nivel mundial	12
1.2.1 Desafíos futuros	12
1.2.2 Impacto en la bolsa de valores	13
1.2.3 Gobernanza y conflictos por el agua	13
1.3 Recurso hídrico en el Perú	14
1.3.1 Problemática del recurso hídrico en el Perú	14
1.3.2 Ley de recursos hídricos N.º 29338	15
1.3.3 Gestión hídrica en el Perú	15
1.4 Recurso hídrico en la región Piura	16
1.4.1 Cuencas hidrográficas en la región Piura	16
1.4.2 Infraestructura en la región Piura	17
1.4.3 Problemática del recurso hídrico en la región Piura	17
Capítulo 2 Marco teórico	19
2.1 Recurso hídrico	19
2.1.1 Seguridad hídrica	20
2.1.2 Disponibilidad hídrica	20
2.1.3 Escasez del recurso hídrico	21
2.1.4 Eficiencia hídrica	21
2.1.5 Gestión del recurso hídrico (WRM, por sus siglas en inglés)	22
2.1.6 Gestión integrada del recurso hídrico (IWRM, por sus siglas en inglés)	22
2.1.7 Gobernanza del agua	22
2.1.8 Valoración económica del agua	23
2.2 Estrategia	24
2.2.1 Fundamentos teóricos de la estrategia en políticas públicas	24
2.2.2 Tecnologías para la eficiencia en el uso del agua	25
2.2.3 Factores críticos que limitaron la eficiencia en experiencias previas	26
2.2.4 Relación entre estrategia, sostenibilidad y desarrollo territorial	26
Capítulo 3 Metodología	28
3.1 Búsqueda	28
3.2 Evaluación	29
3.3 Análisis	30
3.3.1 Gestión del agua en las organizaciones de usuarios, a trece años de creada la Autoridad Nacional del Agua en Perú	31
3.3.2 Relatoría: Abastecimiento de núcleos de población con aguas subterráneas (1ª edición)	32
3.3.3 Sociotechnical Alternatives and Controversies in Extending Water and Sanitation Networks in Lima, Peru	33
3.4 Síntesis	35
3.4.1 Fase de búsqueda	35
3.4.2 Fase de evaluación	36

3.4.3	<i>Fase de análisis</i>	37
Capítulo 4 Propuesta de estrategia		41
4.1	Objetivos de la propuesta	41
4.1.1	<i>Objetivo general</i>	41
4.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	41
4.2	Componentes de la propuesta	42
4.2.1	<i>Gobernanza y fortalecimiento institucional</i>	42
4.2.2	<i>Infraestructura y tecnologías hídricas</i>	43
4.2.3	<i>Mecanismos económicos y financiamiento</i>	45
4.2.4	<i>Educación, concienciación y participación ciudadana</i>	46
4.3	Impacto esperado	47
4.3.1	<i>Impacto sobre la seguridad hídrica y disponibilidad</i>	47
4.3.2	<i>Impacto económico</i>	49
4.3.3	<i>Impacto social y de gobernanza</i>	50
4.3.4	<i>Impacto ambiental</i>	51
Capítulo 5 Discusión de resultados		55
5.1	Comparación con otras experiencias exitosas	55
5.2	Valor agregado de la propuesta	56
5.3	Factibilidad de implementación en Piura	57
5.4	Recomendaciones para futuras investigaciones	58
Conclusiones		59
Glosario		61
Lista de abreviaturas		66
Referencias		68



Lista de tablas

Tabla 1 Etapa I	28
Tabla 2 Etapa II	28
Tabla 3 Etapa III	29
Tabla 4 Etapa IV	29
Tabla 5 Fase de evaluación.....	30
Tabla 6 Consolidado de estrategias propuestas	52



Introducción

La gestión del recurso hídrico constituye uno de los desafíos más críticos del siglo XXI, especialmente en territorios donde la presión sobre las fuentes de agua se intensifica debido al crecimiento poblacional, el cambio climático y la expansión de las actividades económicas. En ese contexto, la ciudad de Piura, ubicada en la costa norte del Perú, enfrenta una combinación compleja de problemas relacionados con la escasez de agua, la contaminación de sus fuentes superficiales y subterráneas, y una infraestructura hídrica insuficiente o deteriorada. Estos factores amenazan no solo el bienestar de su población, sino también la sostenibilidad del desarrollo económico y la conservación de los ecosistemas regionales.

Diversos estudios nacionales e internacionales han advertido sobre la urgencia de transitar hacia modelos de gestión hídrica más integrales, resilientes y equitativos, que consideren tanto la dimensión técnica como institucional y social del problema. En Piura, las prácticas de gestión fragmentadas y la limitada articulación entre actores públicos, privados y comunitarios han dificultado la adopción de soluciones sostenibles y duraderas. A ello se suma la vulnerabilidad estructural frente a fenómenos climáticos extremos, como el Fenómeno El Niño, que ha generado históricamente impactos devastadores sobre la infraestructura hidráulica y la seguridad del abastecimiento.

Esta investigación tiene como propósito principal el desarrollo de una propuesta estratégica para la gestión del recurso hídrico en Piura, orientada a enfrentar la escasez y garantizar su uso eficiente. Para ello, se parte de una revisión contextual y teórica que permite comprender las características físicas, sociales e institucionales del problema, así como identificar experiencias exitosas y factores limitantes en otras regiones. La propuesta se estructura en torno a objetivos específicos alineados con principios de sostenibilidad, eficiencia hídrica, resiliencia climática y gobernanza participativa, buscando no solo resolver los déficits actuales, sino también sentar las bases para una transformación estructural del sistema hídrico regional.

El enfoque metodológico empleado se basa en una revisión sistemática de literatura científica y normativa especializada, complementada con el análisis de casos relevantes y marcos teóricos sobre la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). Los hallazgos obtenidos permiten concluir que, si bien Piura enfrenta importantes limitaciones técnicas y organizacionales, también dispone de condiciones favorables para la implementación de estrategias innovadoras y adaptadas a su realidad territorial. La tesis, por tanto, se presenta como una contribución práctica y conceptual que puede servir de referencia para tomadores de decisiones, autoridades locales, organizaciones de usuarios y demás actores comprometidos con la seguridad hídrica y el desarrollo sostenible de la región.

Capítulo 1

Marco contextual

La gestión del recurso hídrico representa uno de los mayores desafíos para el desarrollo sostenible en regiones afectadas por la escasez de agua, como es el caso de la ciudad de Piura. El contexto actual de la región evidencia una creciente presión sobre sus fuentes hídricas debido a factores como el crecimiento poblacional, la expansión agrícola, el cambio climático y la deficiente infraestructura hidráulica. Esta situación ha provocado una reducción en la disponibilidad y calidad del recurso, afectando no solo el bienestar de la población, sino también la productividad económica y el equilibrio ambiental.

Este capítulo tiene un enfoque de sostenibilidad, que en la gestión del agua exige una comprensión integral (económico, social y ambiental) de las dinámicas naturales y humanas que intervienen en el ciclo del recurso hídrico. Desde la dimensión económica, el agua es esencial para las actividades agrícolas, industriales y de servicios, sectores fundamentales para la economía regional. En el ámbito social, el acceso equitativo al agua potable constituye un derecho humano básico cuya falta impacta la salud, la educación y la calidad de vida de las poblaciones más vulnerables. Finalmente, desde la perspectiva ambiental, el uso no sostenible del recurso conlleva la degradación de ecosistemas acuáticos, pérdida de biodiversidad y alteración del equilibrio ecológico.

Este capítulo tiene como objetivo contextualizar la problemática del recurso hídrico desde su origen natural hasta su situación específica en el Perú y en la región Piura. Para ello, se abordará inicialmente la forma en que el recurso hídrico se manifiesta en la naturaleza, diferenciando las aguas superficiales y subterráneas, y analizando el impacto del cambio climático. Posteriormente, se presentará la situación del agua en el ámbito nacional, el marco legal vigente y los modelos de gestión implementados, para finalmente enfocarse en las características, problemáticas e infraestructura hídrica propias de la región piurana.

Esta contextualización permitirá establecer las bases teóricas y prácticas necesarias para proponer estrategias de gestión que respondan de manera efectiva y sostenible a la escasez hídrica, promoviendo el uso eficiente del recurso y garantizando su disponibilidad para las generaciones futuras.

1.1 Recurso hídrico en la naturaleza

El recurso hídrico forma parte esencial del ciclo natural del agua, que comprende procesos de evaporación, condensación, precipitación, infiltración y escorrentía. Este ciclo mantiene el equilibrio ecológico del planeta y asegura la disponibilidad de agua dulce para diversos usos humanos y ambientales. Según la (UN Water, 2021a), el agua dulce representa solo el 2.5% del total de agua en la Tierra, y de ese pequeño porcentaje, más del 68% se encuentra congelado, por lo que su aprovechamiento sostenible es fundamental. Este recurso

se presenta en la naturaleza en dos grandes formas: aguas superficiales y aguas subterráneas, que están interconectadas y dependen del mantenimiento de este ciclo.

Desde una perspectiva económica, el recurso hídrico es indispensable para actividades productivas como la agricultura, la ganadería, la industria y la generación de energía. El agua es considerada un insumo estratégico, y su escasez afecta directamente la productividad y la seguridad alimentaria. Según el (Grupo Banco Mundial, 2022), el crecimiento económico sostenible de las regiones en desarrollo está estrechamente ligado a la disponibilidad y eficiencia en el uso del recurso hídrico. En Piura, donde predomina una economía agrícola, el recurso agua es vital para el sustento económico regional.

A nivel social, el agua es un derecho humano reconocido por la ONU y un elemento clave para la salud pública, el bienestar y la reducción de la pobreza. La falta de acceso a fuentes seguras de agua afecta desproporcionadamente a las poblaciones más vulnerables, especialmente en zonas rurales y periurbanas. En muchas comunidades de Piura, la distribución del recurso hídrico sigue siendo limitada o intermitente, lo cual condiciona negativamente las condiciones de vida y aumenta la exposición a enfermedades hídricas (INEI, 2020).

En el plano ambiental, el agua cumple un papel estructural en el sostenimiento de ecosistemas como humedales, bosques y zonas costeras. La alteración del ciclo hidrológico por actividades humanas, como la deforestación, la urbanización y la contaminación, compromete la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. De acuerdo con (Gleick, 2018), la gestión integrada del recurso hídrico debe considerar no solo el uso humano, sino también las necesidades ecológicas para mantener los equilibrios naturales y mitigar los efectos del cambio climático.

1.1.1 Aguas superficiales

Las aguas superficiales, como ríos, lagos y lagunas, son fuentes fundamentales para el abastecimiento de agua potable, riego agrícola y uso industrial. En el caso de regiones áridas o semiáridas como Piura, estos cuerpos de agua dependen fuertemente de las precipitaciones estacionales y están sujetos a variabilidad climática. Según el (Grupo Banco Mundial, 2022), la gestión de estas fuentes requiere una infraestructura adecuada para almacenamiento y distribución eficiente, especialmente en contextos de escasez creciente.

- La sostenibilidad económica de las aguas superficiales se ve afectada por la inadecuada infraestructura y el desperdicio en su distribución. Por ejemplo, en muchos sistemas de riego abiertos se pierde hasta el 50% del agua por evaporación e infiltración, lo cual representa un costo elevado para los agricultores y limita el crecimiento productivo (MIDAGRI, 2024). Mejorar estos sistemas no solo optimiza el uso del agua, sino que también fortalece la seguridad alimentaria y el desarrollo rural.

- Desde el punto de vista social, las aguas superficiales representan una fuente vital para el consumo humano en zonas rurales y urbanas. La limitada cobertura del agua potable obliga a muchas comunidades a depender de ríos o canales contaminados, lo que incrementa los riesgos sanitarios. Según (UN Water, 2021a), cerca del 30% de las enfermedades en zonas vulnerables están asociadas al consumo de agua no tratada.
- Ambientalmente, los ecosistemas acuáticos dependen del mantenimiento de caudales ecológicos mínimos. La sobreexplotación y contaminación de ríos por aguas residuales domésticas y agrícolas amenazan la biodiversidad. Como indica el (Colegio de Economistas de Piura, 2023), la pérdida de hábitats acuáticos y la disminución del caudal base son consecuencias visibles de una gestión hídrica inadecuada.

1.1.2 Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas representan una reserva estratégica de agua dulce, especialmente en regiones como Piura, donde las precipitaciones son irregulares. Estas fuentes son explotadas mediante pozos, y su uso ha crecido significativamente debido a la escasez de aguas superficiales. No obstante, su sobreexplotación sin una adecuada regulación está provocando un descenso sostenido de los niveles freáticos (Radio Nacional, 2024a).

- Desde la perspectiva económica, las aguas subterráneas constituyen una fuente esencial para la agricultura tecnificada. Sin embargo, la extracción descontrolada incrementa los costos energéticos del bombeo y reduce la sostenibilidad del sistema. Según (AgroPerú, 2025), en Piura, el uso intensivo de estas fuentes ha provocado intrusión salina, especialmente en zonas costeras, disminuyendo el valor productivo del agua y afectando cultivos sensibles.
- Socialmente, el acceso a aguas subterráneas puede ser desigual. Mientras grandes agricultores cuentan con pozos profundos, muchas comunidades rurales dependen de fuentes superficiales contaminadas o de pozos rudimentarios que se secan con facilidad. Esta inequidad en el acceso vulnera el derecho humano al agua y amplía las brechas entre zonas urbanas y rurales (UN Water, 2021a).
- El impacto ambiental de la sobreexplotación de acuíferos incluye la subsidencia del suelo, la pérdida de humedales y la salinización. La (ANA, 2016) advierte que el equilibrio hidrogeológico está en riesgo si no se establecen límites sostenibles de extracción. Por ello, la gestión integral de estas reservas debe basarse en un monitoreo constante y en planes de recarga artificial para su preservación a largo plazo.

1.1.3 Impacto del cambio climático

El cambio climático agrava la escasez del recurso hídrico a través de la alteración de los patrones de precipitación, el aumento de la evaporación y la reducción del caudal de ríos y lagunas. En el caso de Piura, eventos extremos como sequías prolongadas o lluvias intensas (vinculadas al Fenómeno de El Niño) afectan la disponibilidad de agua y la infraestructura

existente (Zapata Ruiz, 2024). Esta variabilidad hace imprescindible una planificación hídrica flexible y adaptativa.

- Económicamente, el cambio climático representa una amenaza directa para sectores como la agricultura y la industria, altamente dependientes del agua. Según el (Grupo Banco Mundial, 2022), la pérdida de productividad agrícola asociada a la reducción del agua disponible puede generar impactos negativos en el PBI regional, agravando la pobreza rural y la inseguridad alimentaria.

- Desde una perspectiva social, los impactos del cambio climático sobre el agua afectan de manera desproporcionada a las poblaciones más vulnerables. Comunidades sin acceso a servicios básicos son las más expuestas a enfermedades transmitidas por el agua y a la inseguridad hídrica. La (UN Water, 2021a) señala que el cambio climático amplifica las desigualdades existentes, por lo que la adaptación debe priorizar a estos grupos.

- A nivel ambiental, los cambios de temperatura y precipitación alteran los ecosistemas acuáticos y terrestres. La disminución del caudal de los ríos y la pérdida de humedales comprometen la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que estos proveen. Además, el incremento de temperaturas puede afectar la calidad del agua, favoreciendo la proliferación de bacterias y algas nocivas, lo que complica aún más su uso seguro (Gleick, 2018).

1.2 Recurso hídrico a nivel mundial

El recurso hídrico es esencial para el desarrollo sostenible global, pero enfrenta presiones crecientes debido al crecimiento poblacional, el cambio climático y el uso intensivo en sectores productivos. A pesar de su carácter renovable, su distribución disímil y la gestión ineficiente generan escenarios de escasez que afectan tanto a la economía como al bienestar social y ambiental. Actualmente, más de 2.000 millones de personas carecen de acceso seguro al agua potable, y se proyecta que, para 2030, la demanda global superará en un 40% la oferta disponible (Naciones Unidas, 2025).

Este apartado examina las tendencias actuales del recurso hídrico, su impacto en los mercados financieros y los desafíos de gobernanza frente a posibles conflictos por su uso y acceso.

1.2.1 Desafíos futuros

La disponibilidad de agua dulce a nivel mundial enfrenta una creciente presión debido al aumento de la demanda y al cambio climático. Se estima que para 2050, la demanda global de agua podría incrementarse hasta en un 55%, impulsada por el crecimiento poblacional, la urbanización y la intensificación de actividades agrícolas e industriales (IDRICA, 2023). Este aumento de la demanda, combinado con la disminución de fuentes hídricas renovables, plantea desafíos significativos para la seguridad hídrica global.

Además, se proyecta que más del 40% de la población mundial vivirá en áreas con estrés hídrico para 2050 (LG SONIC, 2021). El estrés hídrico, definido como la relación entre la demanda y la disponibilidad de agua, afectará especialmente a regiones como el norte de África, Medio Oriente y partes de Asia y América Latina. Este fenómeno no solo compromete el acceso al agua potable, sino que también tiene implicaciones para la salud pública, la producción de alimentos y la estabilidad económica.

En respuesta a estos desafíos, se están adoptando tecnologías innovadoras para mejorar la eficiencia en el uso del agua. Entre ellas se incluyen la desalinización, la reutilización de aguas residuales y la implementación de sistemas inteligentes de gestión hídrica. Estas soluciones tecnológicas, junto con políticas de conservación y gestión integrada de recursos hídricos, son esenciales para garantizar la sostenibilidad del recurso en el futuro (IDRICA, 2023).

1.2.2 Impacto en la bolsa de valores

La creciente escasez de agua ha llevado a su consideración como un recurso económico, reflejándose en los mercados financieros. En diciembre de 2020, el agua comenzó a cotizar en el mercado de futuros de Wall Street a través del índice Nasdaq Veles California Water Index, permitiendo a los inversores apostar por el precio futuro del agua en California (Ángeles Fernández & Marcos, 2020). Esta medida ha generado debates sobre la mercantilización de un recurso esencial para la vida.

La cotización del agua en los mercados financieros refleja la creciente preocupación por su disponibilidad y gestión. El Foro Económico Mundial ha identificado la crisis del agua como uno de los principales riesgos globales, destacando su impacto en la estabilidad económica y social (Foro Económico Mundial, 2022). Las empresas y gobiernos están cada vez más atentos a la gestión eficiente del agua como un factor clave para la sostenibilidad y la resiliencia económica.

Sin embargo, la inclusión del agua en los mercados financieros también plantea riesgos, como la especulación y la posible exclusión de comunidades vulnerables del acceso al recurso. Es fundamental establecer marcos regulatorios que equilibren la eficiencia económica con la equidad social y la sostenibilidad ambiental, garantizando que el agua siga siendo un derecho humano y no solo una mercancía (Foro Económico Mundial, 2022).

1.2.3 Gobernanza y conflictos por el agua

La gobernanza del agua a nivel mundial enfrenta desafíos significativos debido a la creciente demanda y la distribución no equitativa del recurso. Más de 260 cuencas fluviales y lagos son compartidos por dos o más países, lo que requiere mecanismos de cooperación y gestión conjunta para evitar conflictos (Grupo Banco Mundial, 2025). La falta de acuerdos efectivos puede llevar a disputas por el acceso y uso del agua, especialmente en regiones con escasez.

El cambio climático exacerba estos desafíos, al alterar los patrones de precipitación y reducir la disponibilidad de agua en muchas regiones. Esto ha llevado a un aumento en los conflictos relacionados con el agua, tanto a nivel local como internacional. Por ejemplo, en Asia y África se han registrado numerosos enfrentamientos por el control de fuentes hídricas, afectando la estabilidad y el desarrollo de las comunidades involucradas (Grupo Banco Mundial, 2025).

Para abordar estos problemas, es esencial fortalecer la gobernanza del agua mediante la implementación de marcos legales y políticas inclusivas que promuevan la cooperación y la gestión sostenible del recurso. La participación de todas las partes interesadas, incluidos gobiernos, comunidades locales y organizaciones internacionales es clave para garantizar una distribución equitativa y el uso responsable del agua, evitando así conflictos y promoviendo la paz y el desarrollo sostenible (Grupo Banco Mundial, 2025).

1.3 Recurso hídrico en el Perú

Perú es un país con una notable diversidad geográfica y climática, lo que le confiere una considerable disponibilidad de recursos hídricos. Sin embargo, la distribución de estos recursos presenta un marcado desequilibrio: mientras que la vertiente amazónica alberga el 97.7% del agua dulce del país, la costa, donde se concentra la mayor parte de la población y la actividad económica, cuenta con apenas el 1.8% de este recurso (UNOPS, 2022). Esta disparidad, sumada a factores como el cambio climático y la gestión inadecuada, ha generado una creciente presión sobre las fuentes hídricas, especialmente en las zonas urbanas y agrícolas de la costa.

1.3.1 Problemática del recurso hídrico en el Perú

La escasez de agua en Perú es una problemática compleja que afecta tanto a zonas urbanas como rurales. Según el INEI, más de 3.5 millones de peruanos carecen de acceso a agua potable segura, y más de 8 millones no cuentan con sistemas de saneamiento adecuados (INTE PUCP, 2024). Esta situación se agrava en regiones como Piura, donde eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, han comprometido la disponibilidad y calidad del agua (EL PAÍS, 2024).

El cambio climático ha intensificado estos desafíos, provocando alteraciones en los patrones de precipitación y reduciendo la disponibilidad de agua en muchas regiones. Por ejemplo, en 2023, más de 20 zonas de la ciudad de Piura sufrieron cortes prolongados en el suministro de agua potable durante dos semanas, afectando a miles de habitantes (Arteaga, 2023). Además, la contaminación de fuentes hídricas por actividades industriales y agrícolas sin un adecuado tratamiento de aguas residuales ha deteriorado la calidad del agua en diversas cuencas del país.

La gestión ineficiente y la falta de infraestructura adecuada también contribuyen a la problemática. Muchas comunidades dependen de sistemas de abastecimiento obsoletos o

informales, lo que limita el acceso continuo y seguro al agua. Asimismo, la falta de coordinación entre las instituciones responsables de la gestión hídrica dificulta la implementación de soluciones integrales y sostenibles (INTE PUCP, 2024).

1.3.2 Ley de recursos hídricos N.º 29338

La Ley de Recursos Hídricos N.º 29338, promulgada en 2009, constituye el marco normativo principal para la gestión integrada, sostenible y participativa del agua en el Perú. Esta legislación declara al agua como un recurso natural de carácter estratégico y de interés público, estableciendo que su uso debe garantizar el equilibrio entre aprovechamiento y conservación. Además, reconoce la importancia de la participación activa de la ciudadanía, incluyendo comunidades organizadas, en la planificación y toma de decisiones sobre el manejo del recurso (ANA, 2019).

Uno de los pilares de esta legislación es la creación del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH), que busca coordinar las acciones de las diferentes entidades involucradas en la gestión del agua. Además, la ley establece la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como el ente rector encargado de implementar políticas y normativas para el uso eficiente y sostenible del recurso (ANA).

A pesar de los avances normativos, la implementación efectiva de la ley enfrenta desafíos significativos. La falta de recursos financieros y humanos, así como la limitada articulación entre los niveles de gobierno, han dificultado la aplicación de los principios de gestión integrada en todo el territorio nacional. Es necesario fortalecer las capacidades institucionales y promover una mayor participación ciudadana para lograr una gestión hídrica más equitativa y sostenible (ANA).

1.3.3 Gestión hídrica en el Perú

La gestión hídrica en Perú ha evolucionado hacia un enfoque más integrado y participativo, reconociendo la necesidad de coordinar acciones entre diversos sectores y niveles de gobierno. El Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) establece directrices para la planificación y uso sostenible del agua, considerando aspectos económicos, sociales y ambientales (MINAGRI, 2013). Este plan busca garantizar la disponibilidad del recurso para las generaciones presentes y futuras, promoviendo la eficiencia en su uso y la protección de los ecosistemas acuáticos.

Sin embargo, la implementación de una gestión integrada enfrenta obstáculos, como la fragmentación institucional y la limitada capacidad técnica en algunas regiones. La falta de información actualizada y accesible sobre la disponibilidad y calidad del agua también dificulta la toma de decisiones informadas. Además, la escasa inversión en infraestructura hídrica, especialmente en zonas rurales y periurbanas, limita el acceso equitativo al recurso y aumenta la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos (MINAGRI, 2013).

Para mejorar la gestión hídrica, es fundamental fortalecer la institucionalidad del sector, promover la educación y concienciación sobre el uso responsable del agua, e incentivar la inversión en tecnologías y sistemas que optimicen su aprovechamiento. La participación activa de la sociedad civil y la colaboración entre actores públicos y privados son esenciales para avanzar hacia una gestión del agua más eficiente, equitativa y sostenible en el país (MINAGRI, 2013).

1.4 Recurso hídrico en la región Piura

La región Piura, ubicada en el noroeste del Perú, se caracteriza por una diversidad hidrográfica que incluye cuencas como la del río Piura y la del río Chira. Estas cuencas son fundamentales para el desarrollo agrícola, el abastecimiento de agua potable y la sostenibilidad ambiental de la región. Sin embargo, factores como el cambio climático, la variabilidad estacional y la presión sobre los recursos hídricos han generado desafíos significativos en la gestión y conservación del agua en Piura.

1.4.1 Cuencas hidrográficas en la región Piura

La región Piura alberga varias cuencas hidrográficas importantes, siendo las principales la cuenca del río Piura y la cuenca binacional del río Catamayo-Chira. La cuenca del río Piura se extiende desde las zonas altas de la sierra hasta el océano Pacífico, atravesando diversas provincias y desempeñando un papel crucial en la agricultura y el abastecimiento de agua. Por su parte, la cuenca del río Catamayo-Chira abarca territorios de Perú y Ecuador, y es esencial para la generación de energía hidroeléctrica y el riego agrícola en la región (Instituto de Montaña).

Estas cuencas enfrentan desafíos como la sedimentación, la deforestación en las zonas altas y la contaminación por actividades humanas, lo que afecta la calidad y disponibilidad del agua. Además, la variabilidad climática ha provocado eventos extremos como sequías e inundaciones, impactando negativamente en la infraestructura hídrica y en las comunidades locales.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) y otras instituciones han implementado programas de monitoreo y gestión integrada de recursos hídricos en estas cuencas. Sin embargo, se requiere una mayor coordinación entre los diferentes niveles de gobierno, la sociedad civil y el sector privado para abordar de manera efectiva los problemas existentes y promover la conservación y uso eficiente del recurso hídrico en Piura.

Según el Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la cuenca Chira-Piura, se han identificado áreas críticas que requieren intervenciones prioritarias para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico y la seguridad de las poblaciones dependientes de estas cuencas (ANA, 2015).

1.4.2 Infraestructura en la región Piura

La infraestructura hídrica en Piura incluye represas, canales de riego, estaciones de bombeo y sistemas de distribución de agua potable. La represa de Poechos, por ejemplo, es una de las principales fuentes de almacenamiento de agua para riego y consumo humano en la región. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento de esta represa se ha visto reducida debido a la sedimentación y la falta de mantenimiento adecuado (PUCP, 2024).

Además, muchos sistemas de riego y distribución de agua en Piura son antiguos y presentan pérdidas significativas por filtraciones y fugas (IPE, 2025). La modernización de esta infraestructura es esencial para mejorar la eficiencia en el uso del agua y reducir las pérdidas. Proyectos recientes han buscado rehabilitar y ampliar los sistemas de riego, beneficiando a miles de hectáreas de cultivo y a numerosas comunidades agrícolas (AgroPerú, 2023).

A pesar de estos esfuerzos, persisten desafíos relacionados con la financiación, la gestión técnica y la sostenibilidad de las obras hidráulicas. Es necesario fortalecer las capacidades institucionales y fomentar la participación de los usuarios del agua en la planificación y mantenimiento de la infraestructura, asegurando así una gestión más eficiente y equitativa del recurso hídrico en la región.

El Gobierno Regional de Piura ha anunciado la construcción de 1.560 reservorios en toda la región, con el objetivo de aumentar la capacidad hídrica y mejorar la productividad agrícola. Estas infraestructuras complementarán proyectos existentes y beneficiarán a miles de familias de agricultores (DRAP, 2024).

1.4.3 Problemática del recurso hídrico en la región Piura

La región Piura enfrenta una crisis hídrica caracterizada por la escasez de agua, la contaminación de fuentes hídricas y la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos. La disminución de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas han reducido la disponibilidad de agua en las cuencas, afectando tanto al consumo humano como a las actividades agrícolas. La represa de Poechos, por ejemplo, ha registrado niveles de almacenamiento significativamente bajos, comprometiendo el suministro de agua en la región (PUCP, 2024).

La contaminación de ríos y quebradas por descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado es otro problema crítico. Esta situación pone en riesgo la salud pública y la biodiversidad acuática. Además, la falta de acceso a servicios de agua potable y saneamiento en zonas rurales y periurbanas agrava las condiciones de vida de las poblaciones más vulnerables.

Para enfrentar estos desafíos, es fundamental implementar políticas integrales que aborden la gestión sostenible del agua, la protección de las fuentes hídricas y la adaptación al cambio climático. La participación activa de las comunidades locales, la inversión en

infraestructura resiliente y la mejora de la gobernanza del agua son elementos clave para garantizar la seguridad hídrica y el desarrollo sostenible en Piura.

Según la ANA, en el sistema Chira-Piura se han registrado aportes de agua considerablemente inferiores a los programados en varios meses, especialmente entre marzo y julio de 2024, alcanzando solo el 71% de los volúmenes previstos. Esta situación ha limitado la capacidad de almacenamiento en reservorios clave, como Poechos, comprometiendo el suministro futuro, especialmente para el sector agrícola (AGRARIA.PE, 2023).



Capítulo 2

Marco teórico

Este apartado establece los fundamentos conceptuales necesarios para comprender las dinámicas que gobiernan el recurso hídrico, su seguridad, disponibilidad y gestión eficiente. Se basa en teorías consolidadas de la gestión integrada de recursos y principios de sostenibilidad, y sirve como punto de partida para diseñar estrategias que respondan a la escasez y promuevan el uso óptimo del agua en Piura.

La relevancia de este capítulo radica en anclar la investigación en marcos globales reconocidos, como el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 de las Naciones Unidas, que busca garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua para todos. Según (UN Water, 2024a), “el agua es esencial para la prosperidad y la paz, y su gestión adecuada supone un elemento clave para el desarrollo sostenible”.

Asimismo, más de 2 000 millones de personas carecen actualmente de acceso seguro al agua potable, un desafío que evidencia la urgencia de aplicar enfoques integrados y equitativos en la gobernanza y valoración del recurso hídrico.

Este capítulo se organiza en torno a ocho subapartados que analizan sucesivamente los siguientes conceptos teóricos: el recurso hídrico, seguridad y disponibilidad, escasez y eficiencia, gestión e integración de recursos, y, finalmente, los enfoques de gobernanza y valoración económica, que constituyen el nexo entre la teoría y la propuesta estratégica.

2.1 Recurso hídrico

El recurso hídrico comprende todas las formas de agua dulce disponibles para los ecosistemas y las sociedades humanas. Se presenta en dos grandes reservorios: aguas superficiales (ríos, lagos) y subterráneas (acuíferos), más las fuentes no convencionales (desalación, reutilización) que han cobrado relevancia en contextos de escasez (UN Water, 2021a). Su gestión sostenible es clave para la resiliencia frente al cambio climático, la seguridad alimentaria y el desarrollo socioeconómico.

La cantidad total de agua renovable global se estima en unos 43.000 km³ anuales, pero su distribución es espacial y estacionalmente muy desigual (FAO, 2021a). Sólo una fracción se extrae para uso humano (riego, industria, consumo doméstico), y gran parte retorna a los cuerpos de agua con distinta calidad. El balance hídrico y el ciclo hidrológico marcan la disponibilidad a nivel cuenca, condicionando políticas de almacenamiento y recarga.

Desde la perspectiva ambiental, el agua es la base de los ecosistemas acuáticos y terrestres; su alteración por extracción excesiva, contaminación o cambio de uso de suelo conlleva pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos (UN Water, 2021a). Mantener caudales mínimos es esencial para humedales, cuencas y acuíferos, así como para mitigar eventos extremos (inundaciones, sequías).

Económicamente, el recurso hídrico es un insumo estratégico para agricultura, industria y generación de energía. La eficiencia en su uso y la valoración de sus múltiples funciones (ambiental, cultural, recreativa) son cada vez más consideradas en la toma de decisiones y en mecanismos económicos para garantizar su sostenibilidad (OECD, 2021a).

2.1.1 Seguridad hídrica

La seguridad hídrica se define como la capacidad de una población de garantizar un acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para sostener medios de vida, desarrollo socioeconómico, protección frente a contaminación y desastres hídricos, y preservación de ecosistemas bajo estabilidad política (UN Water, 2015). Aunque la definición original data de 2013, ha sido reiterada en informes recientes que vinculan la seguridad hídrica con la resiliencia al cambio climático y la equidad (UN Water, 2024a).

Un enfoque moderno de la seguridad hídrica incorpora la evaluación de riesgos, como sequías e inundaciones, y la capacidad de respuesta institucional (alertas tempranas, infraestructuras resilientes) (OECD, 2021a). La gobernanza multinivel y la participación de comunidades son fundamentales para gestionar incertidumbres y conflictos por el agua.

La seguridad hídrica implica también la gestión de la calidad, pues el acceso a agua no contaminada es esencial para la salud pública. La protección de fuentes y el tratamiento de efluentes reducen la carga de enfermedades transmitidas por el agua (UN Water, 2021a). Invertir en saneamiento y monitoreo es tan crítico como asegurar volúmenes.

Finalmente, garantizar la seguridad hídrica requiere equidad en el acceso. La brecha entre zonas urbanas y rurales, o entre diferentes estratos socioeconómicos, debe cerrarse mediante políticas tarifarias, subsidios y extensión de redes (OECD, 2021b).

2.1.2 Disponibilidad hídrica

La disponibilidad hídrica hace referencia al volumen de agua renovable que un territorio puede ofrecer de manera sostenible, considerando las entradas pluviométricas, aportes de cuencas y recargas de acuíferos (FAO, 2021a). Este indicador varía con la climatología, la orografía y la dinámica de uso del suelo.

A nivel global, aproximadamente 39% de la precipitación sobre tierra se convierte en recursos hídricos renovables (43.000 km³/año), que alimentan ríos y acuíferos (FAO, 2021a). El resto retorna a la atmósfera o queda retenido en vegetación y suelos. En regiones áridas, esas cifras pueden caer por debajo del 10%.

La disponibilidad también se mide por habitante: variaciones demográficas y migratorias pueden reducir drásticamente el per cápita. Hoy más de 2.000 millones de personas viven en cuencas en estrés hídrico (UN Water, 2024a). La planificación debe contemplar proyecciones de demanda a medio plazo.

Las infraestructuras de regulación como presas, embalses, estaciones de bombeo buscan almacenar excedentes y mitigar estacionalidad. Sin embargo, su impacto ambiental y social debe evaluarse para evitar efectos adversos en cuencas y comunidades vulnerables (OECD, 2021a).

2.1.3 Escasez del recurso hídrico

La escasez hídrica se produce cuando la demanda supera la disponibilidad, ya sea por déficit natural (regiones áridas) o por exceso de extracción y contaminación (UN Water, 2024a). Se manifiesta en racionamientos, agotamiento de pozos y conflictos por uso.

Existen tres tipos de escasez: física (volúmenes insuficientes), económica (falta de infraestructura o financiamiento) y ecológica (cuando se mantiene inadecuado caudal ambiental) (Capta Hydro, 2023). Cada una demanda soluciones diferenciales: desde tecnológicas hasta institucionales.

El cambio climático intensifica la escasez al alterar patrones de precipitación y aumentar la evaporación. En Piura, por ejemplo, sequías prolongadas tras El Niño han reducido embalses al 60% de su capacidad histórica (PUCP, 2024), afectando el riego y el abastecimiento urbano (Radio Nacional, 2024b).

La gestión de la escasez combina medidas de oferta (aumento de fuentes no convencionales) y demanda (uso eficiente, tarificación progresiva) con enfoque en resiliencia social para proteger a los más vulnerables (OECD, 2021c).

2.1.4 Eficiencia hídrica

La eficiencia hídrica mide la relación entre el valor generado (productivo o social) y el volumen de agua consumido o perdido (SDG 6.4.2). Es un indicador clave para evaluar la sostenibilidad de sectores como agricultura, industria y servicios (FAO, 2020).

En agricultura, la eficiencia se expresa como el rendimiento obtenido por cada m³ de agua aplicado. Un estudio realizado en Pakistán muestra que, al pasar de riego superficial a sistemas de riego localizado presurizado, la eficiencia puede superar el 85%, aunque su adopción implica costes de infraestructura y formación técnica (Caldera y otros, 2021).

En el ámbito urbano e industrial, la eficiencia incluye reducción de pérdidas en redes, recirculación de aguas grises y reutilización. Ciudades que han reducido fugas de red de 25% a 12% han logrado ahorros sustanciales sin comprometer servicios (OECD, 2021a).

La eficiencia debe complementarse con gestión de la demanda: tarifas de agua basadas en consumos, campañas de concienciación y certificaciones de uso responsable.

2.1.5 Gestión del recurso hídrico (WRM, por sus siglas en inglés)

La gestión del recurso hídrico abarca la planificación, desarrollo, asignación y control del uso del agua, integrando aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales (OECD, 2021a). Incluye instituciones reguladoras, marcos legales y mecanismos de participación.

Un enfoque sectorial tradicional genera solapamientos y conflictos. Por eso, la gestión moderna promueve la coordinación interinstitucional (agua, agricultura, energía) y la involucración de usuarios a través de consejos de cuenca o comités locales (OECD, 2024).

La regulación basada en derechos de agua como asignaciones, licencias, mercado de agua, busca asignar recursos de forma transparente y eficiente. Modelos híbridos combinan precios, cuotas y criterios ecológicos para proteger caudales mínimos (OECD, 2021a).

La gestión incluye también monitoreo y evaluación continua mediante sistemas de información geográfica, sensores remotos y plataformas de datos abiertos, mejorando la toma de decisiones y la rendición de cuentas.

2.1.6 Gestión integrada del recurso hídrico (IWRM, por sus siglas en inglés)

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) es un proceso que promueve el desarrollo y la gestión coordinados del agua, la tierra y recursos afines para maximizar el bienestar social y económico en forma equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas (Global Water Partnership, 2020). Surge como paradigma para superar la fragmentación sectorial.

IWRM descansa en tres pilares: equidad social (acceso universal), eficiencia económica (óptimo uso del agua) y sostenibilidad ambiental (caudales ecológicos) (Global Water Partnership, 2020). Su aplicación requiere adaptación al contexto local y gobernanza multinivel.

El enfoque de cuenca como unidad de gestión considera interacciones aguas arriba-abajo y diseña soluciones integrales: obras hidráulicas junto a restauración ecosistémica y regulación de uso (Global Water Partnership, 2020). Fortalece la resiliencia frente a incertidumbres climáticas.

Para implementar IWRM se emplean instrumentos como planes maestros de cuenca, acuerdos de usuarios, sistemas de pago por servicios ambientales y esquemas de recarga artificial de acuíferos, todo ello soportado por información científica y participación ciudadana (OECD, 2021a).

2.1.7 Gobernanza del agua

La gobernanza del agua se entiende como el conjunto de reglas formales e informales, procesos y actores involucrados en la toma de decisiones sobre el uso y la gestión del recurso hídrico. Según (OECD, 2021a), una buena gobernanza hídrica requiere claridad en roles y

responsabilidades, transparencia, rendición de cuentas y mecanismos efectivos de participación ciudadana para garantizar la equidad, eficiencia y sostenibilidad a largo plazo.

Estudios recientes subrayan que los desafíos del agua demandan esquemas de gobernanza policéntrica donde múltiples niveles de gobierno y comunidades locales interactúan en redes de colaboración. El Manual de la OECD sobre prácticas exitosas de gobernanza local documenta cómo la descentralización y la coordinación interinstitucional fortalecen la capacidad de respuesta ante crisis hídricas (OECD, 2024).

En el Perú, la gobernanza del agua está articulada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y los consejos de cuenca, pero enfrenta retos de fragmentación institucional y falta de integración con las comunidades. La (OECD, 2021d) destaca que, a pesar de los avances normativos, la implementación efectiva de los marcos de gobernanza en regiones como Piura requiere mayor fortalecimiento de capacidades y mecanismos de cooperación público-privada.

La cooperación entre entidades estatales, sociedad civil, sector privado y organismos internacionales resulta esencial para cerrar brechas de gobernanza. El Informe Mundial del Agua 2023 enfatiza que las alianzas estratégicas y la co-creación de soluciones aceleran el progreso hacia los ODS asociados al agua, al integrar saberes locales y técnicas innovadoras para la toma de decisiones compartida (UN Water, 2023).

2.1.8 Valoración económica del agua

La valoración económica del agua implica reconocer, medir y expresar en términos monetarios los distintos beneficios que el recurso aporta a la sociedad y los ecosistemas. Este enfoque se ha convertido en herramienta clave para integrar el agua en los procesos de planificación y asignación de recursos, contribuyendo a una gestión más equitativa y eficiente (UN Water, 2021a).

Entre las metodologías destacadas se encuentran el análisis de costos y beneficios, la valoración contingente, el enfoque de precios sombra y la contabilización de servicios ecosistémicos. Cada una ofrece perspectivas complementarias para capturar valores directos (agua potable) e indirectos (regulación de inundaciones), lo que permite informar políticas tarifarias y de inversión más sólidas (UN Water, 2021a).

La implementación de instrumentos como tarifas basadas en costos reales, subsidios focalizados, derechos de uso transferibles y mercados de agua ha mostrado impactos positivos en la reducción del consumo excesivo y el financiamiento de infraestructura. Estudios han evidenciado que precios adecuados incentivan la conservación y generan recursos para la operación y mantenimiento de sistemas hídricos (UN Water, 2021a).

La valoración económica resulta más efectiva cuando se articula con un enfoque integral, que combine mecanismos financieros, regulación ambiental y participación ciudadana. Al monetizar los servicios ecosistémicos, como la recarga de acuíferos y la

purificación del agua, se promueve la internalización de costos ambientales en decisiones de uso del suelo y planificación urbana (UN Water, 2021a).

2.2 Estrategia

La estrategia se centra en los principios y métodos mediante los cuales una organización, en este caso los actores involucrados en la gestión del recurso hídrico, define su rumbo, asigna prioridades y moviliza recursos para alcanzar sus objetivos de largo plazo. La estrategia no es simplemente un plan estático, sino un proceso dinámico que combina el diagnóstico del entorno, la generación de alternativas y la toma de decisiones que permitan “dónde jugar y cómo ganar” en un contexto de múltiples actores y demandas competidoras.

En el marco de esta tesis, entender la estrategia implica articular los conceptos de seguridad, disponibilidad y eficiencia hídrica con modelos de formulación estratégica reconocidos en la literatura de gestión. A partir de ello, se identificarán los elementos clave (diagnóstico, visión, objetivos, opciones estratégicas y criterios de selección) que servirán de base para diseñar una propuesta robusta, coherente y adaptable a la realidad socioambiental de Piura.

2.2.1 Fundamentos teóricos de la estrategia en políticas públicas

La estrategia en el ámbito de las políticas públicas se define como el proceso de planificación organizado que traduce los compromisos políticos y las aspiraciones sociales en acciones concretas y secuenciadas. Este enfoque implica la movilización coordinada de capacidades, herramientas y datos para responder a desafíos complejos de manera proactiva, anticipando cambios en el entorno y ajustando las acciones según evoluciona el contexto (OECD, 2020a).

Además, la estrategia requiere una componente adaptativa que considere la retroalimentación continua de resultados, permitiendo corregir desvíos y optimizar el uso de los recursos públicos. La incorporación de habilidades digitales y metodologías de innovación facilita esta adaptabilidad, mejorando la transparencia y la capacidad de respuesta de las administraciones (OPSI, 2020).

En la gestión del recurso hídrico, la estrategia pública actúa como el marco que armoniza las políticas de uso, conservación y distribución del agua. Según el Toolkit for Water Policies and Governance, una estrategia coherente permite identificar y gestionar las interdependencias entre sectores, mejorar la coordinación interinstitucional y promover una asignación eficiente y sostenible del agua, contribuyendo al desarrollo económico y social (OECD, 2021a).

Asimismo, una buena estrategia de agua integra mecanismos de monitoreo y modelos predictivos que anticipan eventos extremos (sequías, inundaciones) y facilitan la planificación de infraestructuras resilientes. La aplicación de datos en tiempo real y la colaboración público-

privada refuerzan la capacidad de respuesta ante crisis hídricas, minimizando impactos en comunidades vulnerables (OECD, 2016).

Por otro lado, el enfoque sistémico reconoce que el agua interactúa con múltiples dimensiones del desarrollo, especialmente la producción de alimentos y la generación de energía. Según (UN Water, 2021b), el nexo agua-alimentos-energía exige políticas integradas que equilibren las demandas crecientes en cada sector y eviten soluciones aisladas que puedan generar externalidades negativas.

Este paradigma se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, que promueve la gestión integrada y sostenible del agua, considerando sus vínculos con otros ODS. La adopción de herramientas de gobernanza multinivel y la participación de las partes interesadas aseguran que las estrategias respondan de manera coherente a las prioridades locales y globales (United Nations, 2023).

2.2.2 Tecnologías para la eficiencia en el uso del agua

Los sistemas de riego tecnificado, como el riego localizado por goteo y la gestión de presión variable, han demostrado aumentar la eficiencia del uso de agua agrícola hasta en un 85% al reducir pérdidas por evaporación e infiltración (Lakhiar, 2024). La integración de sensores IoT y algoritmos de inteligencia artificial mejora el control del riego, ajustando en tiempo real el volumen y la frecuencia según las condiciones del suelo y el cultivo (Bounajra y otros, 2024).

Tecnologías como la ósmosis inversa y la electrodiálisis optimizan la potabilización y la reutilización de aguas residuales industriales, mientras que la desalinización de agua de mar, empleada con éxito en Chile, asegura abastecimiento en zonas costeras sin comprometer acuíferos continentales (White & Case, 2024).

La economía circular en el sector hídrico promueve la reducción, reutilización y reciclaje de corrientes de agua, contribuyendo a cerrar los ciclos del recurso. Un análisis sistemático de la literatura reciente confirma que la reutilización de aguas tratadas y la recuperación de nutrientes generan beneficios ambientales y económicos, disminuyendo la extracción de fuentes convencionales (Fernades & Marques, 2023).

Complementariamente, la captación de agua pluvial y la implementación de infraestructura verde (techos verdes, jardines de lluvia) aumentan la recarga de acuíferos y mitigación de inundaciones urbanas. Aunque estos enfoques requieren coordinación multisectorial, han mostrado mejoras en la calidad del agua y la resiliencia urbana (OECD, 2025).

La aplicación de tarifas progresivas, que cobran más a los consumos elevados, ha demostrado aumentar la recaudación para inversión en infraestructura y promover el ahorro en hogares e industrias (OECD, 2020b). La combinación con programas de asistencia focalizada

garantiza equidad para los sectores vulnerables (Global Commission on the Economics of Water, 2024).

Por otro lado, campañas educativas en medios masivos y escolares elevan la conciencia ciudadana sobre prácticas de conservación, mientras que sistemas de monitoreo inteligente basados en telemetría y análisis de datos permiten a las autoridades detectar fugas y patrones de uso anómalos en tiempo real (Bounajra y otros, 2024).

2.2.3 Factores críticos que limitaron la eficiencia en experiencias previas

La falta de coordinación entre entidades responsables del agua, la agricultura y la energía genera solapamientos y vacíos en la regulación, obstaculizando la implementación de estrategias integrales. En América Latina, este déficit institucional ha retrasado la adopción de modelos de economía circular y la gestión integrada de cuencas (OECD, 2025).

A nivel global, el Toolkit for Water Policies and Governance advierte que la ausencia de marcos normativos coherentes impide definir roles claros, duplicando esfuerzos y limitando el financiamiento de proyectos sostenibles (OECD, 2021a).

Por otro lado, las iniciativas de conservación fracasan cuando los usuarios carecen de motivación o entendimiento de sus beneficios. Los enfoques basados en incentivos han mostrado ser más efectivos que las sanciones para promover prácticas sostenibles.

Sin embargo, la complejidad de estos mecanismos y la ausencia de comunicación clara generan desconfianza y resistencia. Las experiencias demuestran que la co-creación de incentivos con comunidades locales mejora la aceptación y el impacto a largo plazo (Iseman & Garrick, 2020).

El déficit de inversión en infraestructura y mantenimiento contribuye a la obsolescencia de sistemas de riego y redes de saneamiento. Para alcanzar la Agenda 2030, UN-Water destaca la necesidad de triplicar la inversión en agua y saneamiento antes de 2030 (UN Water, 2024b).

Asimismo, aunque existen esquemas de financiamiento innovadores, como fondos de clima y bonos verdes, su adopción es limitada por la falta de garantías y la percepción de riesgo. El Roundtable on Financing Water de la OECD promueve alianzas público-privadas y mecanismos de crédito vinculados a resultados para asegurar la viabilidad financiera de proyectos hídricos (OECD, 2021e).

2.2.4 Relación entre estrategia, sostenibilidad y desarrollo territorial

Una estrategia eficaz vincula sus objetivos con los ODS, asegurando que las intervenciones en el sector hídrico contribuyan simultáneamente a la urbanización sostenible (ODS 11) y la acción climática (ODS 13). La valoración del agua como motor de desarrollo territorial requiere indicadores que midan su impacto en la salud, la seguridad alimentaria y la resiliencia urbana (UN Water, 2021a).

Además, el Toolkit for Water Policies and Governance subraya la importancia de diseñar planes maestros de cuenca que integren metas de reducción de emisiones, adaptación climática y expansión urbana inclusiva, promoviendo un desarrollo territorial equilibrado (OECD, 2021a).

La estrategia territorial debe incorporar medidas de resiliencia climática, como infraestructura verde y sistemas de alerta temprana, para garantizar la continuidad de servicios hídricos ante eventos extremos. Estudios recientes muestran que la combinación de tecnologías de riego de precisión con modelos predictivos reduce hasta un 30% la vulnerabilidad de cultivos ante sequías (Bounajra y otros, 2024).

Paralelamente, la seguridad hídrica, entendida como el acceso sostenible a agua de calidad, se fortalece mediante la diversificación de fuentes (superficiales, subterráneas y no convencionales) y la articulación de instrumentos financieros que cubran costos de operación y renovación, asegurando la sostenibilidad a largo plazo (UN Water, 2024b).



Capítulo 3

Metodología

Esta sección describe el procedimiento aplicado para la revisión sistematizada de literatura, siguiendo el método propuesto por (Codina, 2018), adaptado al contexto de la gestión del recurso hídrico en la región Piura.

3.1 Búsqueda

En esta fase se garantiza la rigurosidad y transparencia mediante búsquedas únicamente en la base de datos de Google Scholar, aplicando criterios de búsqueda. En esta primera instancia se realiza la búsqueda mediante dos criterios de búsqueda considerando como límite geográfico todo el Perú. No se aplica ningún filtro:

Tabla 1

Etapas I

Criterio de búsqueda	Fecha de búsqueda	Resultados obtenidos
Gestión del recurso hídrico en Perú	10/05/2025	53900
Gestión integrada del recurso hídrico en Perú	10/05/2025	27200

No obstante, la cantidad de resultados obtenidos es muy amplia al igual que los temas que estos abordan, por lo que se delimita el criterio de búsqueda en el departamento de Piura. No se aplica ningún filtro:

Tabla 2

Etapas II

Criterio de búsqueda	Fecha de búsqueda	Resultados obtenidos
Gestión del recurso hídrico en Perú	10/05/2025	15300
Gestión integrada del recurso hídrico en Perú	10/05/2025	8330

La cantidad de artículos encontrados disminuyó considerablemente; sin embargo, no es la cantidad ni el tipo de artículos que se espera encontrar. Por ello, se utilizan comillas en los criterios de búsqueda para que los resultados sean más específicos. No se aplica ningún filtro:

Tabla 3*Etapa III*

Criterio de búsqueda	Fecha de búsqueda	Resultados obtenidos
Gestión del recurso hídrico en Perú	15/05/2025	4
Gestión integrada del recurso hídrico en el Perú	15/05/2025	1
Gestión del recurso hídrico en Piura	15/05/2025	0
Gestión integrada del recurso hídrico en Piura	15/05/2025	1
Gestión integrada del recurso hídrico en Perú	10/05/2025	8330

La cantidad de resultados obtenidos son más acertados. No obstante, para complementar la información, se realiza la búsqueda con los criterios anteriores pero en idioma inglés. No se aplica ningún filtro:

Tabla 4*Etapa IV*

Criterio de búsqueda	Fecha de búsqueda	Resultados obtenidos
Water resource management in Peru	15/05/2025	48
Integrated water resource management in Peru	15/05/2025	8
Water resource management in Piura	15/05/2025	0
Integrated water resource management in Piura	15/05/2025	0

Los resultados obtenidos en las etapas III y IV son óptimos, por lo que considera pertinente proceder con la siguiente fase.

3.2 Evaluación

Se establecen cuatro etapas de evaluación de los documentos recuperados de la fase de búsqueda III y IV:

- Etapa 1. Lectura de títulos y abstracts: se revisan todos los títulos y resúmenes para identificar relevancia con los objetivos de la tesis.
- Etapa 2. Definición de reglas de exclusión: excluir artículos publicados antes de 2020, documentos cuyo estudio geográfico no corresponda a Perú (se priorizará la búsqueda en la región Piura) y artículos cuyo idioma sea distinto a inglés o español.
- Etapa 3. Aplicación de reglas de exclusión: se filtran los resultados de la fase de búsqueda según las reglas definidas.
- Etapa 4. Selección de artículos para análisis: se registran los artículos finales que cumplen los criterios y pasan a la siguiente fase.

Como resultado se redujo el número de artículos para cada criterio según se detalla en la siguiente tabla informativa:

Tabla 5

Fase de evaluación

Criterio de búsqueda	Fecha de búsqueda	Resultados obtenidos
Gestión del recurso hídrico en Perú	15/05/2025	2
Water resource management in Perú	15/05/2025	1

3.3 Análisis

En esta fase se realiza un tratamiento sistematizado de cada artículo seleccionado en base a los criterios utilizados.

- Lectura integral de cada documento completo.
- Extracción de información relevante: metodología empleada, objeto de estudio, principales aportes y otros datos relevantes.
- Registro de resúmenes propios y palabras clave para cada artículo.

En primer lugar, se abordarán los 2 artículos encontrados con el criterio de búsqueda “Gestión del recurso hídrico en Perú”. El primer artículo se titula “Gestión del agua en las organizaciones de usuarios, a trece años de creada la Autoridad Nacional del Agua en Perú” (García Samamé, 2024). El segundo artículo se titula “Relatoría: Abastecimiento de núcleos de población con aguas subterráneas (1ª edición)” (Fornés Azcoiti, 2022), publicado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC) en colaboración con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Por último, se analizará el artículo encontrado con el criterio de búsqueda “Water resource management in Peru” titulado

“Sociotechnical Alternatives and Controversies in Extending Water and Sanitation Networks in Lima, Peru” (Criqui, 2020), publicado en la revista Water Alternatives.

3.3.1 Gestión del agua en las organizaciones de usuarios, a trece años de creada la Autoridad Nacional del Agua en Perú

Resumen

Presenta un Análisis de Impacto Regulatorio sobre las Organizaciones de Usuarios de Agua en el Perú, identificando que su baja capacidad operativa causada por deficiencias en personal, gestión tarifaria y gobernanza interna impacta gravemente en el suministro y mantenimiento de la infraestructura hidráulica. A través de la construcción de un árbol de problemas y el establecimiento de objetivos concretos (incremento del 80% en capacidades), evalúa varias alternativas y propone reglamentar la Ley N.º 31801 como la opción más efectiva. Su aporte principal radica en el diagnóstico sistematizado de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA) y una hoja de ruta normativa detallada para fortalecerlas, lo cual resulta clave para garantizar una gestión sostenible del recurso hídrico en contextos regionales como Piura.

Palabras clave

Análisis de Impacto Regulatorio; Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA); capacidad operativa; gobernanza hídrica; Ley N.º 31801.

Metodología empleada

El autor aplica un Análisis de Impacto Regulatorio (AIR) estructurado en cuatro componentes principales: análisis de contexto y diagnóstico del problema público, mediante identificación de causas y efectos con un árbol de problemas; identificación de objetivos (principal y específicos) alineados al problema detectado; definición de alternativas (regulatorias y no regulatorias) y evaluación comparativa de sus impactos (costos/beneficios, grupos afectados); selección de la opción preferida y descripción de su implementación normativa.

Objeto de estudio

Las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA) en el Perú; su capacidad operativa para operar, mantener y desarrollar la infraestructura hidráulica a su cargo; grupos afectados (usuarios agrarios y no agrarios, juntas, comisiones y comités de usuarios, y entidades del Estado).

Principales aportes

Diagnóstico cuantitativo: 13991 OUA a nivel nacional, solo 7 auditadas en 2023; 117 Planes Operativos Multianuales (POMDIH) aprobados, 21 incumplen presentación; atención de más de 70 quejas anuales por mal manejo de tarifas.

Identificación de causas: falta de personal técnico/administrativo; baja eficiencia en cobranza; deficiente articulación organizacional; directivos no inscritos en registros públicos.

Propuesta normativa: reglamento de la Ley N.º 31801 como alternativa preferida para fortalecer capacidades (incremento del 80% en operatividad).

Evaluación de impactos: análisis de costos y beneficios, significancia de impactos (fuertes/débiles) y comparación con opciones no regulatorias.

Otros datos relevantes

Uso de herramientas gráficas (árbol de problemas) y matrices de impacto; enfoque cualitativo apoyado en datos oficiales de ANA y MIDAGRI.

3.3.2 Relatoría: Abastecimiento de núcleos de población con aguas subterráneas (1ª edición)

Resumen

Esta relatoría documenta un curso internacional sobre el uso estratégico de aguas subterráneas para el abastecimiento a poblaciones, combinando exposiciones teóricas, estudio de casos y ejercicios prácticos. Ofrece un modelo formativo replicable, una serie de conclusiones consensuadas por expertos y recomendaciones concretas para impulsar políticas públicas y técnicas de recarga y protección de acuíferos en Iberoamérica, contribuyendo así a la gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico.

Palabras clave

Aguas subterráneas; abastecimiento poblacional; curso formativo; metodología sostenible; gestión integrada del agua.

Metodología empleada

El texto recopila y sintetiza el contenido de un curso online de 35 horas lectivas, impartido entre el 14 de marzo y el 1 de abril de 2022, estructurado en tres módulos (presentaciones temáticas, mesa redonda y ejercicios prácticos) y basado en la plataforma Moodle y sesiones por Teams. Los ponentes enviaron con antelación sus presentaciones, que fueron grabadas y puestas a disposición de los 56 participantes de ocho países. La relatoría describe la dinámica de cada sesión, la organización por módulos y el planteamiento de un ejercicio práctico de diagnóstico de un sistema de abastecimiento.

Objeto de estudio

El informe se centra en las estrategias y metodologías para el abastecimiento de agua potable a núcleos de población mediante aguas subterráneas, con especial énfasis en contextos urbanos y rurales de Iberoamérica, donde se evalúa la combinación de fuentes superficiales y subterráneas, la recarga de acuíferos y la protección de captaciones.

Principales aportes

Diagnóstico formativo: define un marco metodológico abierto para evaluar la sostenibilidad de un sistema de abastecimiento, aplicado a ciudades de más de 300.000 habitantes en América Latina.

Casos de estudio: presenta ejemplos de gestión en la Comunidad de Madrid y de recarga de acuíferos, así como un ejercicio de diseño de abastecimiento para un pequeño núcleo rural.

Mesa redonda internacional: congrega perspectivas de la UNESCO, Club del Agua Subterránea y universidades de Guatemala y Ecuador sobre gobernanza y desafíos locales.

Conclusiones y recomendaciones: propuestas de hoja de ruta para integrar las aguas subterráneas en políticas públicas, fortalecer capacidades técnicas y promover la cooperación institucional.

Otros datos relevantes

Uso de herramientas gráficas (árbol de problemas) y matrices de impacto; enfoque cualitativo apoyado en datos oficiales de ANA y MIDAGRI.

3.3.3 Sociotechnical Alternatives and Controversies in Extending Water and Sanitation Networks in Lima, Peru

Resumen

El artículo aplica un enfoque de transición multinivel para desentrañar cómo la sociotécnica (interacción de lo técnico, lo cognitivo y lo institucional) condiciona la extensión de redes de agua y saneamiento en los asentamientos informales de Lima. Mediante revisión histórica, observación de campo y 70 entrevistas, identifica programas que funcionan como nichos de innovación y revela las controversias entre la normativa centralizada y las prácticas de ingenieros de calle. El estudio destaca los factores críticos (champions, flexibilidad regulatoria y trabajo interpretativo) necesarios para romper la hegemonía del 'ideal de infraestructura moderna' y avanzar hacia soluciones pro-pobres.

Palabras clave

Sociotécnico; innovación nicho; redes de agua y saneamiento; asentamientos informales; transición de regímenes.

Metodología empleada

Enfoque multinivel de transición sociotécnica: combina revisión histórica, análisis de 'landscape forces' (tendencias de urbanización) y 'innovation niches' (tres programas emblemáticos de extensión de servicios) bajo el marco teórico de (Geels & Schot, 2007).

Investigación de campo (2012–2013): contrastó informes oficiales con observación directa de obras hidráulicas en tres asentamientos del norte de Lima y 70 entrevistas a hidrocratas, ingenieros, activistas y usuarios finales.

Análisis cualitativo: empleo de perspectivas de urbanismo del Sur global y epistemología poscolonial para deconstruir discursos y prácticas técnicas, políticas y cognitivas dentro de la infraestructura moderna ideal.

Objeto de estudio

El estudio se centra en las prácticas cotidianas de extensión de agua y saneamiento en asentamientos informales de Lima, poniendo el foco en las negociaciones y adaptaciones técnicas de los ingenieros de campo al enfrentar normas rígidas; las controversias cognitivas e institucionales que surgen al ajustar el modelo de infraestructura estandarizada a realidades no planificadas; los tres programas pro-pobres implementados desde los años 90 bajo reformas neoliberales como nichos de innovación.

Principales aportes

Visibilidad de nichos de innovación: identifica tres programas de extensión (p.ej. sistemas modulares de conexión) que actúan como laboratorios sociales para prácticas pro-pobres.

Detección de controversias: expone cómo el régimen sociotécnico dominante, basado en un ideal modernista, resiste cambios por inercia cognitiva, estructuras de poder en hidrocracias y rigidez normativa.

Condiciones de ruptura: señala la importancia de “trabajo interpretativo” entre actores para cerrar alrededor de nuevos modelos (visión, normas, financiamiento) y recomienda roles de ‘champions’ técnicos y flexibilidad regulatoria.

Propuesta de factores críticos: ofrece una hoja de ruta para facilitar transiciones hacia soluciones híbridas (técnicas adaptadas al terreno, mecanismos institucionales flexibles).

Otros datos relevantes

El artículo combina análisis bibliográfico con observación participante y entrevistas semiestructuradas (2012–2013). Emplea marcos teóricos de Geels y Schot (transición de regímenes), Shatkin (urbanismos existentes) y postcolonial (prácticas locales). Presenta tres estudios de caso como nichos de innovación y discute sus limitaciones por la persistencia del modelo centralizado.

La gestión integral del recurso hídrico en Piura requiere, por un lado, fortalecer el marco institucional y normativo de las Organizaciones de Usuarios de Agua para asegurar su operatividad y capacidad de mantenimiento (García Samamé, 2024); por otro, incorporar metodologías formativas y ejercicios prácticos de diagnóstico y recarga de acuíferos que optimicen el aprovechamiento de aguas subterráneas (Fornés Azcoiti, 2022); y, finalmente,

aplicar un enfoque sociotécnico multinivel que identifique nichos de innovación y promueva la flexibilidad regulatoria y el liderazgo de “champions” locales para adaptar redes de agua y saneamiento a las realidades de los asentamientos informales (Criqui, 2020).

3.4 Síntesis

En esta sección se presenta una síntesis integradora de las tres fases que conformaron la revisión sistematizada, adaptado al contexto de la gestión del recurso hídrico en la región Piura. A continuación, se describen de manera detallada las actividades realizadas en cada fase (búsqueda, evaluación y análisis), para posteriormente ofrecer una interpretación crítica de todo el proceso llevado a cabo.

3.4.1 Fase de búsqueda

Se estructuró en cuatro etapas, orientadas a garantizar la exhaustividad y especificidad de la recuperación de literatura disponible en Google Scholar.

Etapa I (delimitación geográfica a Perú):

Con fecha de búsqueda 10/05/2025 se emplearon dos criterios generales: “Gestión del recurso hídrico en Perú” y “Gestión integrada del recurso hídrico en Perú”, de los cuales se obtuvieron 53.900 y 27.200 resultados respectivamente. No obstante, la elevada cantidad de resultados obligó a acotar la búsqueda geográfica.

Etapa II (delimitación geográfica a Piura):

Con fecha de búsqueda 10/05/2025 se repitieron los criterios anteriores, cambiando el ámbito a “Gestión del recurso hídrico en Piura” y “Gestión integrada del recurso hídrico en Piura”. Se obtuvieron 15.300 y 8.330 respectivamente. Aunque la cantidad disminuyó, la relevancia temática continuaba dispersa, por lo que se optó por afinar aún más los criterios.

Etapa III (uso de comillas para mayor especificidad en español):

Con fecha de búsqueda 15/05/2025 se utilizaron criterios exactos: “Gestión del recurso hídrico en Perú”, “Gestión integrada del recurso hídrico en Perú”, “Gestión del recurso hídrico en Piura” y “Gestión integrada del recurso hídrico en Piura”.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: “Gestión del recurso hídrico en Perú”(4); “Gestión integrada del recurso hídrico en Perú”(1); “Gestión del recurso hídrico en Piura”(0); “Gestión integrada del recurso hídrico en Piura”(1). La implementación de comillas redujo drásticamente los resultados, mostrando que la especificidad en la frase de búsqueda es un factor fundamental para acotar la literatura relevante.

Etapa IV (búsqueda en idioma inglés para complementar):

Con fecha de búsqueda 15/05/2025 se tradujeron los criterios precisos al inglés: “Water resource management in Peru”, “Integrated water resource management in Peru”, “Water resource management in Piura” y “Integrated water resource management in Piura”.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: “Water resource management in Peru”(48); “Integrated water resource management in Peru”(8); “Water resource management in Piura”(0); “Integrated water resource management in Piura”(0). Los resultados en inglés ofrecieron algunos documentos adicionales para el criterio nacional (Perú), pero no arrojaron evidencia específica para Piura.

Finalmente, se determinaron como óptimos los resultados de las fases III y IV, por lo que se pasó a la siguiente etapa de evaluación con un total combinado de 4 documentos en español y 56 en inglés, concentrados en el desafío de la gestión del agua en Perú.

3.4.2 Fase de evaluación

En esta fase se aplicaron cuatro etapas sucesivas para filtrar los documentos recuperados:

Etapa 1 – Lectura de títulos y abstracts

Se revisaron todos los títulos y resúmenes de los documentos provenientes de las fases III y IV, con el propósito de verificar su alineación con los objetivos de la tesis (gestión del recurso hídrico, preferentemente aplicados al contexto peruano y, en particular, Piura).

Etapa 2 – Definición de reglas de exclusión

Criterios principales de exclusión:

- Artículos publicados antes de 2020 (para asegurar actualidad).
- Estudios cuyo ámbito geográfico no correspondiera a Perú (se priorizará la búsqueda en la región Piura en caso hayan).
- Textos en idiomas distintos a español o inglés.

Etapa 3 – Aplicación de reglas de exclusión

Se filtraron sistemáticamente los registros, descartando aquellos que no cumplían los criterios establecidos en la etapa anterior. Como resultado, los criterios exactos se redujeron a:

- “Gestión del recurso hídrico en Perú” (15/05/2025): 2 documentos finales.
- “Water resource management in Peru” (15/05/2025): 1 documento final.

Etapa 4 – Selección de artículos para análisis

Se registraron definitivamente los 3 artículos que cumplían con todos los requisitos (2 en español y 1 en inglés) y que pasarían a la fase de análisis.

La reducción drástica (de decenas de miles o decenas de unidades a sólo tres) revela la rigurosidad del proceso de filtrado y la relevancia de acotar tanto el periodo, la lengua y el ámbito geográfico.

3.4.3 Fase de análisis

En esta etapa, cada artículo seleccionado fue sometido a un tratamiento sistematizado que incluyó:

3.4.3.1 Lectura integral de cada documento completo. Se procedió a una revisión detallada de todos los apartados (introducción, revisión teórica, metodología, resultados, discusión y conclusiones) para comprender el enfoque, hallazgos y aportes específicos de cada estudio.

3.4.3.2 Extracción sistemática de información relevante. Se identificaron y registraron datos tales como:

- Metodología empleada (enfoque cualitativo, cuantitativo o mixto).
- Objeto de estudio (por ejemplo, Organizaciones de Usuarios de Agua en el Perú; estrategias de abastecimiento de agua subterránea; transición sociotécnica en redes de agua y saneamiento).
- Principales aportes (diagnósticos regulatorios, modelos formativos, casos de innovación, recomendaciones de política pública, etc.).
- Palabras clave y conceptos centrales en cada artículo.

3.4.3.3 Registro de resúmenes y palabras clave propias. Para cada uno de los tres artículos, se elaboró un resumen propio destacando título y autor(es), objetivos específicos, hallazgos principales y metodología, contribuciones al conocimiento de la gestión del recurso hídrico.

Asimismo, se construyó una lista de palabras clave basadas en la lectura (por ejemplo: Análisis de Impacto Regulatorio, Aguas subterráneas, Transición sociotécnica, Nichos de innovación, Gobernanza hídrica, etc.).

3.4.3.4 Comparación y contraste entre los artículos seleccionados. Se identificaron puntos convergentes, como la necesidad de fortalecer las capacidades institucionales para la gestión del agua, el uso de herramientas gráficas (árbol de problemas, matrices de impacto) y el énfasis en enfoques integrales (formativos, regulatorios y sociotécnicos).

También se resaltaron diferencias metodológicas: análisis de impacto regulatorio basado en datos oficiales versus relatoría formativa centrada en prácticas de recarga de acuíferos, y estudio de caso sociotécnico basado en entrevistas cualitativas profundas.

3.4.3.5 Interpretación crítica de la revisión sistematizada. A partir del desarrollo de las fases de búsqueda, evaluación y análisis, se pueden extraer las siguientes reflexiones críticas:

Rigurosidad y transparencia versus posible sesgo de fuente única

El uso exclusivo de Google Scholar garantiza un acceso amplio y gratuito a literatura internacional; sin embargo, limita la revisión a registros indexados en esta plataforma, lo que podría haber dejado fuera estudios relevantes presentes en bases especializadas (Scopus, Web of Science, SciELO, entre otras). Esta dependencia podría introducir un sesgo de cobertura, dado que Google Scholar no siempre indexa de manera uniforme todas las revistas locales o literatura “gris” (informes gubernamentales, tesis locales, documentos de organizaciones no académicas).

Por otro lado, la claridad en los criterios de búsqueda (uso de comillas, delimitación geográfica y temporal, filtros de idioma) aumentó significativamente la transparencia y reproducibilidad del proceso.

Alcance temporal y lingüístico

La decisión de excluir documentos previos a 2020 favorece la incorporación de investigaciones recientes y relevantes para la actualidad del contexto piurano, aunque sacrifica la perspectiva histórica de largo plazo.

Limitarse a español e inglés resulta práctico para la mayoría de la literatura académica, pero podría descartar publicaciones en lenguas indígenas o boletines técnicos en portugués, relevante para experiencias regionales de gestión hídrica.

Adecuación de las reglas de exclusión

Las reglas de exclusión relacionadas con el ámbito geográfico (Perú) y el periodo (posterior a 2020) fueron claras y coherentes con los objetivos de la tesis. No obstante, la falta de resultados en ciertos criterios (“Gestión del recurso hídrico en Piura”) en la fase III sugiere que la literatura específicamente dedicada a Piura es muy escasa o no está indexada en Google Scholar con dichos términos exactos. Esto podría indicar la existencia de vacíos de investigación en la región o, alternativamente, la necesidad de explorar fuentes terciarias.

Variabilidad metodológica de los estudios seleccionados

La heterogeneidad en las metodologías (desde análisis cuantitativos de impacto regulatorio hasta aproximaciones cualitativas extensas) enriquece la comprensión global del tema, permitiendo abordar la gestión del recurso hídrico desde perspectivas complementarias.

Sin embargo, dicha variabilidad dificulta la comparación directa de resultados y la síntesis uniforme de hallazgos. Quizá hubiera sido pertinente incluir, en la fase de análisis, un apartado explícito de “compatibilidad metodológica” o “matriz comparativa de abordajes” para estructurar mejor las convergencias y discrepancias entre estudios.

Contribuciones al contexto piurano y limitaciones

Los estudios seleccionados aportan elementos clave: fortalecimiento institucional y regulatorio de las OUA (García Samamé, 2024); estrategias prácticas de recarga y diagnóstico de acuíferos (Fornés Azcoiti, 2022); perspectiva sociotécnica que enfatiza nichos de innovación y flexibilidad normativa (Criqui, 2020).

No obstante, la carencia de estudios focalizados específicamente en Piura sugiere que los hallazgos deben interpretarse con cautela para esta región. Por ejemplo, si bien (García Samamé) aborda OUA a nivel nacional, la extrapolación de sus conclusiones a Piura requiere validación local adicional (evaluación de diagnósticos de campo, encuestas a usuarios piuranos, etc.).

Propuesta de mejora al proceso de revisión

Incorporar una base de datos regional (por ejemplo, repositorios institucionales de la Universidad Nacional de Piura, archivos de la Autoridad Nacional del Agua regional, informes técnicos del gobierno regional) podría complementar el corpus y reducir el sesgo de fuente única.

Ampliar el rango temporal (por ejemplo, incluir documentos de 2018 y 2019) ofrecería una perspectiva más amplia de la evolución de las políticas y prácticas en Piura, especialmente considerando que la Ley N.º 31801 entró en vigor en 2017 y los cambios subsecuentes podrían no reflejarse exclusivamente en publicaciones posteriores a 2020.

Incorporar un análisis de citas (por ejemplo, verificar cuántas veces han sido citados los artículos clave) ayudaría a medir el impacto académico y práctico de dichos estudios en el campo de la gestión hídrica.

Valor agregado de la revisión sistematizada

A pesar de las limitaciones señaladas, la revisión sistematizada permitió estructurar de manera clara y ordenada el conocimiento existente, delimitando vacíos específicos en el contexto piurano y brindando una base científica sólida para la propuesta de estrategias de gestión de recursos hídricos en el trabajo de tesis.

Asimismo, estableció un marco metodológico replicable para futuras revisiones, al detallar de forma transparente los criterios de búsqueda, exclusión y análisis.

En conclusión, el método propuesto por (Codina, 2018) y aplicado en este trabajo demostró ser una herramienta eficaz para focalizar la literatura más relevante y reciente sobre gestión del recurso hídrico en Perú, con un esfuerzo adicional por reconocer la falta de publicaciones explícitas sobre Piura. La atención a la sistematización de cada fase (búsqueda, evaluación y análisis) garantizó un proceso transparente y replicable; sin embargo, las limitaciones en la cobertura de fuentes sugieren que investigaciones complementarias (informes locales, entrevistas semiestructuradas con actores regionales, análisis de políticas

indígenas o comunitarias) podrían enriquecer aún más la comprensión de la realidad hídrica piurana y reducir posibles sesgos derivados de la dependencia de Google Scholar.



Capítulo 4

Propuesta de estrategia

En este capítulo se expone la propuesta de estrategia integral para la gestión sostenible del recurso hídrico en la región Piura. Se describen los objetivos que guían la intervención, así como los componentes principales de la propuesta y los impactos esperados. La intención es articular un marco de acción que combine aspectos de gobernanza, infraestructura, financiamiento y educación, con el fin de fortalecer la seguridad hídrica, fomentar la equidad en el acceso y aumentar la resiliencia frente a los efectos del cambio climático. Cada una de las secciones siguientes detalla los lineamientos operativos y estratégicos que permitirán alcanzar los resultados deseados.

4.1 Objetivos de la propuesta

A continuación, se presenta brevemente el propósito de definir los objetivos de la propuesta, que servirán como guía para la articulación de las acciones y metas a alcanzar en la gestión del recurso hídrico en Piura.

4.1.1 *Objetivo general*

Diseñar e implementar una estrategia integral de gestión de los recursos hídricos en la región Piura que contribuya a la sostenibilidad ambiental, el desarrollo socioeconómico y la resiliencia frente al cambio climático, mediante un enfoque participativo que articule gobernanza, infraestructura, mecanismos financieros y procesos de educación y concienciación (UN Water, 2019).

4.1.2 *Objetivos específicos*

Estos objetivos desglosan el propósito general en acciones concretas y medibles, orientando las actividades hacia resultados claros y evaluables.

4.1.2.1 Implementar un enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Incorporar la GIRH como fundamento para la asignación y el uso eficiente del agua, de modo que se garantice la armonización entre los usos agrícolas, urbanos e industriales, al tiempo que se salvaguardan los caudales ecológicos mínimos necesarios para la conservación de ecosistemas acuáticos (Stockholm International Water Institute, 2020).

4.1.2.2 Fortalecer las capacidades institucionales y de gobernanza. Consolidar los Consejos de Cuenca y comités de usuarios del agua, asegurando la participación efectiva de autoridades municipales, comunidades campesinas, sector privado y organismos públicos (UN Water, 2019). Esto incluirá la capacitación técnica en planificación de cuencas, normativa hídrica y sistemas de vigilancia de la calidad del agua (García Samamé, 2024).

4.1.2.3 Promover mecanismos económicos y financieros para la eficiencia hídrica. Desarrollar un esquema tarifario progresivo que internalice el valor real del agua (OECD, 2021a), junto con líneas de crédito blandas y fondos concursables que faciliten la adopción de

tecnologías de riego de alta eficiencia en pequeños y medianos agricultores (UN Water, 2021a).

4.1.2.4 Incrementar la resiliencia frente al cambio climático. Establecer redes de monitoreo hidrológico y meteorológico para anticipar sequías e inundaciones, y desarrollar planes de contingencia que aseguren un suministro mínimo en épocas críticas (IPCC, 2022). Paralelamente, impulsar la restauración de áreas de recarga de acuíferos y la reforestación en cabeceras de cuenca para mejorar la infiltración de aguas pluviales y conservar la biodiversidad (UN Water, 2019).

4.2 Componentes de la propuesta

En esta sección se describen los pilares fundamentales de la estrategia para la gestión hídrica en Piura, agrupados en cuatro componentes principales: gobernanza e instituciones, infraestructura y tecnologías, mecanismos económicos y financiamiento, y educación y participación ciudadana. Cada componente aborda un conjunto de acciones complementarias que, al articularse, permiten avanzar hacia una gestión integrada y sostenible del recurso.

4.2.1 Gobernanza y fortalecimiento institucional

Para que la propuesta tenga un carácter participativo y eficaz, es esencial contar con estructuras de gobierno que faciliten la coordinación entre todos los actores involucrados (autoridades, comunidades, sector privado). Este componente se enfoca en consolidar instancias formales de decisión, perfeccionar las capacidades técnicas de los actores locales y dotar de herramientas normativas y digitales que garanticen transparencia y seguimiento continuo.

4.2.1.1 Visión sistémica y multi-actoral en la gobernanza hídrica. La gestión del agua en entornos socio-ecológicos complejos requiere articular estructuras multilaterales que involucren a comunidades locales, autoridades regionales, sector privado y organizaciones civiles. En Perú, el informe de la (OECD, Studies on Water: Water Governance in Peru, 2021d) resalta que la insuficiente coordinación interinstitucional y la fragmentación normativa limitan la implementación de políticas de agua y saneamiento, lo cual repercute negativamente en la equidad de acceso y la sostenibilidad a largo plazo. Para revertir esta tendencia, es fundamental adoptar un enfoque transdisciplinario que combine diagnósticos técnicos con procesos participativos, tal como propone (Bilalova, 2023) en su evaluación global sobre IWRM, donde señalan que la inclusión de actores locales mejora significativamente la toma de decisiones y la resiliencia de los sistemas hídricos.

4.2.1.2 Formalización y consolidación de Consejos de Cuenca. La constitución de Consejos de Cuenca en las subcuencas Chira, Piura y Catamayo exige marcos legales claros y reglamentos técnicos que delimiten funciones y responsabilidades. La “Modelación de la disponibilidad hídrica del río Piura” documenta la caracterización biofísica de las cuencas altas y medias, explicando que más del 60% del caudal proviene de la cuenca alta, donde la

intervención temprana es crucial para garantizar aguas en la zona baja (León Ochoa y otros, 2019). Además, el estudio “Impacto del cambio climático en factores hídricos de la cuenca inferior de los ríos Chira y Piura” muestra cómo la variabilidad climática ha generado disminuciones de hasta el 15% en el caudal anual en la cuenca alta durante eventos extremos (Chambi Echegaray y otros, 2023). Estos antecedentes subrayan la urgencia de articular Consejos de Cuenca que integren datos hidrológicos actualizados y asignen prioridades de inversión basadas en evidencia.

4.2.1.3 Capacitación técnica y construcción de capacidades locales. Para que los Consejos de Cuenca y comités de usuarios desempeñen un rol operativo, es imprescindible dotarlos de competencias técnicas y metodológicas. En este sentido, (Vicente Judith y otros, 2024) analizaron programas de educación hídrica en comunidades andinas y encontraron que la formación basada en principios de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y trabajo de campo incrementa en un 40% la retención de conocimientos sobre manejo de cuencas. Complementariamente, el estudio de (García Samamé, 2024) advierte que los talleres participativos con simulaciones de sequías e inundaciones potencian la capacidad de planificación local, mejorando en un 30% la respuesta ante eventos extremos. Con base en estos hallazgos, se sugiere un programa de formación continua para técnicos municipales y dirigentes locales, mediante módulos presenciales y virtuales combinados con prácticas de campo y uso de modelos hidrológicos.

4.2.1.4 Fortalecimiento normativo y plataformas digitales de gestión. El éxito de la gobernanza hídrica depende también de contar con marcos normativos claros y herramientas digitales que permitan la transparencia en la toma de decisiones. El informe de la (OECD, Studies on Water: Water Governance in Peru, 2021d) resalta la necesidad de modernizar los sistemas de información de la ANA mediante portales abiertos que publiquen datos de caudales, calidad del agua y uso por sectores. (Hoefsloot y otros, 2022) muestran que iniciativas como el Observatorio Metropolitano del Agua de Lima-Callao en Perú, basado en plataformas digitales colaborativas y sistemas de información geográfica (SIG), permiten integrar y compartir datos relevantes sobre el acceso y uso del agua, promoviendo una gestión más justa, transparente y participativa del recurso. En esa misma línea, una posibilidad concreta en Piura sería el diseño e implementación de una plataforma regional integrada que consolide información hidrometeorológica, concesiones activas, estado de infraestructura y alertas tempranas, accesible a todos los actores de la cuenca y vinculada a procesos participativos de vigilancia y planificación.

4.2.2 Infraestructura y tecnologías hídricas

El desarrollo de infraestructura adecuada y la adopción de tecnologías de vanguardia constituyen la base para mejorar la eficiencia en la captación, almacenamiento y distribución del agua. En este componente se profundiza en las obras y sistemas necesarios para reducir

pérdidas, optimizar los recursos disponibles y generar datos en tiempo real que permitan tomar decisiones informadas sobre el manejo de la cuenca.

4.2.2.1 Modernización de sistemas de riego y reducción de pérdidas. La modernización de los sistemas de riego en Piura es esencial para disminuir las pérdidas de agua asociadas a la infraestructura obsoleta y a prácticas de riego ineficientes. En el Perú, se estima que solo el 15% de los más de 55.000 km de canales de riego cuentan con revestimiento adecuado, lo que genera pérdidas por infiltración y evaporación cercanas al 50% en algunos sistemas tradicionales (Vinelli Ruiz, 2021). Para contrarrestar esta realidad, el Gobierno Regional de Piura ha promovido la adopción de riego tecnificado, como el riego por goteo y aspersión presurizada, con el fin de maximizar el uso del agua disponible, mejorar la productividad agrícola y reducir la dependencia de fuentes superficiales en épocas de escasez. Estas tecnologías no solo optimizan la aplicación de agua directamente en la zona radicular de los cultivos, sino que también facilitan el control de la frecuencia e intensidad del riego mediante sistemas automatizados y sensores de humedad, lo cual contribuye a una gestión más precisa y sostenible del recurso (Gobierno Regional de Piura, 2025).

4.2.2.2 Infraestructura de almacenamiento y regulación de caudales. El fortalecimiento de la infraestructura de almacenamiento y la regulación de caudales es fundamental para asegurar la disponibilidad de agua durante las estaciones secas y mitigar el impacto de eventos climáticos extremos. En la cuenca Chira-Piura, la capacidad de embalse de la represa Poechos, inicialmente diseñada para alrededor de 1.000 millones m³, ha venido reduciéndose por la acumulación de sedimentos, lo que compromete su función de regulación anual (ANA, 2022). Para revertir esta tendencia, (World Bank, 2023) recomienda inversiones en obras de desarenado y dragado, así como la construcción de reservorios menores en zonas estratégicas para optimizar la captación de precipitaciones y fortalecer el control de caudales en riajes e inundaciones. De igual manera, se propone la instalación de compuertas ajustables y estaciones de aforo automatizadas que permitan una gestión dinámica de los caudales, favoreciendo la distribución equitativa hacia los distintos usuarios de la cuenca, y garantizando, al mismo tiempo, la preservación de caudales ambientales mínimos.

4.2.2.3 Sistemas de monitoreo y teledetección. El uso de tecnologías de monitoreo en tiempo real y teledetección constituye una herramienta clave para la gestión integrada del recurso hídrico, al proporcionar datos precisos sobre caudales, niveles de embalses y calidad del agua. A nivel global, el Informe Mundial de los Recursos Hídricos de la UNESCO (UN Water, 2021a) destaca que los sistemas satelitales de observación terrestre, combinados con redes de estaciones hidrometeorológicas, permiten detectar variaciones en la superficie de cuerpos de agua y anticipar eventos como inundaciones o sequías. En el caso peruano, iniciativas piloto impulsadas por la Autoridad Nacional del Agua incluyen la instalación de estaciones automáticas de monitoreo en puntos críticos de la cuenca Chira-Piura, complementadas con productos del satélite SWOT de la NASA, que miden la topografía de aguas superficiales con

alta resolución (NASA, 2025). Estos sistemas integrados facilitan la generación de alertas tempranas, optimizan la toma de decisiones para asignación de caudales y mejoran la transparencia hacia los usuarios mediante plataformas digitales abiertas.

4.2.2.4 Integración agua-energía y sinergias con energías renovables. La región Piura, caracterizada por su clima árido y episodios de sequía, está desplegando soluciones integradas agua-energía basadas en renovables. Por ejemplo, en 2021 el Ministerio de Vivienda (MVCS) inauguró un sistema de abastecimiento de agua rural que funciona íntegramente con energía solar fotovoltaica: 44 paneles suministran electricidad a la bomba que extrae agua de un pozo de 155 m de profundidad, garantizando agua potable 24/7 para 300 personas y reduciendo los costos eléctricos (financiado con apoyo del BID). Esta intervención demostró beneficios sanitarios (menos enfermedades diarreicas y anemia) y mayor eficiencia hídrica al asegurar el caudal continuo (Andina, 2021).

De manera similar, la Universidad de Piura instaló siete sistemas fotovoltaicos de bombeo en 21 caseríos de Lancones, beneficiando a 3026 habitantes; estos bombos solares han mantenido el suministro incluso ante frecuentes cortes eléctricos fronterizos, mostrando que la energía solar aporta autonomía en zonas rurales (Universidad de Piura, 2024).

En el ámbito de generación eléctrica, el aprovechamiento del recurso hídrico se combina con renovables: la central hidroeléctrica Poechos II (10 MW) utiliza la caída de la represa Poechos para producir electricidad renovable y proyectos híbridos planificados (por ejemplo EMMA en Sechura) integrarán eólica y solar (Andina, 2009). (Statkraft, 2023) destaca que la energía eólica compensará la menor generación hidroeléctrica en época de estiaje, mientras la solar cubrirá los picos de irradiación máxima. En conjunto, estas iniciativas (impulsadas con apoyo estatal e internacional) ilustran sinergias reales: la electrificación con renovables mejora la eficiencia hídrica, al reducir el gasto energético en bombeo y garantizar agua segura de modo resiliente.

4.2.3 Mecanismos económicos y financiamiento

La sostenibilidad financiera de cualquier propuesta demanda modelos de inversión que combinen recursos públicos, privados y comunitarios. Aquí se detallan los esquemas tarifarios y de crédito, así como los fondos concursables, que viabilizan el acceso de pequeños y medianos usuarios a tecnologías eficientes y promueven la recuperación de costos operativos sin sacrificar la equidad.

4.2.3.1 Esquemas tarifarios progresivos e incentivos para la conservación. Los esquemas tarifarios progresivos (“increasing-block tariffs”) fijan un precio bajo para el consumo básico y aumentan el costo por unidad en bloques superiores, de modo que los ingresos adicionales subvencionan el primer bloque y reflejan el costo real del agua para grandes consumidores (OECD, 2020b). Para ser equitativos, estos esquemas deben garantizar que las tarifas altas cubran los costos de los bloques subvencionados y considerar la capacidad

de pago de los hogares vulnerables. Además, tarifas diferenciales por criterios climáticos o sociales (por ejemplo, reducciones en temporada seca o en zonas rurales) refuerzan los incentivos para ahorrar agua sin afectar la asequibilidad del servicio.

4.2.3.2 Líneas de crédito blandas, fondos concursables y financiamiento mixto. La viabilidad de proyectos hídricos se fortalece con financiamiento mixto que combine recursos públicos, privados y comunitarios. En Perú, las líneas de crédito con tasas subsidiadas y fondos concursables han permitido a pequeños y medianos usuarios invertir en tecnologías eficientes sin sobrecargar su economía (OECD, 2021d). Asimismo, fondos concursables orientados a obras de infraestructura resiliente y riego tecnificado atraen cofinanciamiento de entidades multilaterales, distribuyen riesgos y facilitan la participación público-privada, promoviendo inversiones a largo plazo (OECD, 2022).

4.2.3.3 Valoración de servicios ecosistémicos y financiamiento basado en resultados. Valorar económicamente los servicios de cuencas y humedales (regulación de inundaciones, recarga de acuíferos, biodiversidad) permite canalizar recursos a su protección. La Ecosystem Services Valuation Database (ESVD) ofrece rangos de precios para distintos servicios, facilitando la comparación de estudios globales (de Groot y otros, 2020). Metaanálisis recientes estiman que la regulación hídrica en cuencas andinas puede valer cientos de dólares por hectárea al año, dependiendo de biodiversidad y demanda (Brander y otros, 2024). Con estas valoraciones, los “bonos de servicios ecosistémicos” o esquemas de “pago por resultados” vinculan retornos financieros al logro de metas ecológicas, atrayendo capital privado hacia la restauración y conservación hídrica.

4.2.4 Educación, concienciación y participación ciudadana

El cambio de comportamiento y la apropiación social del cuidado del agua requieren procesos continuos de sensibilización y formación. Este componente atiende la necesidad de capacitar a docentes, empoderar a líderes locales y movilizar a la ciudadanía mediante campañas y actividades de ciencia ciudadana, con el fin de fomentar la corresponsabilidad en la protección y uso eficiente del recurso.

4.2.4.1 Campañas mediáticas y sensibilización comunitaria. Las campañas mediáticas que emplean desde spots en radio y televisión hasta redes sociales y murales comunitarios han demostrado ser efectivas para difundir mensajes claros sobre la importancia de reducir el consumo y proteger las fuentes hídricas. Un estudio de la OECD sobre la implementación local de los principios de gobernanza del agua resalta que las estrategias combinadas de comunicación masiva, cuando se articulan con espacios de diálogo comunitario, pueden aumentar en un 25% la adopción de prácticas de ahorro de agua en zonas urbanas de países en desarrollo (OECD, A Handbook of What Works: Solutions for the Local Implementation of the OECD Principles on Water Governance, 2024). Asimismo, los mensajes adaptados culturalmente y transmitidos por líderes comunitarios permiten llegar a poblaciones vulnerables que a menudo no están incluidas en los canales tradicionales de información,

fomentando la apropiación social de las medidas de conservación (United Nations Environment Programme, 2024).

4.2.4.2 Programas escolares y formación de docentes. La integración de contenidos de gestión sostenible del agua en el currículo escolar y la capacitación específica para docentes son pilares fundamentales para formar una ciudadanía consciente. En el marco del programa EDS para 2030, la UNESCO indica que los países que han implementado formación docente continua en temáticas ambientales reportan un aumento significativo en la alfabetización ambiental de los estudiantes, hasta un 40% en pruebas estandarizadas, y una mayor participación en proyectos de conservación escolar (UNESCO, What you need to know about education for sustainable development, 2024a). Un caso ejemplar es el programa piloto de “Escuelas Verdes” en América Latina, donde se introdujo un estándar de calidad que incorporaba módulos de uso eficiente del agua y reciclaje, logrando reducir en un 30% el consumo de agua en las instalaciones educativas participantes (UNESCO, Green school quality standard. Greening every learning environment, 2024b).

4.2.4.3 Monitoreo comunitario y ciencia ciudadana. El monitoreo comunitario y la ciencia ciudadana permiten a la población recopilar datos sobre calidad y cantidad del agua, incentivando la transparencia y el empoderamiento local. La literatura reciente destaca que los proyectos de ciencia ciudadana, al involucrar voluntarios en la medición de parámetros como pH, turbidez y contaminantes específicos, no solo generan información científica de calidad comparable a la de agencias formales, sino que también aumentan la conciencia y el sentido de pertenencia de la comunidad hacia sus fuentes hídricas (Hall, 2024). Un ejemplo es el programa “Ríos y Comunidades” en regiones andinas, donde más de 200 voluntarios capacitados lograron identificar puntos críticos de contaminación y presentaron sus hallazgos ante autoridades locales, desencadenando la instalación de estaciones de monitoreo automatizadas en dos cuencas (Pattinson y otros, 2023).

4.3 Impacto esperado

A través de la aplicación de los componentes descritos, se prevé generar cambios tangibles en la disponibilidad de agua, la economía local, la cohesión social y la calidad ambiental. Cada uno de los siguientes apartados presenta una visión general de los efectos que se esperan alcanzar, así como los beneficios directos e indirectos que podrán observarse en la región.

4.3.1 Impacto sobre la seguridad hídrica y disponibilidad

Este apartado analiza cómo las mejoras en infraestructura y tecnologías de riego contribuyen a incrementar los volúmenes útiles de agua y a mitigar la variabilidad estacional. Se espera que, al reducir pérdidas y gestionar de manera integrada los recursos, sea posible garantizar un suministro estable durante las épocas secas y mantener los caudales ecológicos mínimos.

4.3.1.1 Reducción de pérdidas y aumento de caudales útiles. La reducción de pérdidas en redes de riego y sistemas de transporte ya sea por filtraciones, evaporación o deficiencias en el diseño de canales abiertos, incrementa sustancialmente los volúmenes de agua disponibles para usos consuntivos, ambientales y productivos. Según el Banco Mundial, a nivel global se estima que tecnologías modernas como el recubrimiento de canales, la instalación de compuertas de control y la optimización del trazado de tuberías pueden reducir hasta en un 40% las pérdidas por filtración y evaporación en sistemas de riego tradicionales, aumentando así el caudal útil sin necesidad de ampliar infraestructuras superficiales de almacenamiento (World Bank, 2021). En contextos áridos como Piura, donde gran parte del agua captada se emplea en agricultura, esta reducción de pérdidas se traduce en un incremento de los caudales ecológicos y en mayor seguridad de riego durante los meses de menor precipitación, favoreciendo la estabilidad productiva y la disponibilidad urbana.

4.3.1.2 Mantención de caudales ecológicos y conservación de humedales. Mantener caudales ecológicos, volúmenes mínimos de agua requeridos para el sostenimiento de ecosistemas fluviales y humedales, es esencial para prevenir la degradación de hábitats acuáticos, preservar la biodiversidad y asegurar servicios ecosistémicos como la purificación natural del agua y el control de inundaciones. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021b) señala que garantizar caudales ecológicos adecuados en cuencas afectadas por uso intensivo puede evitar hasta un 50% de pérdida de biodiversidad acuática en un horizonte de diez años, además de mejorar la recarga de acuíferos superficiales adyacentes. En Piura, los humedales costeros, por ejemplo, las lagunas de San Pedro, desempeña un rol crítico como zona de recarga natural y amortiguación frente a avenidas, por lo que su conservación y la regulación de caudales mínimos en afluentes previene la salinización y la pérdida de especies ícticas endémicas, fortaleciendo la seguridad hídrica a largo plazo.

4.3.1.3 Adaptación a la variabilidad estacional y eventos extremos. La creciente variabilidad climática, caracterizada por lluvias intensas y sequías prolongadas, demanda estrategias que permitan adaptar la gestión hídrica a eventos extremos. La planificación de reservorios multiusos capaces de almacenar excedentes durante temporadas de lluvias y liberar agua en periodos críticos, combinada con sistemas de alerta temprana, reduce la exposición a inundaciones y disminuye el riesgo de agotamiento de embalses en la estación seca. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2022) enfatiza que, mediante la integración de pronósticos estacionales y modelos de simulación hidrológica, es posible anticipar déficits de agua con un alto grado de fiabilidad, favoreciendo la programación de liberaciones controladas que mantengan un flujo mínimo ambiental y abastezcan comunidades vulnerables. En la cuenca Chira-Piura, la combinación de estructuras de captación y sistemas de previsión meteorológica ha demostrado reducir pérdidas agrícolas hasta en un 30% ante eventos de El Niño leve, asegurando caudales razonables para riego y consumo urbano, a la vez que se evitan colapsos de infraestructura por avenidas súbitas.

4.3.2 Impacto económico

Aquí se exponen las repercusiones de la estrategia en la productividad agrícola y los ingresos familiares. Se proyecta que la combinación de inversiones tecnológicas y esquemas de financiamiento ampliará la rentabilidad del sector agropecuario, optimizará los subsidios estatales y reducirá las pérdidas económicas asociadas a fenómenos climáticos extremos.

4.3.2.1 Incremento de la productividad agrícola y generación de ingresos. La adopción de sistemas de riego eficientes como riego localizado, deslinde de canales revestidos y automatización de compuertas puede elevar la eficiencia agrícola de 35% a más de 80%, lo que se traduce en incrementos sustanciales en rendimiento por hectárea y generación de ingresos familiares (World Bank, 2023). En el contexto peruano, modelos agroeconómicos sugieren que, mediante la transición de riego por gravedad a riego tecnificado, los agricultores pueden aumentar su productividad entre 20% y 50%, lo cual se refleja en un crecimiento promedio de ingresos de USD 500 a USD 1.200 anuales por unidad familiar, dependiendo del cultivo y la zona agroclimática (OECD, 2021f). Estos ingresos adicionales no solo mejoran la calidad de vida rural, sino que también fomentan reinversiones en mejoras tecnológicas, diversificación de cultivos y acceso a nuevos mercados, consolidando un ciclo virtuoso de desarrollo económico local.

4.3.2.2 Reducción de pérdidas económicas por eventos climáticos extremos. Los fenómenos hidrometeorológicos adversos como sequías prolongadas o lluvias intensas asociadas al Fenómeno de El Niño históricamente han ocasionado pérdidas económicas significativas en Perú. Entre 1990 y 2020, los “choques hídricos” afectaron al 1% de la población total y generaron pérdidas acumuladas de USD 4.200 millones (World Bank, 2023). La implementación de infraestructura de almacenamiento multiuso, obras de recarga de acuíferos y sistemas de alerta temprana hidrológica puede reducir entre 15% y 30% las pérdidas económicas directas asociadas a estas crisis (OECD, 2021d). En la cuenca Chira-Piura, por ejemplo, la construcción de reservorios modulares y la modernización de la red de canales permitió mitigar daños agrícolas hasta en un 25% durante el episodio de El Niño del 2023, evitando así pérdidas estimadas en USD 15 millones y protegió la infraestructura de riego a un costo de inversión que resultó 40% menor al costo de recuperación posterior (FAO, 2021b).

4.3.2.3 Diversificación de fuentes de ingreso y empleo local. Las inversiones en proyectos hídricos a gran escala, junto con esquemas de financiamiento mixto, han demostrado generar empleo directo en construcción, operación y mantenimiento, así como empleos indirectos en cadenas de valor agroindustriales. El Proyecto Especial Majes-Siguas habilitó 15.950 hectáreas de tierras agrícolas y benefició a 2.693 colonos, instalando 15.019 [ha] de riego presurizado (7.798 [ha] con riego por goteo y 7.221 [ha] con aspersión), lo cual generó 6.000 empleos directos en la fase constructiva, 50.000 empleos directos en el sector agrícola y 40.000 empleos indirectos en industrias y servicios vinculados a la agroexportación; además, la construcción de las centrales hidroeléctricas aportó 4.500 empleos adicionales. En

términos de producción, las actividades asociadas a esta irrigación tecnificada generaron un PBI anual de US 853 millones, con exportaciones agrícolas por US 360 millones y un beneficio para 300.000 habitantes de la región (Gobierno Regional Arequipa, 2016). A nivel nacional, el Ministerio de Economía y Finanzas señaló que la Adenda 13 de Majes-Siguas II “generaría miles de empleos directos e indirectos” en Arequipa (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). Asimismo, la inversión anunciada de US 24.000 millones para nuevos sistemas de riego en todo el país proyecta la creación de empleos directos y e indirectos en los próximos cinco años, al rehabilitar y expandir 1.000.000 [ha] adicionales de tierras cultivables (Reuters, 2025). Esta diversificación laboral, que abarca desde la construcción de obras hidráulicas hasta la transformación de alimentos, fortalece la economía local y disminuye la vulnerabilidad ante choques externos al generar fuentes de ingreso complementarias al cultivo tradicional.

4.3.3 Impacto social y de gobernanza

En este bloque se describe cómo la participación ciudadana, la formación de líderes locales y la consolidación de instancias de diálogo contribuyen a mejorar la equidad en el acceso al agua, a resolver conflictos de manera pacífica y a fortalecer la legitimidad de las instituciones hídricas. Se prevé un aumento en la cohesión social y mayor confianza en las autoridades gracias a procesos transparentes y colaborativos.

4.3.3.1 Mejora en la cohesión social y resolución de conflictos. La cohesión social se refuerza cuando los procesos de gobernanza hídrica permiten la interlocución frecuente entre actores diversos (autoridades, usuarios agrarios, organizaciones indígenas, etc.) y se establecen mecanismos formales para dirimir controversias. Un estudio sobre cuencas andinas señalaba que, tras la creación de mesas técnicas multisectoriales con representación comunitaria, las disputas por cupos de riego se redujeron en un 40% en un periodo de dos años, ya que los usuarios privilegiaban soluciones negociadas antes que litigios judiciales (García Samamé, 2024). Asimismo, experiencias de “comunidad hidrosocial” en regiones rurales han demostrado que la cogestión de recursos hídricos, incluyendo la vigilancia conjunta de fuentes y canales, incrementa la solidaridad intergrupala y disminuye tensiones derivadas de sequías o inundaciones (Paerregaard y otros, 2020).

4.3.3.2 Aumento de la percepción de equidad y legitimidad institucional. Cuando los usuarios perciben que los criterios de asignación del agua están respaldados por información transparente y se basan en normas claras, aumenta la legitimidad de las instituciones encargadas de la gestión. Un análisis del OECD destaca que, en Perú, la publicación periódica de datos sobre cuotas de consumo, proyectos de infraestructura y presupuestos por cuenca redujo la desconfianza ciudadana hacia la ANA, validando los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca como espacios de supervisión y control social (OECD, 2021d). Por su parte, una encuesta de percepción urbana mostró que el 68% de los ciudadanos confía más en las decisiones técnicas si participó en talleres de planificación local, lo cual se traduce en mayor disposición a cumplir regulaciones y pagar tarifas ajustadas al uso real (García Samamé, 2024).

4.3.4 Impacto ambiental

Finalmente, se detalla el efecto positivo esperado sobre la conservación de ecosistemas, la calidad del agua y la resiliencia frente al cambio climático. La restauración de áreas de recarga, la reducción de contaminantes agrícolas y la protección de humedales costeros son acciones clave para preservar la biodiversidad, mejorar los servicios ecosistémicos y mitigar la huella hídrica y de carbono de la región.

4.3.4.1 Mejora de la calidad del agua y reducción de contaminantes agrícolas. La implementación de prácticas de gestión integrada incluyendo monitoreo continuo, captación adecuada de vertidos y uso de tecnologías de tratamiento, contribuye a disminuir la carga contaminante en cuerpos de agua. Un estudio reciente sobre metales en recursos hídricos andinos documenta que la remoción de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) mediante sistemas de tratamiento pasivo (humedales construidos y biofiltros) redujo las concentraciones tóxicas en un 65% a 80% en aguas superficiales de cuencas mineras, mejorando la calidad para uso agrícola y de consumo (Moreno Aguirre y otros, 2024). A nivel global, la contaminación difusa por fertilizantes y pesticidas ha motivado que el 24% de las especies dulceacuícolas se encuentren en alto riesgo de extinción; estudios de NOAA y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) señalan que la gestión integrada de cuencas es clave para controlar fuentes puntuales y no puntuales de contaminación, mitigando el impacto en la biota acuática y reduciendo enfermedades transmitidas por el agua en un 30% (Lynch, 2023).

4.3.4.2 Conservación de la biodiversidad acuática y hábitats. A nivel global, el (WWF, 2022) reporta que las poblaciones de especies de agua dulce han disminuido en promedio un 83% desde 1970, debido principalmente a la pérdida y degradación de sus hábitats. En respuesta, proteger y restaurar las orillas de ríos y arroyos, mediante la plantación de vegetación ribereña y el control de vertidos, ha demostrado ser una estrategia eficaz para recuperar la diversidad acuática. Por ejemplo, en ecosistemas áridos y semiáridos de Perú registraron más de 118 familias de macroinvertebrados en tramos donde se protegieron márgenes y se redujo la contaminación, señal de que estas medidas mejoran la calidad del agua y crean condiciones estables para la fauna acuática (Arana Maestre y otros, 2021). Estos pequeños invertebrados actúan como indicadores: su presencia abundante y variada sugiere que los ríos conservan oxígeno suficiente y fondos sin excesiva sedición, lo cual favorece también a los peces y otras especies nativas.

4.3.4.3 Servicios ecosistémicos y restauración de cuencas. Los servicios ecosistémicos que proveen los sistemas acuáticos como regulación del ciclo hidrológico, control de inundaciones, recarga de acuíferos y provisión de recursos pesqueros, se ven potenciados cuando se implementan programas de restauración de cuencas y protección de humedales. En la Amazonía peruana, la valoración del uso recreativo y de subsistencia en playas fluviales indica que, al restaurar la vegetación ribereña y controlar la extracción de agua, los servicios

de pesca y turismo local aumentaron su valor económico en USD 1.200.000 anuales, mejorando la resiliencia frente a eventos climáticos extremos (Alarcon-Aguirre y otros, 2024). Por su parte, la FAO señala que, mediante prácticas de manejo adaptativo (integración de pronósticos de caudal y obras de infiltración), se ha logrado restaurar más del 20% de zonas de inundación en cuencas andinas, incrementando la recarga de acuíferos en 25% y mejorando la regulación natural de avenidas, lo que contribuye a la estabilidad ambiental y a la mitigación de sequías (FAO, 2021b).

Estas estrategias han sido organizadas en función de su horizonte de implementación, corto, mediano y largo plazo, para facilitar la comprensión de su secuenciación y prioridad. En la tabla se especifican, para cada estrategia, la zona o foco de aplicación y el actor clave responsable de su ejecución.

Tabla 6

Consolidado de estrategias propuestas

Horizonte	Estrategia	Zona o foco	Actor clave
Corto plazo	Fortalecer capacidades institucionales y de gobernanza (capacitación y creación de instancias de decisión).	Consejos de Cuenca. Comités de usuarios locales.	Autoridad Nacional del Agua (ANA). Gobiernos locales. Organizaciones de usuarios
	Establecer redes de monitoreo hidrológico y meteorológico (implementación de estaciones automáticas).	Cuencas Chira y Piura (zonas críticas).	SENAMHI. Gobiernos regionales.
	Promover mecanismos económicos y financieros para la eficiencia hídrica (esquema tarifario progresivo).	Distritos urbanos. Áreas agrícolas periurbanas.	SUNASS. Gobiernos regionales. Banco de la Nación/bancos de desarrollo.
	Consolidar plataformas digitales para seguimiento de proyectos y	Región Piura (coordinación interinstitucional).	Autoridad Regional Ambiental (ARA). ANA.

Horizonte	Estrategia	Zona o foco	Actor clave
	transparencia (portales web participativos).		Consejos de Cuenca.
	Mejorar y modernizar infraestructura de riego (revestimiento de canales, automatización de compuertas).	Áreas agrícolas de regadío (valles de Chira-Piura).	MIDAGRI. Organizaciones de usuarios de agua. Cooperativas de agricultores.
Mediano plazo	Implementar sistemas de riego tecnificado (riego por goteo y presión variable con control automatizado).	Parcelas piloto en distritos agrícolas (ej.: Sechura, Sullana).	Organizaciones de usuarios agrícolas. Empresas proveedoras de tecnología. MIDAGRI.
	Diseñar y ejecutar programas de recarga artificial de acuíferos (pozos de inyección y zanjas de infiltración).	Cabezas de cuenca (zonas de alta recarga, ej.: sierra de Piura).	ANA. Instituciones de investigación (UNP, PUCP).
	Restauración y protección de humedales y riberas (plantación de vegetación ribereña).	Humedales costeros (laguna de San Pedro).	Organizaciones conservacionistas (WWF Perú, SERNANP). Municipalidades.
Largo plazo	Ejecutar proyectos de construcción y ampliación de reservorios multiuso (adaptados a variabilidad climática).	Cuencas Chira-Piura (reservorios como Poechos).	Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Gobiernos regional y local. Cooperación internacional (bancos multilaterales).

Horizonte	Estrategia	Zona o foco	Actor clave
	Consolidar el enfoque de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (IWRM) como modelo de planificación.	Toda la región Piura (coordinación cuenca a cuenca).	ANA (a nivel nacional). Consejos de Cuenca. Municipalidades y comunidades campesinas.
	Consolidar financiamiento sostenible (bonos verdes, fondos climáticos y mercados de agua).	Región Piura (planificación financiera multisectorial).	Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Entidades financieras (bancos de desarrollo). Gobiernos regionales.
	Educación y participación ciudadana (incorporar sobre gestión hídrica en currícula).	Instituciones educativas. Comunidades rurales y urbanas.	MINEDU. Municipalidades. ONGs ambientales.

Capítulo 5

Discusión de resultados

El presente capítulo analiza los hallazgos obtenidos en la investigación comparándolos con otras experiencias similares, resaltando la novedad de la propuesta y su viabilidad local. Se evalúa cómo estrategias integrales y basadas en la circularidad del agua han resultado eficaces en otros contextos (por ejemplo, en estudios recientes sobre América Latina) y en qué medida esto apoya las estrategias planteadas para Piura (OECD, 2025). También se reflexiona sobre las lecciones aprendidas en caso de éxito y el valor agregado de la presente propuesta en el contexto piurano. Finalmente, se aborda la factibilidad de implementar dichas estrategias en Piura dadas las características ambientales y sociales locales, y se plantean recomendaciones para futuras investigaciones en la materia.

5.1 Comparación con otras experiencias exitosas

En la región latinoamericana y mundial se están adoptando modelos de economía circular del agua que priorizan la reutilización y el reciclaje para optimizar el uso hídrico. Estas experiencias muestran que integrar fuentes no convencionales (reúso, captación, desalinización) potencia la resiliencia frente a la sequía. Por ejemplo, en el estudio de la (OECD, The Circular Water Economy in Latin America, 2025) se destaca que “un enfoque circular del agua... fomentan un uso más eficiente del agua, minimizan las pérdidas y aumentan la resiliencia ante el cambio climático”. Esto coincide con la tendencia de desarrollar tecnologías híbridas y sistemas de gestión integrados que mejoran la eficiencia en cuencas en riesgo hídrico.

Un caso emblemático es el de Barcelona, que ha abordado la escasez hídrica mediante dos estrategias clave: la desalinización y la reutilización de aguas residuales. En pocos años la ciudad aumentó el uso de recursos alternativos del 3% al 60% de la demanda total. La fuente indica que gracias a la inversión en infraestructura (como plantas desalinizadoras) y sistemas de reciclaje urbano, Barcelona pasó de depender casi exclusivamente de fuentes convencionales a incorporar masivamente recursos no convencionales (Fundación Innovación Bankinter, 2024). Este ejemplo ilustra cómo la tecnología y la voluntad política conjunta pueden cambiar radicalmente la matriz hídrica en un corto plazo.

De manera similar, Murcia (España), una de las regiones más áridas de Europa, reutiliza más del 91% de sus aguas residuales tratadas. Este éxito se atribuye a la combinación de acuerdos interinstitucionales para la seguridad hídrica, innovación tecnológica en tratamientos (UV, membranas, etc.) y fuertes campañas de concienciación pública. Además, Murcia implementó riego por goteo en el 85% de su superficie agrícola, minimizando pérdidas y aumentando la eficiencia agrícola (Fundación Innovación Bankinter, 2024). Estos casos señalan que políticas audaces de reutilización, junto a mejoras tecnológicas (como en desalinización o goteo), pueden replicarse en otras zonas con escasez.

Otra experiencia relevante es el fortalecimiento de la gestión comunitaria rural en Colombia. (Becerra-Perenguez y otros, 2023) muestran que la participación comunitaria es “un componente esencial que permitió una priorización efectiva de los desafíos asociados al recurso hídrico”. Es decir, involucrar a comunidades locales en la toma de decisiones ha demostrado generar soluciones más sostenibles y apropiadas. La literatura enfatiza que la aceptación y el compromiso social son clave para que las estrategias hídricas perduren en el tiempo. En síntesis, las experiencias internacionales exitosas combinan innovación técnica, gobernanza participativa y enfoque integrado, principios en los que se inspira la propuesta desarrollada para Piura.

5.2 Valor agregado de la propuesta

La propuesta de gestión hídrica para Piura aporta valor agregado al integrar tecnologías de vanguardia con un enfoque holístico. Por ejemplo, se considera la recuperación de aguas grises y de lluvia junto con esquemas tecnológicos como en el proyecto Aquarevo (Australia), donde la combinación de captación de lluvia y tratamiento de aguas residuales en un desarrollo urbano residencial redujo “significativamente el uso de agua potable” (Fundación Innovación Bankinter, 2024). Nuestra estrategia incorpora este tipo de aproximaciones integradas que no solo ahorran agua, sino que generan subproductos aprovechables (fertilizantes, energía, etc.) mediante la recuperación de recursos. La literatura académica apunta que integrar múltiples métodos (captación pluvial, reciclaje interno, eficiencia de caldeo) permite sistemas más resilientes y eficientes (Fundación Innovación Bankinter, 2024).

Asimismo, la propuesta enfatiza la economía circular del agua, tal como recomienda la OECD. Adoptando sus principios de reutilización y reciclaje, se espera fomentar un uso más eficiente del agua en la ciudad de Piura (OECD, 2025). Este valor agregado radica en que no solo se buscan soluciones aisladas, sino un modelo sistémico donde cada gota se aprovecha al máximo. La estrategia propone modernizar infraestructura (plazas de infiltración, macro reservorios) y digitalizar la gestión (sensores, monitoreo en tiempo real), alineándose con tendencias globales de innovación en recursos hídricos (Fundación Innovación Bankinter, 2024).

Otro aporte distintivo es el énfasis en la participación local y la gobernanza integrada. Según (Becerra-Perenguez y otros, 2023), involucrar a comunidades rurales bajo principios de apropiación social del conocimiento mejora la sostenibilidad de las iniciativas hídricas. De hecho, la propuesta de Piura incluye mesas de trabajo con actores clave (gobiernos, agricultores, gremios, academia), lo que fortalece el compromiso social y la legitimidad de las acciones. Esto se traduce en mayor probabilidad de ejecución exitosa: “La participación comunitaria es un componente esencial... que facilitó la planificación de acciones transformadoras y la implementación de soluciones sostenibles” (Becerra-Perenguez y otros,

2023). En conjunto, la propuesta suma innovación técnica, enfoque circular e inclusión social, creando un valor agregado que va más allá de las políticas tradicionales en la región.

Finalmente, la propuesta aborda el cambio climático de manera proactiva. Se incorpora resiliencia ante eventos extremos (sequías, inundaciones) y planea infraestructura adaptable. Si bien este aspecto es desafiante, la literatura sugiere que requerirá transformaciones en las prácticas existentes (como indica la CEPAL para sequías intensas) (Becerra-Perenguez y otros, 2023). En conclusión, el valor agregado de la propuesta reside en su visión integral: combina tecnologías modernas, principios de economía circular y empoderamiento local para optimizar el agua de forma sostenible en Piura.

5.3 Factibilidad de implementación en Piura

La viabilidad de aplicar estas estrategias en Piura es alentadora, dado el alto nivel de conciencia y cultura del agua en la población. (Aranda Dioses, 2023) destaca que los piuranos perciben el agua tanto como un servicio urbano esencial como un bien común que merece conservación. Este constructo social favorece la aceptación de medidas de ahorro y reúso. Además, el conocimiento local sobre el río Piura y el Fenómeno El Niño puede integrarse al diseño de intervenciones, lo que contribuiría a una gestión hídrica más sostenible en el territorio de la costa norte peruana. En ese sentido, existe una base sociocultural que apoya la implementación de campañas de concienciación y gestión participativa, un factor favorable para la factibilidad de la propuesta.

En el plano institucional, Piura cuenta con órganos de gestión del agua (Autoridad Regional del Agua, Consejo de Cuenca Chira-Piura, PECHP) que pueden respaldar la iniciativa. Siguiendo recomendaciones de casos análogos en el país, la región debería fortalecer la coordinación interinstitucional. Por ejemplo, un estudio reciente en Ancash sugiere establecer instancias especializadas para registro y supervisión de proyectos hídricos, lo que “aseguraría una planificación efectiva y coordinada” de los recursos (Sánchez Llanos & Peñalver Higuera, 2024). Basados en esa experiencia, es factible que Piura habilite mecanismos similares (grupos multisectoriales, licencias integradas) que faciliten la ejecución de infraestructuras de riego y de agua potable. La existencia de planes y normativas nacionales de recursos hídricos también respalda legalmente estas acciones, lo que aumenta la factibilidad desde la óptica regulatoria.

Un factor técnico a considerar es la infraestructura actual. La represa de Poechos y los canales de riego existentes son una plataforma inicial, pero requieren mantenimiento y modernización para sostener la demanda futura. Estudios en Ancash recomiendan intensificar la gestión integrada de cuencas e invertir en embalses adicionales (Sánchez Llanos & Peñalver Higuera, 2024). Esto tiene aplicación directa en Piura: explotar nuevos reservorios u optimizar la captación puede mejorar la disponibilidad hídrica. Aunque el financiamiento y la logística pueden ser obstáculos, las lecciones de otras regiones indican que es posible lograr acuerdos de inversión público-privada para este fin. La realidad local, con varias ONG, universidades e iniciativas públicas enfocadas en agua, brinda apoyo organizativo para superar estos retos.

Finalmente, la factibilidad social se refuerza por la capacidad de la población para adaptarse. Los piuranos han afrontado históricamente ciclos de escasez (El Niño/La Niña) con soluciones comunitarias. La propuesta valoriza este potencial de acción local. En resumen, si bien existe complejidad institucional y climática en los desafíos, la conjugación de voluntad política, participación ciudadana y ejemplos de planeamiento exitoso en la región sugieren que implementar las estrategias en Piura es viable a mediano plazo (Sánchez Llanos & Peñalver Higuera, 2024). El conocimiento y compromiso local descrito por Aranda-Dioses puede facilitar la ejecución de proyectos, lo que aumenta la factibilidad real de la propuesta (Aranda Dioses, 2023).

5.4 Recomendaciones para futuras investigaciones

En vista de los resultados obtenidos, se recomienda que la investigación futura profundice en el análisis de la oferta y demanda hídrica en las distintas microcuencas de Piura. Estudios recientes en otras regiones han señalado la necesidad de datos detallados de balance hídrico para cada cuenca antes de planificar infraestructuras (Sánchez Llanos & Peñalver Higuera, 2024). Por tanto, investigaciones futuras deberían elaborar modelos hidrológicos locales actualizados y proyecciones sectoriales de demanda (agrícola, urbana, industrial) que permitan dimensionar mejor las intervenciones propuestas. Esto brindaría una base más sólida para ajustar las estrategias a las realidades concretas de cada subzona de Piura.

También conviene explorar nuevas metodologías de monitoreo y control en tiempo real. En la revisión de Ancash se sugiere implementar enfoques innovadores para monitorear la calidad del agua y evaluar medidas de mitigación ante la contaminación y el cambio climático. De manera análoga, en Piura deberían probarse tecnologías como sensores remotos, inteligencia artificial o sistemas SCADA para gestionar los recursos hídricos de forma inteligente. Estudios futuros podrían desarrollar prototipos de sistemas de alerta temprana basados en IoT para variabilidad pluvial extrema, o investigar la eficacia de técnicas de biorremediación en cuerpos receptores locales (río Piura y embalses), aprovechando la experiencia de investigación regional (Sánchez Llanos & Peñalver Higuera, 2024).

Además, es esencial investigar los aspectos socioambientales y culturales vinculados a las estrategias propuestas. Tal como (Aranda Dioses, 2023) concluye, conocer cómo los habitantes atribuyen significado al agua puede contribuir a la gestión sostenible. Por ello, futuras investigaciones deberían incluir estudios cualitativos (encuestas, entrevistas) para comprender la aceptación social de tecnologías nuevas (por ejemplo, reúso o tarifas diferenciadas) y la influencia de creencias locales en el uso del agua. También sería útil investigar el rol de las “juntas de usuarios” de riego y comunidades campesinas en la gobernanza hídrica, identificando cómo fortalecerlas para colaborar con los planes municipales y regionales. En resumen, integrar la perspectiva sociocultural en las investigaciones ofrecerá recomendaciones más completas y prácticas para asegurar que las estrategias técnicas planificadas sean apropiadas y sostenibles en Piura.

Conclusiones

Las estrategias propuestas en esta investigación han permitido establecer un marco de acción integral para afrontar la escasez hídrica y garantizar el uso eficiente del recurso en la ciudad de Piura. La implementación del enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) constituye un avance decisivo hacia una planificación más articulada, sostenible y resiliente. Al reconocer la interdependencia entre los usos agrícola, urbano e industrial, esta aproximación mejora la asignación equitativa del recurso y fortalece la coordinación entre actores, lo que es fundamental para reducir conflictos por el agua y asegurar su disponibilidad a largo plazo.

Asimismo, el fortalecimiento de las capacidades institucionales y de gobernanza hídrica se presenta como una condición habilitante para el éxito de cualquier política pública en este ámbito. La evidencia demuestra que la participación efectiva de los usuarios, articulada a través de consejos de cuenca y organizaciones de base, incrementa la legitimidad, eficacia y sostenibilidad de las decisiones. En Piura, este enfoque permitirá que las comunidades rurales y urbanas participen activamente en la planificación, ejecución y supervisión de las estrategias, reforzando así el compromiso colectivo con la seguridad hídrica.

Otro de los logros clave de la propuesta ha sido la incorporación de mecanismos económicos y financieros orientados a la eficiencia y equidad. Instrumentos como las tarifas progresivas, los incentivos para tecnologías eficientes y los esquemas de financiamiento inclusivo contribuyen a un uso racional del recurso, especialmente en sectores de alto consumo como la agricultura. Tal como se ha evidenciado en diversas experiencias internacionales, estos mecanismos permiten reducir el desperdicio, recuperar costos operativos y facilitar la inversión en infraestructura hídrica sin dejar de lado la justicia social.

En cuanto a la resiliencia frente al cambio climático, las acciones orientadas a la restauración de ecosistemas, recarga de acuíferos y monitoreo hidrometeorológico representan una respuesta técnica y socialmente pertinente ante la creciente variabilidad climática. Estas medidas fortalecen la capacidad de adaptación de la región y garantizan un abastecimiento más estable en contextos de incertidumbre. La experiencia internacional sugiere que tales estrategias pueden reducir en hasta un 30% los impactos negativos en la agricultura y mejorar la capacidad de respuesta ante sequías e inundaciones.

La propuesta también ha demostrado que es posible aumentar significativamente la eficiencia del sistema hídrico mediante la incorporación de tecnologías apropiadas. La modernización de redes de riego, el uso de sensores inteligentes y la implementación de reservorios multifuncionales permiten no solo reducir pérdidas de agua, sino también aumentar la productividad agrícola. Estudios recientes indican que estos avances pueden alcanzar niveles de eficiencia superiores al 80%, siempre que sean acompañados de asistencia técnica y políticas públicas coherentes.

En términos de financiamiento, se identificó que la sostenibilidad de las inversiones requiere la articulación de esquemas innovadores que combinen recursos públicos y privados. Mecanismos como bonos verdes, fondos climáticos y asociaciones público-privadas ofrecen oportunidades reales para viabilizar proyectos estratégicos en el ámbito hídrico. Sin embargo, para aprovechar estas oportunidades es necesario mejorar la capacidad técnica de las entidades subnacionales para diseñar y presentar proyectos estructurados y bancables.

Finalmente, se concluye que la sostenibilidad de largo plazo en la gestión del recurso hídrico depende, en buena medida, de la transformación de la cultura del agua en la sociedad. La educación hídrica y la participación ciudadana son pilares fundamentales para lograr este cambio. La inclusión de contenidos hídricos en la currícula escolar, la implementación de campañas de concienciación y la promoción del ahorro desde los hogares y las instituciones fortalecen la apropiación del recurso por parte de la ciudadanía, ya que una sociedad informada y sensibilizada es la mejor aliada para proteger y gestionar adecuadamente un recurso tan vital como el agua.



Glosario

Acuífero: Formación geológica subterránea que contiene agua en sus poros o fracturas y puede suministrar agua mediante pozos.

Agroclima: Conjunto de condiciones climáticas (temperatura, precipitación, humedad, radiación solar) que influyen en la producción agrícola de una región específica.

Análisis de Impacto Regulatorio (AIR): Herramienta metodológica que evalúa los costos y beneficios de nuevas regulaciones o cambios en las existentes, midiendo sus efectos en diferentes actores y objetivos públicos.

Biodiversidad acuática: Variedad de especies de plantas, animales y microorganismos que habitan ecosistemas de agua dulce o salobre (ríos, lagunas, humedales), cuya conservación es esencial para la salud ambiental.

Captación pluvial urbana: Sistema de recolección de agua de lluvia en áreas urbanas (tejados, calles, plazas) mediante canaletas y tuberías que la almacenan para usos no potables o recarga de acuíferos.

Carga contaminante: Cantidad de contaminantes (sólidos, nutrientes, metales, patógenos) transportados por un cuerpo de agua en un tiempo determinado, indicador clave para evaluar calidad hídrica.

Caudal ambiental: Volumen mínimo de agua que debe mantenerse en un cauce para preservar la funcionalidad ecológica y la biodiversidad del ecosistema acuático.

Caudal ecológico: Volumen mínimo de agua que debe mantenerse en un río o ecosistema acuático para preservar sus funciones biológicas y servicios ecosistémicos.

Colectores secundarios: Tuberías o canales que captan aguas residuales o pluviales de varias viviendas o manzanas y las conducen hacia colectores principales en sistemas de alcantarillado.

Conservación de humedales: Acciones para proteger y restaurar zonas húmedas (como lagunas, pantanos o manglares) que actúan como reguladoras del ciclo hídrico y albergan biodiversidad.

Consumo per cápita de agua: Volumen promedio de agua (m³ o litros) utilizado por persona en un determinado periodo (día, mes, año) para consumo doméstico, industrial, agrícola y recreativo.

Contaminación difusa: Vertimiento de contaminantes provenientes de múltiples fuentes no puntuales (escorrentía agrícola, aguas pluviales urbanas), difícil de identificar y controlar por su dispersión.

Cuenca binacional: Cuenca hidrográfica que se extiende en territorio de dos países (por ejemplo, cuenca Catamayo-Chira entre Perú y Ecuador), donde la coordinación transfronteriza es clave para la gestión integrada.

Cuenca endorreica: Cuenca sin desagüe exterior (oceánico o fluvial), donde el agua se evapora o infiltra en el suelo en lugar de fluir hacia el mar; ejemplo: sistemas lagunares o salinos.

Cuenca hidrográfica: Área territorial delimitada por divisorias de aguas donde todas las precipitaciones convergen hacia un mismo cauce fluvial y, finalmente, a un cuerpo receptor (río, lago o mar).

Demanda evaporativa: Cantidad de agua que se pierde por evapotranspiración (evaporación del suelo más transpiración de la vegetación) en un área, parámetro relevante en balance hídrico.

Desalinización: Proceso tecnológico mediante el cual se elimina la sal y otros minerales del agua de mar o salobre para convertirla en agua apta para el consumo humano o usos industriales.

Economía circular del agua: Modelo de gestión hídrica que promueve la prevención del desperdicio, la reutilización y el reciclaje de agua y recursos derivados (como nutrientes) en un ciclo cerrado.

Educación hídrica: Proceso de enseñanza-aprendizaje orientado a fomentar la comprensión del ciclo del agua, su importancia ambiental y la adopción de prácticas de uso responsable en la población.

Eficiencia hídrica: Indicador que mide la relación entre los beneficios obtenidos (productivos o sociales) y el volumen total de agua consumido o perdido en un proceso o sistema.

Enfoque de cuenca: Perspectiva de gestión que considera la cuenca hidrográfica como unidad básica de planificación y ordenamiento, integrando aspectos sociales, económicos y ambientales aguas arriba y abajo.

Escasez hídrica: Situación en la que la demanda de agua supera la disponibilidad disponible, ya sea por limitaciones naturales, sobreexplotación o contaminación del recurso.

Estación hidrometeorológica: Conjunto de sensores y equipos instalados en un sitio específico para medir variables climáticas (precipitación, temperatura, humedad) y fluviales (nivel y caudal de ríos).

Gestión del ciclo urbano del agua: Administración integral de todas las fases del servicio de agua en zonas urbanas: captación, potabilización, distribución, saneamiento, tratamiento de aguas residuales y reúso.

Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH): Enfoque de planificación y administración del agua que busca armonizar los usos agrícolas, urbanos, industriales y ambientales dentro de una cuenca, promoviendo la equidad y sostenibilidad.

Gobernanza del agua: Conjunto de normas, procesos y actores involucrados en la toma de decisiones, planificación, regulación y control del uso y conservación del recurso hídrico.

Humedales: Ecosistemas donde el suelo permanece saturado o inundado de forma permanente o estacional, que actúan como esponjas reguladoras de escorrentías, recarga de acuíferos y hábitats de biodiversidad.

Indicadores de sostenibilidad hídrica: Conjunto de métricas (uso per cápita, eficiencia de riego, calidad del agua, acceso a servicios, cobertura de saneamiento) que miden el desempeño de un sistema hídrico hacia objetivos de sostenibilidad.

Índice de estrés hídrico: Relación entre demanda total de agua y disponibilidad de agua renovable en una región, indicador que clasifica niveles de estrés: bajo, medio, alto o muy alto.

Infraestructura gris: Obras de ingeniería tradicionales (presas, canales, tuberías, plantas de tratamiento) construidas para almacenar, transportar y potabilizar agua, y para gestionar aguas residuales.

Infraestructura verde: Soluciones basadas en la naturaleza (bosques ribereños, humedales restaurados, jardines de lluvia) que mejoran la infiltración, reducen escorrentías y mitigan inundaciones.

Microcuenca: Subdivisión de una cuenca hidrográfica más pequeña, con límites definidos por divisorias locales, que permite un análisis detallado de recursos y procesos hidrológicos.

Monitoreo hidrológico: Seguimiento sistemático de variables como nivel, caudal y calidad de cuerpos de agua, con el fin de evaluar disponibilidad y detectar riesgos (inundaciones, sequías).

Nexo agua-alimentos-energía: Concepto que reconoce las interdependencias entre la producción de alimentos, la generación de energía y el uso del agua, sugiriendo políticas integradas para optimizar recursos y minimizar conflictos.

Plan de Gestión de Recursos Hídricos (PGRH): Documento de planificación a nivel de cuenca que establece metas, estrategias, acciones y responsabilidades para la gestión integral del agua, considerando objetivos ambientales, sociales y económicos.

Recarga artificial de acuíferos: Técnicas diseñadas para aumentar la infiltración de agua al subsuelo (mediante zanjas, pozos de inyección u otras estructuras) con el objetivo de recuperar niveles freáticos.

Recarga natural de acuíferos: Proceso mediante el cual el agua de lluvia o de infiltración superficial penetra al subsuelo, alimentando los niveles freáticos de forma espontánea, esencial para la sostenibilidad de pozos y manantiales.

Recursos hídricos no convencionales: Fuentes de agua alternativas a las superficiales y subterráneas tradicionales, que incluyen el reúso de aguas residuales tratadas, la captación de agua de lluvia y la desalinización.

Red de riego: Conjunto organizado de elementos (canales, tuberías, estaciones de bombeo, compuertas) destinados a llevar agua desde la fuente (presa, río, pozo) hasta los campos agrícolas.

Residuos sólidos orgánicos: Material biológico de origen vegetal o animal (restos de poda, desechos de alimentos) que, al compostarse, puede generar fertilizantes y reducir la carga de materia orgánica en cuerpos de agua.

Resiliencia climática: Capacidad de un sistema (social, económico o ambiental) para resistir, adaptarse y recuperarse rápidamente de los impactos adversos asociados al cambio climático.

Resiliencia urbana: Capacidad de una ciudad o comunidad para anticipar, resistir, adaptarse y recuperarse de forma rápida y estable frente a eventos adversos, incluidos los riesgos hídricos (inundaciones, sequías).

Riego tecnificado: Conjunto de sistemas de distribución de agua (por goteo, aspersión o presión variable) que optimizan el uso del recurso, reduciendo pérdidas por evaporación e infiltración.

Saneamiento básico: Conjunto de infraestructuras y servicios (alcantarillado, tratamiento de aguas residuales, letrinas) que previenen la exposición a patógenos y protegen la salud pública y el medio ambiente.

Sedimentación: Proceso natural o inducido por la erosión donde partículas de suelo y minerales se depositan en embalses, ríos o lagos, reduciendo su capacidad de almacenamiento y afloramiento, y afectando la calidad del agua.

Seguridad alimentaria hídrica: Garantía de disponer de agua suficiente y de calidad para la producción agrícola, pecuaria y pesquera, que a su vez sustenta la disponibilidad, acceso y estabilidad de alimentos en una región.

Seguridad hídrica: Condición en la cual una población puede garantizar un acceso sostenible a cantidades suficientes de agua de calidad apropiada para su desarrollo socioeconómico, salud y protección de ecosistemas, bajo condiciones estables y sin conflictos.

Sequía meteorológica: Periodo prolongado de escasez de precipitación inferior al promedio histórico que afecta la recarga de ríos, embalses y acuíferos, con impactos en la disponibilidad hídrica.

Sistema de Información Geográfica (SIG): Herramienta informática que integra, almacena, analiza y representa datos georreferenciados (como mapas de cuencas, uso del suelo, redes de tuberías), facilitando la toma de decisiones en gestión hídrica.

Unidad de Gestión de Recursos Hídricos (UGRH): Dependencia o entidad regional encargada de coordinar la implementación de políticas, planes y proyectos hídricos en una jurisdicción específica, a menudo vinculada a la Autoridad del Agua.

Vulnerabilidad hídrica: Grado en que una población, ecosistema o infraestructura es susceptible a impactos adversos derivados de la escasez de agua, inundaciones o cambios en la calidad del recurso.

Zanja de infiltración: Estructura lineal excavada en la superficie del suelo que facilita la infiltración de agua al subsuelo para recargar acuíferos, frecuentemente empleada en zonas de recarga de quebradas o aterramientos agrícolas.

Zonas de recarga: Áreas específicas (generalmente cabeceras de cuenca o zonas de recarga natural) donde el agua de precipitación o escorrentía infiltra al subsuelo, alimentando acuíferos.



Lista de abreviaturas

- AIR: Análisis de Impacto Regulatorio
- AECID: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
- APP: Alianza Público-Privada
- AQUASTAT: FAO's Global Information System on Water and Agriculture
- DRAP: Dirección Regional de Agricultura de Piura
- ELPAÍS: El País (periódico)
- FAO: Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
- GIRH: Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
- GWP: Global Water Partnership
- IPE: Instituto Peruano de Economía
- IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático)
- IGME-CSIC: Instituto Geológico y Minero de España – Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- IWRM: Integrated Water Resource Management (Gestión Integrada del Recurso Hídrico)
- MIDAGRI: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
- OECD: Organization for Economic Co-operation and Development (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos)
- OPSI: Observatory of Public Sector Innovation (Observatorio de Innovación del Sector Público)
- PBI: Producto Bruto Interno
- PGRH: Plan de Gestión de Recursos Hídricos
- PNRH: Plan Nacional de Recursos Hídricos
- POMDIH: Planes Operativos Multianuales de Desarrollo Integral del Recurso Hídrico
- PUCP: Pontificia Universidad Católica del Perú
- PUE: Punto de Uso Eficiente
- PSON: Programa de Saneamiento
- PUOS: Protocolo de Uso y Operación de Sistemas

PURI: Plan Urbano de Resiliencia Hídrica

PUSH: Plan Urbano de Seguridad Hídrica

PVO: Programa de Voluntariado en Operaciones Hídricas

PZRH: Políticas Zonales de Recurso Hídrico

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

SIG: Sistema de Información Geográfica

SNGRH: Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos

SUNASS: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

UN: United Nations (Naciones Unidas)

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
(Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)

UNOPS: United Nations Office for Project Services (Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos)

UN Water: United Nations Water (entidad Inter agencial de la ONU dedicada al agua)

UGRH: Unidad de Gestión de Recursos Hídricos

UAH: Unidad de Alerta Hídrica

UGEH: Unidad de Gestión de Emergencias Hídricas

UAAS: Unidad Administrativa de Agua y Saneamiento

VNR: Voluntary National Review (Revisión Nacional Voluntaria, en el contexto de los ODS)

WASH: Water, Sanitation and Hygiene (Agua, Saneamiento e Higiene)

WWDR: World Water Development Report (Informe Mundial de Desarrollo del Agua)

Referencias

- AGRARIA.PE. (2023). *AGRARIA.PE*. <https://agraria.pe/noticias/mipymes-exportadoras-que-participan-en-proyectos-piloto-vend-30533>
- AGROPERÚ. (2023). Piura: Inauguran obras de infraestructura hídrica para irrigar 11 793 hectáreas. <https://www.agroperu.pe/piura-inauguran-obras-de-infraestructura-hidrica-para-irrigar-11-793-hectareas/>
- AgroPerú. (2025). *AgroPerú*. <https://www.agroperu.pe/inia-impulsa-tecnologias-para-el-uso-eficiente-del-agua-de-riego-en-piura/>
- Alarcon-Aguirre, G., Del Águila Romero, Y., Vela-Dafonseca, M., Zevallos Pollito, P., Rodriguez Achata, L., Ramos Enciso, D., . . . Garate-Quispe, J. (2024). Valuation of Ecosystem Services of Fluvial Beaches in the Southeastern Peruvian Amazon. <file:///C:/Users/damia/Downloads/water-16-03474-with-cover.pdf>
- ANA. (2015). *Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la cuenca Chira-Piura*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4433253/Plan%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20los%20recursos%20h%C3%ADricos%20de%20la%20cuenca%20Chira%20-%20Piura.pdf>
- ANA. (2016). *Priorización de Cuencas para la Gestión de los Recursos Hidricos*.
- ANA. (2019). *LEY DE LOS RECURSOS HÍDRICOS LEY Nº 29338*. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/228/ANA0000044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANA. (2022). *Informe Anual 2021*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/file_content/ANA_Memoria%202021%20FINAL_EEFF.pdf
- ANA. (s.f.). *ANA*. <https://www.ana.gob.pe/sistema-nacional-gestion-recursos-hidricos/que-es>
- Andina. (2009). Sinersa inauguró Central Hidroeléctrica Poechos II en Piura con inversión de casi US\$ 14 millones. <https://andina.pe/agencia/noticia-sinersa-inauguro-central-hidroelectrica-poechos-ii-piura-inversion-casi-14-millones-241311.aspx>
- Andina. (2021). Energía limpia: entregan en Piura obra de agua potable que opera con paneles solares. <https://andina.pe/agencia/noticia-energia-limpia-entregan-piura-obra-agua-potable-opera-paneles-solares-843669.aspx#:~:text=El%20proyecto%20opera%20mediante%2044,la%20operaci%C3%B3n%20ante%20alguna%20eventualidad>
- Ángeles Fernández, M., & Marcos, J. (2020). *Climática*. <https://climatica.coop/agua-cotiza-bolsa-wall-street/>

- Colegio de Economistas de Piura. (2023). *Nota informativa N.º 017-2023: Situación hídrica de la región Piura*. <https://www.cepiura.org.pe/wp-content/uploads/2023/05/NOTA-INFORMATIVA-017-2023.pdf>
- Criqui, L. (2020). Sociotechnical Alternatives and Controversies in Extending Water and Sanitation Networks in Lima, Peru. <https://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol13/v13issue1/569-a13-1-8/file>
- de Groot, R., Brander, L., & Solomonides, S. (2020). *Update of global ecosystem service valuation database (ESVD)*. https://www.es-partnership.org/wp-content/uploads/2020/08/ESVD_Global-Update-FINAL-Report-June-2020.pdf
- DRAP. (2024). *gob.pe*. <https://www.gob.pe/institucion/regionpiura-dra/noticias/1062146-mas-de-1-500-reservorios-transformaran-la-agricultura-en-la-region-piura>
- EL PAÍS. (2024). *EL PAÍS*. <https://elpais.com/america-futura/2024-12-06/de-las-inundaciones-a-una-profunda-sequia-el-cambio-climatico-se-ceba-con-el-norte-de-peru.html>
- FAO. (2020). *FAO AQUASTAT and the SDG indicators 6.4.1. and 6.4.2*. https://unstats.un.org/unsd/envstats/fdes/EGES7/Sess3_FAO2_%20AQUASTAT.pdf
- FAO. (2021). *AQUASTAT - FAO's Global Information System on Water and Agriculture*. <https://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use>
- FAO. (2021). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ecb51a59-ac4d-407a-80de-c7d6c3e15fcc/content>
- Fernades, E., & Marques, R. (2023). Review of Water Reuse from a Circular Economy Perspective. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/5/848>
- Fornés Azcoiti, J. M. (2022). Relatoría: Abastecimiento de núcleos de población con aguas subterráneas (1ª edición). https://digital.csic.es/bitstream/10261/273709/1/abastecimiento_n%c3%bacleos_po blaci%c3%b3n_2022.pdf
- Foro Económico Mundial. (2022). Así es como el sector financiero debe hacer frente a la creciente crisis del agua. <https://es.weforum.org/stories/2022/07/asi-es-como-el-sector-financiero-debe-hacer-frente-a-la-creciente-crisis-del-agua/>
- Fundación Innovación Bankinter. (2024). *Agua: Nuestro recurso vital en jaque*. <https://www.fundacionbankinter.org/wp-content/uploads/2024/10/Informe-Agua-FTF-Fundacion-Innovacion-Bankinter-ESP-2024.pdf#:~:text=y%20asegurando%20una%20fuente%20confiable,En%202021%2C%20solo>

- García Samamé, E. (2024). Gestión del agua en las organizaciones de usuarios, a trece años de creada la Autoridad Nacional del Agua en Perú. <http://45.231.83.156/handle/20.500.12996/6245>
- Geels, F., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733307000248>
- Gleick, P. (2018). Transitions to freshwater sustainability.
- Global Commission on the Economics of Water. (2024). *Global Commission on the Economics of Water*. <https://economicsofwater.watercommission.org/chapter-08/>
- Global Water Partnership. (2020). The Need for an Integrated Approach. <https://www.gwp.org/en/about/why/the-need-for-an-integrated-approach/>
- Gobierno Regional Arequipa. (2016). *Gob.pe*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1324477/2017%20Situaci%C3%B3n%20de%20Majes%20Siguas,%20Avances%20y%20Beneficios.pdf>
- Gobierno Regional de Piura. (2025). Gobierno Regional Piura destaca la importancia del riego tecnificado para el uso eficiente del agua. <https://www.gob.pe/institucion/regionpiura-dra/noticias/1126330-gobierno-regional-piura-destaca-la-importancia-del-riego-tecnificado-para-el-uso-eficiente-del-agua>
- Grupo Banco Mundial. (2022). Gestión de los recursos hídricos. <https://www.bancomundial.org/es/topic/waterresourcesmanagement>
- Grupo Banco Mundial. (2025). Como la principal fuente multilateral de financiamiento para el sector hídrico en los países en desarrollo, el Banco Mundial se ha comprometido a proteger el agua para las personas y el planeta. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- Hall, J. (2024). The Role of Citizen Science in Monitoring Water Quality. <https://krakensense.com/blog/the-role-of-citizen-science-in-monitoring-water-quality>
- Hoefsloot, F., Jimenez, A., Miranda Sara, L., Estacio Flores, L., Martinez, J., & Pfeffer, K. (2022). The Observatorio Metropolitano de Agua para Lima-Callao: A Digital Platform for Water and Data Justice. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-19429-0_36?#:~:text=de%20Agua%20para%20Lima,and%20collect%20and%20diffuse%20data
- IDRICA. (2023). Tendencias del agua en planificación hídrica para 2023: Adaptación a los recursos disponibles. <https://www.idrica.com/es/blog/tendencias-del-agua-en-planificacion-hidrica-para-2023-adaptacion-a-los-recursos-disponibles/>

- INEI. (2020). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*. Lima. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf
- Instituto de Montaña. (s.f.). *Instituto de Montaña*. <https://mountain.pe/proyectos/ecosistemas/cumbres-costa/vinculando-cumbres-y-costa/cuenca-del-rio-chira-piura/>
- INTE PUCP. (2024). *INTE PUCP*. <https://inte.pucp.edu.pe/noticias-y-eventos/noticias/la-gestion-responsable-del-agua-en-peru-un-desafio-urgente-ante-la-crisis-hidrica/>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf
- IPE. (2025). *Instituto Peruano de Economía*. <https://ipe.org.pe/piura-continuidad-en-el-acceso-a-agua-potable-llega-a-nueve-horas-al-dia/>
- Iseman, T., & Garrick, D. (2020). Flow State: New Incentives, Strategies and Innovations for Water Scarcity. <https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-insights/perspectives/incentives-strategies-innovations-water-security/>
- Lakhari, I. A. (2024). A Review of Precision Irrigation Water-Saving Technology under Changing Climate for Enhancing Water Use Efficiency, Crop Yield, and Environmental Footprints. <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/7/1141>
- León Ochoa, R., Portuguese Mautua, D., & Chávarri Velarde, E. (2019). Modelación de la disponibilidad hídrica del río Piura - Perú, considerando la incidencia del cambio. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v21n3/a04v21n3.pdf>
- LG SONIC. (2021). Tres conclusiones principales – Tendencias en la Gestión de los Recursos Hídricos. <https://www.lgsonic.com/es/tres-conclusiones-principales-tendencias-en-la-gestion-de-los-recursos-hidricos/>
- Lynch, A. (2023). People need freshwater biodiversity. <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wat2.1633>
- MIDAGRI. (2024). *Cálculo de Eficiencia para Sistemas de Riego*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7245218/6197883-manual-n-6-calculo-de-eficiencia-para-sistemas-de-riego.pdf>
- MINAGRI. (2013). *Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursos_hidricos2013.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Ministerio de Economía y Finanzas*. https://www.mef.gob.pe/en/?option=com_content&language=en-GB&Itemid=100828&view=article&catid=0&id=7098&lang=en-GB

- Moreno Aguirre, S., Vértiz Osoreo, J., Paredes Espinal, C., Meseth, E., Vílchez Ochoa, G., Espino Ciudad, J., & Flores del Pino, L. (2024). Ecological risk of metals in Andean water resources: A framework for early environmental assessment of mining projects in Peru. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30739>
- Naciones Unidas. (2025). *UN Water*. UN Water: https://www.unwater.org/sites/default/files/2025-01/UN-Water_Water_Facts_one_pager_January_2025.pdf
- NASA. (2025). *El Monitoreo Global del Nivel de la Superficie del Agua Terrestre Mediante la Teledetección*. https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2025-05/SWOT_Part2_Spanish.pdf
- OECD. (2016). *OECD Council: Recommendation on Water*. <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/water/council-recommendation-on-water.pdf>
- OECD. (2020). Addressing the social consequences of tariffs for water supply and sanitation - Environment Working Paper No. 166. <https://one.oecd.org/document/ENV/WKP%282020%2913/En/pdf>
- OECD. (2020). Policy Framework on Sound Public Governance: Baseline Features of Governments that Work Well. https://www.oecd.org/en/publications/policy-framework-on-sound-public-governance_c03e01b3-en/full-report.html#foreword-d1e19
- OECD. (2021). *Financing a Water Secure Future*. <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/networks/roundtable-on-financing-water/brochure-financing-a-water-secure-future.pdf>
- OECD. (2021). *Financing water security for sustainable growth in Asia and the Pacific*. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/03/financing-water-security-for-sustainable-growth-in-asia-and-the-pacific_5f40fd19/3bc15c5b-en.pdf
- OECD. (2021). *Measuring Progress in Agricultural Water Management: Challenges and Practical Options*. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/06/measuring-progress-in-agricultural-water-management_b6543a2a/52b4db7e-en.pdf
- OECD. (2021). *Studies on Water: Water Governance in Peru*. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/03/water-governance-in-peru_0980e96a/568847b5-en.pdf
- OECD. (2021). *Toolkit for Water Policies and Governance: Converging Towards the OECD Council Recommendation on Water*.

- https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/03/toolkit-for-water-policies-and-governance_783de7b0/ed1a7936-en.pdf
- OECD. (2021). *Water Governance in Cape Town, South Africa*. https://www.oecd.org/en/publications/water-governance-in-cape-town-south-africa_a804bd7b-en/full-report.html
- OECD. (2022). *OECD Studies on Water: Financing a Water Secure Future*. https://www.oecd.org/en/publications/financing-a-water-secure-future_a2ecb261-en.html
- OECD. (2024). *A Handbook of What Works: Solutions for the Local Implementation of the OECD Principles on Water Governance*. https://www.oecd-ilibrary.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/05/a-handbook-of-what-works_33112bf3/bf54627e-en.pdf
- OECD. (2025). *The Circular Water Economy in Latin America*. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/04/the-circular-water-economy-in-latin-america_e1f4eade/a0508572-en.pdf
- OPSI. (2020). Public policy is a practice and discipline of making tangible written rules that govern a group of people or society at large. <https://oecd-opsi.org/guide/public-policy/>
- Paerregaard, K., Baez Ullberg, S., & Brandshaug, M. (2020). Smooth flows? Hydrosocial communities, water governance and infrastructural discord in Peru's southern highlands. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/02508060.2020.1755538?needAccess=true>
- Pattinson, N. B., Taylor, J., Dickens, C. W., & Graham, P. M. (2023). *Digital Innovation in Citizen Science to Enhance Water Quality Monitoring in Developing Countries*. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/11de2430-8f99-4cd5-a65c-5ce6cb1800e2/content>
- PUCP. (2024). *Emergencia hídrica en Piura: impactos y desafíos para la gestión del agua en el norte del país*. <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/emergencia-hidrica-en-piura-impactos-y-desafios-para-la-gestion-del-agua-en-el-norte-del-pais/>
- Radio Nacional. (2024). *Radio Nacional*. <https://www.radionacional.gob.pe/novedades/dialogo-abierto/piura-ana-creara-programa-nacional-de-agua-subterranea-contra-escasez-hidrica>
- Radio Nacional. (2024). *Radio Nacional*. <https://www.radionacional.gob.pe/novedades/el-informativo-edicion-tarde/sequia-en-piura-otass-abastece-con-cisternas-zonas-donde-se-carece-de-agua>

- Reuters. (2025). Peru to spend \$24 billion on irrigation to expand farmlands. <https://www.reuters.com/world/americas/peru-spend-24-billion-irrigation-expand-farmlands-2025-03-24/>
- Sánchez Llanos, M., & Peñalver Higuera, M. J. (2024). *Planificación y gestión integral del recurso hídrico en la región de Ancash*. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S2739-00632025000202006&script=sci_arttext#:~:text=1,recursos%20h%C3%ADdricos%20en%20la%20regi%C3%B3n
- Statkraft. (2023). STATKRAFT PERÚ ADQUIERE DOS PROYECTOS DE ENERGÍA RENOVABLE EN EL NORTE Y SUR DEL PAÍS. <https://revistaenergia.pe/statkraft-peru/#:~:text=Cabe%20resaltar%20que%20la%20capacidad,de%20producci%C3%B3n%20durante%20el%20a%C3%B1o>
- Stockholm International Water Institute. (2020). *Principles and Practices of Integrated Water Resources Management*. https://siwi.org/wp-content/uploads/2020/06/IWRM_Manual1_final.pdf
- UN Water. (2015). What is Water Security? Infographic. https://www.unwater.org/publications/what-water-security-infographic?utm_source=chatgpt.com
- UN Water. (2019). *The United Nations world water development report 2019: leaving no one behind*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>
- UN Water. (2021). *The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>
- UN Water. (2021). Water, Food and Energy. <https://www.unwater.org/water-facts/water-food-and-energy>
- UN Water. (2023). *The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and cooperation for water*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384655>
- UN Water. (2024). Financing Water and Sanitation. <https://www.unwater.org/water-facts/financing-water-and-sanitation>
- UN Water. (2024). *The United Nations World Water Development Report 2024: water for prosperity and peace*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388948>
- UN Water. (2024). *The United Nations World Water Development Report 2024: Water for Prosperity and Peace*. <https://globalwater.osu.edu/sites/default/files/2024-03/The%20United%20Nations%20World%20Water%20Development%20Report%202024-%20water%20for%20prosperity%20and%20peace.pdf>
- UNESCO. (2024). *Green school quality standard. Greening every learning environment*. <https://doi.org/https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390028>

- UNESCO. (2024). What you need to know about education for sustainable development. <https://www.unesco.org/en/sustainable-development/education/need-know>
- United Nations. (2023). *GLOBAL SUSTAINABLE WATER AND ENERGY SOLUTIONS NETWORK*. https://sdgs.un.org/sites/default/files/2024-01/SWESN%20Annual%20Report%202023%20%28final%29.pdf?_gl=1*o9gz0t*_ga*N DQ4OTc3MjM3LjE3NDU2MDg1NjM.*_ga_TK9BQL5X7Z*MTc0NTYwODU2My4xLjEuMTc0NTYwODU5Ni4wLjAuMA..*_ga_SCSJZ3XC0L*MTc0NTYwODU2My4xLjEuMTc0NTYwODU5Ni4wL
- United Nations Environment Programme. (2024). *Progress on implementation of Integrated Water Resources Management. Mid-term status of SDG indicator 6.5.1 and acceleration needs, with a special focus on climate change*. https://www.unwater.org/sites/default/files/2024-08/SDG6_Indicator_Report_651_Progress-on-Implementation-of-IWRM_2024_EN_0.pdf
- Universidad de Piura. (2024). Sistemas de bombeo que instaló la UDEP garantizan el agua en zonas de Lancones. <https://www.udep.edu.pe/hoy/2024/11/sistemas-de-bombeo-que-instalo-la-udep-garantizan-el-agua-en-zonas-de-lancones/#:~:text=Los%20sistemas%20de%20bombeo%20fueron,vital%20recurso%20en%20la%20zona>
- UNOPS. (2022). *UNOPS*. <https://www.unops.org/es/news-and-stories/stories/combating-water-scarcity-in-peru>
- Vicente Judith, Y., Venegas Mejía, V., Esquivel-Grados, J., Rodríguez López, J., Arispe Alburqueque, C., & Huaita Acha, D. (2024). Hydrological Education in Andean Rural Communities of Peru Within the Framework of University Social Responsibility. https://www.researchgate.net/publication/384390273_Hydrological_Education_in_Andean_Rural_Communities_of_Peru_Within_the_Framework_of_University_Social_Responsibility
- Vinelli Ruiz, M. (2021). La brecha de infraestructura de riego en el sector agropecuario. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/la-brecha-de-infraestructura-de-riego-en-el-sector-agropecuario>
- White & Case. (2024). Under pressure: Latin American water sector turns to private investment. <https://www.whitecase.com/insight-our-thinking/latin-america-focus-2024-water-sector-private-investment>
- World Bank. (2021). *Global Water Security and Sanitation Partnership: Annual Report 2021*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/470921636660686226/global-water-security-and-sanitation-partnership-annual-report-2021>

- World Bank. (2023). *Peru - Irrigation for Climate Resilient Agriculture Project (English)*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099110723153030442/bosib09cc06ec807508e920762f2357812a>
- World Bank. (2023). *Perú: Acciones Estratégicas para la Seguridad Hídrica*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099062023100531967/pdf/P17363612652300491a20b167e3b55cf68d.pdf>
- WWF. (2022). *Living Planet Report 2022 – Building a naturepositive society*. https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/embargo_13_10_2022_lpr_2022_full_report_single_page_1.pdf
- Zapata Ruiz, R. (2024). *Norte Sostenible*. <https://nortesostenible.com/crisis-hidrica-en-piura-hace-casi-dos-meses-se-sabia-del-deficit-de-agua/>

