

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

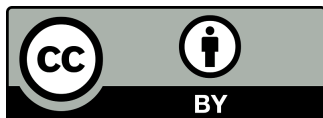
**Viabilidad económica de la reutilización de aguas y
valoración económica de los beneficios ambientales de la
laguna San Camilo, Arequipa, 2024**

Heidi Cecilia Julcarima Varillas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Arequipa, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Guido Mario Cuadros Ramirez
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 05 de febrero de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Viabilidad económica de la reutilización de aguas y valoración económica de los beneficios ambientales de la laguna san camilo arequipa, 2024

Autores:

1. Heidi Cecilia Julcarima Varillas – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores | SI ☐ | NO ☒ |
| Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): | | |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



Guido Mario Cuadros Ramirez
Coordinador Académico de EAP
Ingeniería Ambiental
Filiat Arequipa

Asesor de trabajo de investigación

ASESOR

Ing. Guido Mario Cuadros Ramirez

AGRADECIMIENTO

Con gratitud y aprecio, deseo expresar mi sincero reconocimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este estudio sobre la viabilidad económica de la reutilización de aguas y la valoración de los beneficios ambientales de la Laguna San Camilo, en Arequipa, durante el año 2024.

En primer lugar, extendiendo mi más profundo agradecimiento a los habitantes de la comunidad local de Arequipa, cuyo apoyo y colaboración fueron fundamentales para la recolección de datos y la comprensión de las complejidades ambientales y económicas que rodean a la Laguna San Camilo. Su participación y su conocimiento del área resultaron invaluable para el desarrollo de este estudio.

Asimismo, expreso mi gratitud a los expertos en medio ambiente, ingeniería y economía, quienes aportaron su experiencia y conocimientos especializados para analizar los datos recopilados y ofrecer perspectivas clave sobre la viabilidad económica de la reutilización de aguas y los beneficios ambientales de la laguna. Sus contribuciones fueron esenciales para enriquecer este trabajo y proporcionar recomendaciones fundamentadas.

Finalmente, agradezco a las autoridades locales y a las organizaciones ambientales que respaldaron este proyecto desde sus inicios. Su compromiso con la conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible fue fundamental para avanzar en la investigación y promover acciones concretas para mejorar la gestión del agua y proteger la Laguna San Camilo.

DEDICATORIA

Mi más amplio agradecimiento a Dios, por permitirme terminar mi carrera profesional de modo satisfactorio. Además, el agradecimiento a mis padres por su constante apoyo en el transcurso de mi desarrollo profesional. Agradezco a mi asesor por su orientación en el proceso de la presente investigación.

Heidi Cecilia Julcarima Varillas

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	5
1.2.1. Problema General	5
1.2.2. Problemas específicos	5
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	6
1.4. Justificación	6
1.4.1. Teórica	6
1.4.2. Práctica	6
1.4.3. Metodológica.....	7
1.5. Importancia	8
1.6. Delimitación	9
1.6.1. Delimitación Temporal.....	9
1.6.2. Delimitación Espacial	9
1.7. Hipótesis	9

1.7.1. Hipótesis Específicos.	9
1.8. Variables.....	10
1.8.1. Descripción de variables	10
1.8.2. Operacionalización de variables	11
CAPÍTULO II	12
MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Antecedentes de la investigación	12
2.1.1. Antecedentes internacionales	12
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	24
2.2. Bases teóricas	29
2.2.1. Reutilización de aguas	29
2.2.2. Reutilización de aguas, viabilidad económica de la reutilización de aguas	37
2.2.3. Metodología para evaluar la viabilidad económica de reutilización de aguas	43
2.2.4. Valoración económica de lagunas (agua)	61
2.2.5. Metodologías para realizar la valoración económica de beneficios ambientales.....	82
2.2.6. La gestión de la economía en la asignación de este recurso entre la sociedad.....	91
2.2.7. Métodos que crean mercados hipotéticos.....	109
2.3. Definición de términos	116
CAPÍTULO III	119
METODOLOGÍA.....	119
3.1. Método y alcance de la investigación	119
3.2. Diseño de la investigación	121
3.3. Población y muestra	124
3.3.1. Población	124

3.3.2. Muestra	124
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	126
3.4.1. Técnicas de recolección de datos	126
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	126
3.5. Instrumento de análisis de datos	129
CAPÍTULO IV	130
RESULTADOS	130
4.1. Presentación de resultados	130
4.1.1. Resultados de proceso de reutilizar las aguas de la Laguna San Camilo	130
4.1.2. Resultados de la viabilidad económica de la reutilización de aguas de la Laguna San Camilo	132
4.1.3. Resultados de la valoración económica de la laguna San Camilo y beneficios ambientales.....	141
4.2. Contrastación de hipótesis.....	157
4.2.1. Prueba de la hipótesis general	157
4.2.2. Prueba de la primera hipótesis específica	159
4.2.3. Prueba de la segunda hipótesis específica	161
4.2.4. Prueba de la tercera hipótesis específica.....	163
4.3. Discusión de resultados.....	164
CONCLUSIONES.....	171
REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS	173
ANEXOS	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Esquema global de sistema planteado.....	114
Tabla 2. Gastos de Capital.....	132
Tabla 3. Gastos operativos.....	134
Tabla 4. <i>Construcción de PTAR</i>	135
Tabla 5. Lista de beneficios.....	135
Tabla 6. Flujo de caja	138
Tabla 7. Tabla de frecuencias de la importancia de la existencia de la laguna para la agricultura.....	143
Tabla 8. Tabla de frecuencias de la solución más adecuada en la laguna. ...	145
Tabla 9. Tabla de frecuencias de la sobre contribución económica para la reutilización del agua de la laguna.	147
Tabla 10. Disposición promedio a pagar	149
Tabla 11. Tabla de frecuencias del estado actual de la Laguna San Camilo.	150
Tabla 12. Tabla de frecuencias de cambios en los últimos años en la laguna.	150
Tabla 13. Tabla de frecuencias de riesgos del crecimiento de la laguna	151
Tabla 14. Tabla de frecuencias del principal problema que tiene la laguna. ..	152
Tabla 15. Tabla de frecuencias del uso beneficioso de la laguna.	152
Tabla 16. Tabla de frecuencias del principal beneficio ambiental del aporte de la laguna.	153
Tabla 17. Tabla de frecuencias de la reutilización del agua de la laguna en la agricultura.....	153
Tabla 18. Tabla de frecuencias del impacto positivo de la laguna en el entorno.	153
Tabla 19. Parámetros físico-químicos del agua	154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación macro	9
Figura 2. Tratamiento de Aguas Residuales.	37
Figura 3 Fases de la reutilización.....	39
Figura 4. Estudio de viabilidad	40
Figura 5. Caudal de ingreso a la planta es mediante la canaleta Parshall.	50
Figura 6. Dimensiones usuales para el diseño de un Tanque Séptico.....	52
Figura 7. Detalle de zanja de infiltración.	53
Figura 8. Uso de tanque séptico y zanja de infiltración.	53
Figura 9. Filtro percolador.	55
Figura 10. Biofiltro aerobio cubierto con paneles transparentes.....	57
Figura 11. Tratamiento Terciario de Aguas Residuales.	60
Figura 12. Alcances de la valoración económica ambiental.....	79
Figura 13. Barras porcentuales de la Importancia de la existencia de la laguna para la agricultura.....	144
Figura 14. Barras porcentuales para pregunta 16.	146
Figura 30. Circular porcentual de la sobre contribución económica para la reutilización del agua de la laguna.	148

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar la viabilidad económica de la reutilización de aguas de la Laguna San Camilo en Arequipa, así como los beneficios ambientales derivados de este proceso. Para ello, se empleó una metodología cuantitativa, utilizando un enfoque descriptivo y explicativo, con un diseño no experimental y de corte transversal. Se emplearon técnicas de recolección de datos como la observación directa y la encuesta, mediante una ficha de recolección de datos y un cuestionario, con el fin de analizar los aspectos económicos y ambientales de la reutilización del agua.

En cuanto a los resultados, se estimaron los costos asociados a la reutilización del agua en S/ 202,458.01, mientras que los beneficios económicos derivados de la valoración ambiental alcanzaron los S/ 3,699,189.83. Es importante destacar que, al evaluar el costo y el beneficio ambientales, se utilizaron diferentes métodos de estimación, lo que permite una comparación adecuada de los resultados. En términos de viabilidad económica, los beneficios superan considerablemente los costos, lo que indica que la inversión en la mejora de la gestión hídrica en la región es financieramente viable. La diferencia positiva entre los beneficios y los costos demuestra que la reutilización del agua presenta una oportunidad económica viable, con un impacto ambiental favorable. La reutilización de las aguas de la Laguna San Camilo para riego agrícola en Arequipa no solo es financieramente viable, sino que también ofrece un considerable beneficio ambiental, contribuyendo así a la sostenibilidad del recurso hídrico en la región.

Palabras clave: Viabilidad económica de reutilización de aguas, pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario.

ABSTRACT

This research aims to determine the economic viability of reusing water from the San Camilo Lagoon in Arequipa, as well as the environmental benefits derived from this process. To achieve this, a quantitative methodology was employed, using a descriptive and explanatory approach with a non-experimental and cross-sectional design. Data collection techniques such as direct observation and surveys were used, utilizing a data collection form and a questionnaire to analyze the economic and environmental aspects of water reuse.

Regarding the results, the costs associated with water reuse were estimated at S/ 202,458.01, while the economic benefits derived from environmental valuation reached S/ 3,699,189.83. It is important to highlight that different estimation methods were used when evaluating environmental costs and benefits, allowing for an appropriate comparison of the results. In terms of economic viability, the benefits significantly outweigh the costs, indicating that investment in improving water management in the region is financially viable. The positive difference between benefits and costs demonstrates that water reuse presents a viable economic opportunity with favorable environmental impact. Reusing water from the San Camilo Lagoon for agricultural irrigation in Arequipa is not only financially viable but also offers considerable environmental benefits, thus contributing to the sustainability of the region's water resources.

Keywords: Economic viability of water reuse, economic valuation of environmental benefits, pretreatment, primary treatment, secondary treatment, tertiary treatment.

INTRODUCCIÓN

La Laguna San Camilo, un recurso vital en Arequipa, enfrenta una grave problemática ambiental. La contaminación del agua y la degradación del ecosistema son consecuencias directas de la falta de gestión adecuada y la sobreexplotación de los recursos hídricos. Esta situación amenaza la biodiversidad local y pone en riesgo el bienestar de las comunidades que dependen de la laguna. En este contexto, es imperativo abordar la viabilidad económica de la reutilización de aguas y la valoración económica de los beneficios ambientales de la Laguna San Camilo.

Debido a ello, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuál es la viabilidad económica de la reutilización del agua de la Laguna San Camilo para riego agrícola en Arequipa? Para determinar la viabilidad económica de la reutilización de aguas y los beneficios ambientales de la Laguna San Camilo, se considera la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338) como el marco normativo fundamental que regula la gestión del agua en el contexto nacional. Esta normativa establece los principios y procedimientos para la gestión sostenible de los recursos hídricos, ofreciendo un marco legal para la investigación y la acción en la Laguna San Camilo (1).

La hipótesis general que guía este estudio es que la reutilización de aguas y la valoración económica influyen significativamente en la mejora de los beneficios ambientales de la Laguna San Camilo en Arequipa.

Las dimensiones son: aspectos socioeconómicos, beneficios ambientales, disposición a pagar. La importancia de este estudio radica en su capacidad para proporcionar información crucial para la toma de decisiones y la formulación de políticas orientadas a la gestión sostenible de los recursos hídricos y la conservación del ecosistema. La investigación se justifica en la necesidad de comprender y abordar los desafíos ambientales y socioeconómicos asociados a la Laguna San Camilo, brindando una base sólida para el desarrollo de estrategias de gestión efectivas.

En tal sentido, el estudio se esquematiza de la siguiente manera: En el primer capítulo se desarrolla el planteamiento del problema, centrándose en la urgencia de evaluar la viabilidad económica de la reutilización del agua de la

Laguna San Camilo para riego agrícola. En el segundo capítulo se desarrolla el marco referencial y teórico existente hasta la actualidad, que sirve para explicar las variables del estudio. En el tercer capítulo se explica la metodología que tendrá el presente estudio, para finalmente, en el cuarto capítulo, presentar los resultados y las conclusiones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente la gestión eficiente de los recursos hídricos es de vital importancia debido a las crecientes preocupaciones sobre la disponibilidad del agua y la degradación del medio ambiente. En muchos lugares del mundo, la reutilización del agua en la agricultura, la industria textil u otras actividades ha demostrado ser una estrategia eficaz para la conservación de este recurso. Estas prácticas han sido respaldadas por instituciones internacionales como la ONU, FAO, entre otras y marcos regulatorios que promueven la sostenibilidad hídrica y la protección ambiental (2).

Es decir, la escasez de recursos hídricos originada por el cambio climático, el crecimiento poblacional y el mal uso especialmente en naciones en desarrollo, han encontrado que la reutilización del agua se plantea como una solución primordial. Esta técnica podría aliviar las tensiones en torno al agua, asegurar el abastecimiento en distintas actividades económicas y contribuir a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, la crítica situación de sequías, inanición y conflictos derivados de la falta de este recurso resalta la vital importancia de este recurso para la vida humana y la economía. Con el incremento global se agudiza, especialmente en el sector agrícola, que constituye la mayoría de las extracciones hídricas a nivel mundial. Para abordar esta problemática, la FAO está promoviendo la investigación y adopción de métodos que optimicen la productividad agrícola y aseguren un uso sustentable de la tierra y el agua. Donde consideró importante abordar la viabilidad de la reutilización de este recurso en la agricultura, lo cual fue beneficioso para los agricultores al reducirse los costos de extraer aguas subterráneas y para el ambiente al reducirse los flujos de aguas residuales sin tratar (3).

Entonces, la reutilización de aguas, como el reciclaje de aguas residuales o la desalinización, se perfila como una alternativa esencial.

Esta solución analizada en un simposio internacional organizado por la FAO y el Ministerio de Agricultura, busca cerrar la brecha entre la demanda y oferta de agua, en consonancia con los ODS 2 y 6 de la ONU, que persiguen la eliminación del hambre y la provisión de acceso a agua limpia y saneamiento para 2030. Además, se identificó que en la agricultura a nivel mundial se destina el 70% de agua, la cual se desperdicia por la ineficiente gestión en la reutilización de este recurso (4). Ante la falta de alternativas de abastecimiento, se prevé que el 65% de la población mundial enfrentará carencia hídrica para el 2030. Así, el reciclaje del agua para el riego es una medida esencial para enfrentar esta amenaza y asegurar un futuro sostenible, demandando la colaboración y los esfuerzos tanto del ámbito gubernamental como del privado para materializar esta solución. Sin embargo, requiere la participación de los agricultores, de la población en general y de las autoridades sanitarias (3).

El uso inadecuado del agua en la agricultura a nivel mundial destaca la importancia de realizar la valoración económica para mejorar su gestión de manera más eficiente, sostenible y equitativa; es decir, entender y cuantificar el valor del agua en términos económicos, sociales y ambientales para comprender lo valioso que es el agua no solo como recurso básico para la vida, sino también por su impacto en la economía, la sociedad y el medio ambiente, teniendo en cuenta los beneficios y costos asociados con el uso del agua al planificar políticas y proyectos. Además, asegurar que el agua se utilice de manera eficiente en la agricultura sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras y asegurando un acceso justo y equitativo a todos y cumplir con los ODS al 2030 (5).

La laguna de San Camilo, ubicada en la región de Arequipa, representa un importante desafío para la infraestructura local y el uso eficiente del agua en la región. Formada a partir del exceso de riego en áreas agrícolas, esta acumulación de agua ha crecido en tamaño desde alrededor de 2003, poniendo en riesgo la carretera Panamericana que conecta Arequipa con Mollendo, una vía crucial para el transporte regional y nacional; es así que, su proximidad a áreas de interés económico ha

generado preocupación, ya que la laguna podría afectar no solo la movilidad de los vehículos, sino también sectores económicos clave como la agroindustria y la minería. En relación con la investigación, se plantea que una gestión adecuada y económicamente viable de la reutilización de las aguas acumuladas podría mitigar estos riesgos. Los resultados de dicha investigación subrayan que los beneficios económicos de reutilizar el agua de la laguna superan significativamente los costos, lo cual respalda la inversión en mejoras de gestión de agua como medida preventiva y sostenible. Al estudiar opciones como la captación de aguas de riego mediante sistemas de drenaje o la elevación de la carretera, este enfoque de reutilización se presenta como una solución financieramente viable que también contribuiría a reducir la presión sobre los recursos hídricos y a asegurar la sostenibilidad ambiental en San Camilo(6).

Entonces, la gerencia regional de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad de garantizar la seguridad en las carreteras de la región. Dentro de este enfoque, los funcionarios de esta institución supervisan el cumplimiento de las regulaciones viales y abordan las preocupaciones planteadas por los usuarios. Jacinto Alpaca Deza, gerente de la institución, realizó una inspección en el sector de San José en la carretera Panamericana, donde se formó la extensa laguna de aguas salobres debido a filtraciones de terrenos agrícolas. Durante esta inspección, estuvo acompañado por representantes de COVISUR, la empresa encargada de administrar la vía, y del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Estos expertos explicaron cómo las filtraciones de las zonas agrícolas circundantes alimentan la laguna (6).

Frente a esa situación es esencial realizar la viabilidad económica de reutilizar el agua de la laguna para la agricultura y estimar la valoración económica que permitirá evaluar su contribución económica y podría sentar las bases para la toma de decisiones informadas en torno a su gestión y conservación, pues podría tener un impacto positivo tanto en la comunidad local como en el medio ambiente. Al aprovechar estas aguas para usos no potables, como el riego para la agricultura, se podría aliviar la presión sobre las fuentes de agua potable convencionales. Además, se

contribuiría a una mejor gestión del agua y conservación de la infraestructura vial, pues no solo tendría beneficios económicos tangibles, sino que también reforzaría la sostenibilidad ambiental de la región (5).

Además, es necesario destacar que se debe analizar la viabilidad económica de la reutilización de aguas en conjunto con la valoración económica de los beneficios ambientales. A pesar de, que la reutilización del agua brinda ventajas como conservación de recursos y seguridad hídrica, se debe entender cómo se relaciona la inversión requerida con los beneficios percibidos para evaluar la sostenibilidad y efectividad de los proyectos. Al unir la valoración económica y el análisis de viabilidad, se logra un enfoque completo que considera la percepción de la sociedad sobre beneficios ambientales y aspectos financieros. Esta combinación informa decisiones equilibradas, evaluando tanto valores subjetivos asignados por la sociedad como la factibilidad económica de soluciones sustentables. Esta sinergia guía la planificación efectiva de proyectos que impacten positivamente en el entorno y la comunidad en su conjunto (7).

En este contexto, el estudio de Valentin (8) manifestó que el 65.6% de los pobladores, que viven cerca de la laguna Chichurraquina, indicaron la disposición a realizar un pago por los beneficios derivados de la reutilización de aguas. Esta cifra reflejó un interés de la población en contribuir económicamente para preservar y aprovechar de manera sostenible los recursos hídricos locales. Además, el 47.9% de ellos expresaron crear un Fondo de Agua como opción para canalizar los pagos y respaldar el proyecto. Esta actitud sugiere una conciencia creciente sobre la importancia de la gestión adecuada de recursos naturales y la disposición a respaldar financieramente estas iniciativas.

Para Rivera (9) es fundamental llevar a cabo una evaluación económica y ambiental del tratamiento de aguas residuales en el río Ichu. En este contexto, el 55% de los habitantes manifestaron su disposición a aportar S/6.00 mensuales para contribuir al mantenimiento y funcionamiento de una planta de tratamiento, con el objetivo de conservar y optimizar la calidad del agua. Lo cual sugiere que más de la mitad de los pobladores considera el servicio lo suficientemente valioso como para

estar dispuesto a realizar un pago regular para su funcionamiento continuo. Además, Chingay (10) realizó la valoración económica de los servicios ecosistémicos que se encuentran en la laguna Patarcocha donde se evidenció que esta laguna no brinda algún servicio ecosistémico, el cual podría ser causado por el impacto ambiental que está afectando negativamente estos servicios; sin embargo, también refleja la falta de conocimiento sobre los servicios ecosistémicos o una percepción limitada de los beneficios que la laguna podría estar proporcionando. Por tanto, es importante estimar la valoración de los servicios ecosistémicos para que las entidades tomen decisiones de manera informada.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la viabilidad económica de la reutilización del agua de la Laguna San Camilo para riego agrícola en Arequipa?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué procesos son necesarios para garantizar la reutilización efectiva de las aguas de la Laguna San Camilo y cómo se relacionan con la viabilidad económica del proyecto?
- ¿Cuál es la factibilidad económica de implementar la reutilización de aguas de la Laguna San Camilo, considerando tanto los costos como los beneficios esperados?
- ¿Cómo se puede valorar económicamente los beneficios ambientales derivados de la reutilización de las aguas de la Laguna San Camilo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la viabilidad económica de la reutilización del agua de la Laguna San Camilo para riego agrícola en Arequipa.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Explicar el proceso de reutilizar las aguas de la laguna San Camilo.
- Estimar la viabilidad económica de la reutilización de aguas de la laguna San Camilo.
- Realizar la valoración económica de la laguna San Camilo y de los beneficios ambientales.

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica

En este estudio teórico, se generarán hallazgos en ingeniería enfocados en evaluar la viabilidad y el valor económico de la reutilización del agua de la Laguna San Camilo, utilizando teorías ambientales que promueven el aprovechamiento de aguas reutilizables, especialmente para los agricultores. Basado en metodologías de valoración económica, se espera que la población valore los beneficios ambientales, subrayando la importancia de conservar la laguna y asegurando su integridad, mientras se fomenta la adaptación agrícola al cambio climático mediante la reducción en el consumo de agua dulce disponible. La información obtenida será útil para autoridades e instituciones que promuevan el uso eficiente del recurso hídrico limitado, aliviando la presión sobre los recursos y garantizando un suministro sostenible para la comunidad y las actividades agrícolas. Los resultados y conclusiones de este estudio aportarán conocimientos valiosos y generarán nuevos temas de interés sobre el manejo de recursos hídricos en regiones vulnerables.

1.4.2. Práctica

En lo práctico, el estudio permitirá conocer el beneficio que puede generar el uso de las aguas de la Laguna San Camilo en la agricultura, generando el riego sostenible, reduciendo el uso de las fuentes de agua dulce que se presenta en el lugar, mejorando la

rentabilidad de los agricultores al usar agua reciclada, además de mejorar la calidad de alimentos que produce, debido a que la fuente de agua será tratada antes de ser utilizada, reduciendo la contaminación en el lugar. En ese sentido, la valoración económica permitirá tener una justificación en términos económicos sobre la reutilización de las aguas, ya que se podrá cuantificar en términos monetarios cuanto de ahorro beneficiará al sector agrícola, generando concientización sobre el reciclaje del agua, el cual generará beneficios en la población.

1.4.3. Metodológica

Este estudio emplea la metodología de valoración contingente, la cual permite estimar el valor económico de aspectos intangibles del recurso hídrico, como la biodiversidad y la belleza escénica, dicha metodología es esencial para calcular con precisión los beneficios ambientales asociados con la reutilización del agua de la Laguna San Camilo, a través de esta técnica, se podrá cuantificar de manera rigurosa el impacto ambiental positivo y, simultáneamente, evaluar la factibilidad económica y ambiental del proyecto.

La factibilidad económica y ambiental implica examinar no solo los costos relacionados con la reutilización del agua, sino también los beneficios derivados de la conservación de los ecosistemas acuáticos y la mejora del entorno natural. esto permitirá que los beneficios ecológicos sean considerados dentro del análisis económico, proporcionando así una evaluación integral que garantice la sostenibilidad del proyecto tanto en términos económicos como ambientales.

La combinación del análisis económico de los beneficios ambientales con la evaluación de la viabilidad financiera del proyecto asegurará que los resultados sean precisos y relevantes, asimismo, servirá como una base sólida para la toma de decisiones en la gestión del recurso hídrico, la conservación del medioambiente y el uso eficiente del agua en la agricultura en

Arequipa, de este modo, los hallazgos no solo contribuirán a una mejor administración del agua, sino también a la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y a la preservación de los recursos naturales en la región.

1.5. Importancia

El estudio aportará información relevante que contribuya a la optimización de este recurso vital. Asimismo, tiene el potencial de brindar oportunidades sustanciales de ahorro comparativo frente a las fuentes hídricas convencionales, pues la reutilización de aguas es considerada clave para enfrentar la escasez de los recursos hídricos y garantizar un suministro sostenible para las necesidades de la comunidad y las actividades agrícolas. Esta perspectiva puede influir en la competitividad de las actividades económicas, generando impactos en la sustentabilidad económica a mediano y largo plazo, y la valoración económica de los beneficios ambientales de esta laguna juega un papel crucial al informar decisiones respaldadas por datos concretos, permitiendo así la preservación de su biodiversidad y del entorno natural, en un contexto caracterizado por un crecimiento urbano en constante aumento.

En un ámbito más amplio, la tesis también tiene el potencial de expandir la conciencia pública en torno a la importancia de la conservación responsable de los recursos hídricos y ambientales, potenciando la participación de la comunidad local y otros actores clave hacia prácticas más conscientes y sostenibles. Además, sus resultados, pueden ser importantes en la toma de decisiones de los interesados en el tema, lo cual podría abarcar aspectos de inversión, regulación y desarrollo sostenible. En última instancia, adopta un enfoque interdisciplinario que fusiona lo económico y ambiental; no solo contribuirá al conocimiento académico en gestión hídrica y valoración ambiental, sino que también servirá como guía y punto de referencia para futuras investigaciones con temáticas similares.

1.6. Delimitación

1.6.1. Delimitación Temporal

La investigación se realizó en el año 2024, abarcando el periodo de enero a noviembre, a lo largo de este tiempo, se definió el tema, se ejecutó el estudio y, finalmente, se completó con la presentación y aprobación del proyecto de investigación.

1.6.2. Delimitación Espacial

La investigación se realizó en la laguna San Camilo ubicada entre las provincias de Islay y Arequipa en los distritos de Vitor y Mollendo, en la Región de Arequipa; en la sección macro es explicada en la siguiente Figura 1 y la sección micro, con las siguientes coordenadas Este:0184894, Norte:8147794.



Figura 1. Ubicación macro

Nota: La imagen hace referencia a la sección micro de la laguna estudiada.

1.7. Hipótesis

La reutilización del agua de la Laguna San Camilo para riego agrícola generará beneficios ambientales en Arequipa.

1.7.1. Hipótesis Específicos.

- El proceso empleado contribuye de manera significativa la reutilización de las aguas de la laguna San Camilo en Arequipa.

- La viabilidad económica es adecuada para la reutilización de aguas de la laguna San Camilo en Arequipa.
- La valoración económica demostrará la eficiencia en la reutilización de las aguas y los beneficios ambientales que generará la Laguna San Camilo en Arequipa.

1.8. Variables

1.8.1. Descripción de variables

Viabilidad económica de reutilización de aguas.

Valoración económica de los beneficios ambientales

1.8.2. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Viabilidad económica de la reutilización de aguas	Consiste en definir si el proyecto es viable desde el punto de vista económico, si con los recursos disponibles se pueden generar beneficios suficientes para compensar los riesgos involucrados (15).	En proyectos que buscan reutilizar agua tratada, se realiza un análisis económico para determinar si los beneficios (ahorros en costos y suministro) superan los costos de inversión y operación.	Costos y beneficios económicos	Costos de implementación, costos operativos, beneficios económicos proyectados, ahorros en costos de tratamiento	1-4
			Análisis de rentabilidad	Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN), período de recuperación de la inversión, análisis costo-beneficio.	5-8
			Evaluación de riesgos económicos	Identificación de riesgos económicos, sensibilidad a cambios en costos, previsión de ingresos futuros.	9-12
Valoración económica de beneficios ambientales	Asignación de valores cuantitativos a los beneficios ambientales de los recursos naturales, utilizando un modelo específico de valoración contingente (15).	Utilización del Modelo de Valoración Contingente de Disposición a Pagar para medir la valoración económica de beneficios ambientales, como la belleza escénica y la biodiversidad.	Aspectos socioeconómicos	Edad, sexo, nivel de educación, actividad principal, nivel de ingresos.	13-17
			Percepción y valoración ambiental	Estado percibido de la laguna, cambios observados en la calidad del agua, riesgos percibidos, valoración de beneficios ambientales.	18-21
			Valoración económica específica	Disposición a pagar por mejoras ambientales, estimación del monto promedio de disposición a pagar, análisis de contribución económica voluntaria.	22-25

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Ortiz presentó la investigación titulada “Estudio de la viabilidad y beneficio económico sobre la instalación de un sistema de recirculación de aguas grises y aguas de lluvias”, a la Universidad de Los Andes en Colombia, para la obtención del título en el Programa de Ingeniería Ambiental. Bogotá, Colombia.

El objetivo del estudio fue evaluar la viabilidad económica de implementar un sistema de reutilización de aguas pluviales y residuales, así como el beneficio financiero que este podría generar según la categoría socioeconómica en la que se aplique. Metodológicamente, se llevó a cabo un análisis de factibilidad económica para la instalación de un sistema de recirculación de aguas grises y pluviales en seis edificaciones ubicadas en distintos estratos de la ciudad de Bogotá, diseñando la concepción de un inmueble conforme a las normativas vigentes. Los principales hallazgos fueron: i) la captación de agua pluvial en un edificio para su reutilización está estrechamente relacionada con la extensión del área del inmueble, lo que resalta la importancia de considerar tanto el promedio de precipitaciones en la zona del proyecto como la superficie de recolección para su uso como fuente alternativa; ii) se evidenció que el volumen de agua pluvial recolectada no satisface completamente la demanda en los distintos estratos, especialmente para el riego de jardines y la limpieza de áreas comunes; iii) la cantidad de agua gris disponible para reutilización en un edificio depende directamente de la producción de diferentes fuentes, siendo la ducha la principal contribuyente al suministro total de agua recuperable, lo que permite abastecer los sanitarios y deja excedentes para riego y limpieza; iv) en los estratos más bajos se observó un mayor porcentaje de ahorro en costos debido a los

subsidios en el consumo de agua, mientras que este ahorro disminuye a medida que el estrato socioeconómico se eleva. En conclusión, la viabilidad económica de establecer un sistema de recirculación de aguas grises y pluviales en un edificio está directamente vinculada con el beneficio financiero percibido por los usuarios en términos de reducción de costos. A medida que el estrato socioeconómico aumenta, el ahorro en términos absolutos es mayor, aunque el porcentaje de reducción de costos disminuye proporcionalmente (15).

Rosales, en su investigación titulada “Evaluación económica de la aplicación de un sistema de reutilización de aguas grises caso aplicado a Pan de Azúcar”, presentada a la Universidad Técnica Federico Santa María, para optar al Título de Ingeniero Comercial. Santiago, Chile.

Con el objetivo de disminuir el consumo de agua potable en la Región Metropolitana, el autor llevó a cabo un análisis económico para evaluar si la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises podría representar una ventaja para las familias de la zona estudiada. Para ello, se realizó una evaluación del proyecto utilizando el indicador VAN, con el propósito de determinar su viabilidad económica y establecer si sería factible la instalación de plantas de tratamiento de aguas grises en los hogares del área. Entre los principales hallazgos se destacan: i) en todos los casos analizados, se evidenció una reducción significativa en la compra de agua potable, proporcional al volumen de agua gris reutilizada para riego; ii) en hogares con 1 o 2 integrantes, la disminución en la adquisición de agua potable fue menor en comparación con viviendas con 3 o más miembros, ya que en hogares más pequeños no se genera suficiente agua reutilizable para cubrir las necesidades de riego; iii) en términos de eficiencia, los bajos costos y los beneficios obtenidos hacen que el proyecto sea altamente eficiente; iv) en relación con el VAN, se determinó que el proyecto es económicamente viable para la

mayoría de las familias, especialmente en viviendas unifamiliares con dos o más integrantes, donde el VAN siempre resultó positivo, lo que lo hace recomendable pese a los costos asociados. En conclusión, el proyecto demostró ser rentable y altamente eficiente desde el punto de vista ambiental, lo que incentivó su adopción como una alternativa sostenible para la gestión del agua en los hogares analizados (16).

Obando presentó la tesis “Valoración financiera implementación de sistema de reciclaje de aguas grises en Grupo Monge S.A. en el periodo 2020-2025”, a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, para obtener el Título de Máster en Finanzas. Managua, Nicaragua.

El autor llevó a cabo un análisis económico del consumo de agua en una empresa local, detallando una propuesta de diseño para la construcción de una planta de tratamiento de aguas grises. Metodológicamente, el estudio adoptó un enfoque mixto, combinando una evaluación financiera de la implementación con entrevistas al personal del área de servicios generales. Los principales hallazgos fueron: i) se registró un aumento significativo en el consumo de agua del 62.53%, lo que representó un gasto de \$5,994; ii) el sistema más adecuado para cubrir la demanda de agua en la limpieza de baños y el riego de áreas verdes es un sistema físico-químico, que incluye la sedimentación de residuos en una fosa séptica, la separación de sedimentos y un proceso anaeróbico para el tratamiento y clarificación del agua; iii) la construcción de la planta de tratamiento y reciclaje requiere una inversión inicial de \$38,061.24, con un costo de mantenimiento anual de \$1,000, lo que generaría un ahorro anual de \$9,264.24; sin embargo, los resultados financieros reflejaron un VAN de \$-17,031.98 y una TIR de -1.51%. En conclusión, la instalación de una planta de tratamiento de aguas grises no es económicamente viable ni rentable como estrategia para reducir costos, ya que la inversión requerida no se recupera con los ahorros obtenidos y no

representa un beneficio significativo para aumentar la rentabilidad de la empresa (17).

Bermúdez y Prada presentaron la investigación “Valoración económica ambiental de la Laguna de Tota: un componente para la conservación de la cuenca hídrica y evaluar la importancia del bien ambiental en caso de una amenaza de deterioro”, a la Universidad de La Salle, para el Programa de Economía. Bogotá, Colombia.

Los autores destacaron el valor económico potencial de una laguna local, utilizando el enfoque de valoración contingente que es un componente central en la teoría de la economía ambiental. En su metodología, se centraron en la valoración económica de los habitantes en los alrededores de la laguna mediante encuestas realizadas a los mismos. Como resultados: i) las personas tuvieron una percepción limitada del valor de los bienes ambientales, presentando contrastes en la disposición a aceptar dicha compensación, ii) las personas no tuvieron una comprensión clara de la valoración de bienes públicos o ambientales, ya que asumen que carecen de un valor comercializable o un mercado con oferta y demanda, iii) se evidenció una percepción más elevada sobre la permisión de la explotación de la laguna a pesar del riesgo de deterioro ambiental, iv) las cuentas económicas ambientales proporcionaron una estimación sinérgica en las interacciones entre la economía y el ambiente. Como conclusión, se determinó que la conservación del entorno natural es considerada la base de todo ecosistema valioso y de importancia para la comunidad; no obstante, los pobladores están dispuestos a aceptar una cantidad menor a lo esperado por el uso de los recursos hídricos (18).

Torres presentó el estudio titulado “Valor social, económico y ambiental de las lagunas interdunarias de la ciudad de Veracruz, México”, para obtener el Grado de Maestra en Ciencias en la

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Campus de Veracruz. México.

El estudio se enfocó en “comprender y valorar los servicios ambientales que los ecosistemas proporcionan, específicamente en el sistema lagunar de la ciudad de Veracruz, que incluye cinco lagunas ubicadas en áreas urbanizadas. La investigación involucró dos etapas: una encuesta a 125 habitantes y una comparación del estado actual de las lagunas con informes anteriores. Los resultados revelaron que: i) las lagunas han sufrido impactos debido al crecimiento poblacional, asentamientos irregulares, falta de planificación urbana, deficiencias en políticas y regulaciones ambientales, así como la subestimación de los servicios ecosistémicos que ofrecen y el cambio climático, ii) el 62.5% de los encuestados expresaron su disposición a pagar por el estado actual de las lagunas, con un promedio anual de \$181 MN, iii) el porcentaje se incrementó en un 91.2% cuando se consideraron mejoras en las lagunas, con una cuota promedio de \$504 MN, iv) el 88% de habitantes mostró interés en conservar estas áreas y contribuir económicamente o mediante acciones sociales, v) el promedio de la Disposición a Pagar (DAP) anual por parte de los encuestados fue de \$849 MN. Concluyendo que el perfil socioeconómico y la actitud ambiental de los ciudadanos influyen en su disposición a pagar por la conservación de los beneficios ambientales proporcionados por las lagunas interdunarias en términos económicos, sociales y ambientales” (19).

Da Silva y Pasold publicaron el artículo *“La reutilización del agua en el ámbito de la economía circular y sostenibilidad”*.

El objetivo fue explorar la consolidación de la reutilización del agua en el contexto de la economía circular en Brasil, destacando las experiencias en España, donde el agua reciclada es considerada un recurso estratégico convencional que contribuye a la sostenibilidad. Para ello, su metodología se basó en la lógica

inductiva mediante la investigación bibliográfica y documental, dividiendo el estudio en dos secciones: la primera, centrada en la situación de la reutilización del agua en la economía circular en Brasil, y la segunda, enfocada en las contribuciones de España en términos de aguas residuales y promoción de la sostenibilidad.

Entre los resultados, se encontró que, aunque la reutilización del agua es un modelo de referencia en Brasil, su aplicación concreta es limitada. A pesar de reconocerse el potencial de reutilización, su establecimiento como un recurso estratégico convencional representa un desafío que requiere la coordinación y planificación concertada de todas las partes involucradas. En este sentido, al contrastarlo con la experiencia española, se observa que esta es más avanzada, con la participación activa de diversos actores y un marco normativo y administrativo sólido, a diferencia de Brasil, donde aún falta una legislación específica al respecto.

Se concluye que la reutilización de aguas es un hecho indiscutible que se ha convertido en un desafío que obliga a los actores a llevar a cabo acciones de manera coordinada y con rigor en el planeamiento de acciones futuras, respaldadas por una legislación específica (20).

Meléndez et al. publicaron el estudio *“Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal”*.

Los autores presentaron un diseño y evaluación financiera de un sistema hidrosanitario con reutilización de aguas grises en un edificio multifamiliar. En este sentido, para cumplir con el propósito, se aplicó una encuesta enviada a la comunidad de la Universidade do Minho, obteniendo un total de 78 respuestas por parte de expertos en el tema.

Los resultados mostraron que la dotación de agua obtenida se estableció en aproximadamente $102,77 \pm 57,18$ litros por habitante por día. En relación con la fuente de origen del agua gris

destinada a su tratamiento, se observó una preferencia por los dispositivos de baño, específicamente el lavamanos, la bañera/ducha y el bidé. En cuanto a los usos preferidos para el agua gris tratada en el proceso de reutilización, los más destacados fueron la descarga de inodoros y el riego de jardines.

Se encontró que los costos de reutilización estuvieron significativamente influenciados por el sistema de tratamiento, representando un 60% del costo total del sistema de reutilización. Además, se “determinaron ganancias a partir del año 23,70 como periodo de retorno, con una TIR de 4,64% y un VPN de 14.775,18 USD. Se concluyó que el proyecto es financieramente viable a pesar de los altos costos iniciales, destacando la necesidad de cuantificar no solo los costos económicos, sino también los beneficios ambientales y sociales asociados” (21).

Nurrachman y Harini en su artículo *“Valoración económica de Blue Lagoon Tourism Village en Widodomartani Sleman”*.

El objetivo del estudio fue calcular la valoración económica, utilizando el método de costo de viaje y el cálculo del valor de legado de Blue Lagoon Tourism Village. La investigación se llevó a cabo mediante la técnica explicativa secuencial que emplea métodos cuantitativos y cualitativos en secuencia. La evaluación del valor económico de las actividades turísticas en Blue Lagoon se analizó utilizando el Método de Costo de Viaje Individual (ITCM) y las pruebas de regresión lineal múltiple para obtener el valor de la función de regresión. Por otro lado, el cálculo del valor de legado se realizó utilizando el método de valoración de contingencia (CVM) en forma de disposición a pagar (DAP).

Como resultados, el valor económico potencial fue de IDR 6,019,052,924 por año, mientras que los ingresos económicos reales fueron de IDR 1,802,827,450, es decir, el 23.05% del potencial económico. Se concluyó que el valor de legado de Blue Lagoon es de IDR 610,521,783 por año, con un área de 6.45 ha,

por lo que el valor de legado basado en el área es de IDR 94,650,758 (22).

D'Alpaos y D'Alpaos publicaron el artículo *“La valoración de los servicios ecosistémicos en la laguna de Venecia: Un enfoque multicriterio”*.

El artículo presentó una nueva aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en el ámbito de la evaluación de servicios ecosistémicos (SE) y desarrolló e implementó un modelo AHP (relativo) para clasificar la priorización de múltiples criterios de los SE proporcionados por la Laguna de Venecia. Considerando los ecosistemas y el requerimiento de estrategias de gestión innovadoras e integradas, se propone un marco metodológico orientado a la aplicación para respaldar a los formuladores de políticas en la identificación de políticas de incentivos rentables para la preservación del ecosistema; además, se implementó un proceso de encuesta Delphi en línea, entrevistando a un grupo de 25 expertos que identificaron "recreación y turismo", "protección costera contra inundaciones", "almacenamiento de carbono", "biodiversidad y paisaje" y "hábitats de crianza para la pesca".

Entre los resultados, i) la laguna es un sistema complejo en el que múltiples problemas ambientales, económicos y sociales requieren perspectivas de gestión integradas e innovadoras, siendo de suma importancia evaluar los servicios ecosistémicos que proporciona y su relevancia, ii) "biodiversidad y paisaje" se califica en primer lugar en términos de importancia relativa, debido a la rica biodiversidad que los sistemas de marismas salinas respaldan al proporcionar hábitats únicos para una amplia variedad de flora y fauna, iii) "hábitats naturales para la pesca" y "almacenamiento de carbono" se clasifican en segundo y tercer lugar, respectivamente, considerando el valor económico de la pesca tradicional y la acuicultura y el potencial de las marismas salinas para secuestrar carbono orgánico con tasas hasta 50 veces mayores que los bosques terrestres, iv) "recreación y turismo" se clasifica como el

menos importante, v) al identificar aquellos que se consideran como objetivos de política de máxima prioridad en el diseño de estrategias de políticas rentables para la preservación y valorización de los ecosistemas costeros, puede aplicarse para resolver problemas de toma de decisiones que involucran cuestiones de ecosistemas costeros en gran medida.

Como conclusión, el modelo formal proporcionado por las autoras contribuye a mejorar la responsabilidad y legitimación de la toma de decisiones públicas y puede representar la base para procesos de decisión participativos, que son los impulsores clave de la implementación exitosa de cualquier política ambiental (23).

Requejo et al. presentaron el artículo *“Valoración económica ambiental con fines turísticos del Área de Conservación Municipal “Asociación Hídrica Aguajal Renacal Alto Mayo”*.

El objetivo principal fue la evaluación de carácter económico y medioambiental en el Área de Conservación Municipal "Asociación Hídrica Aguajal Renacal, Alto Mayo", situada en la región de San Martín, enfocándose en el fomento del turismo en esa área específica. Para su desarrollo, se utilizó el enfoque de precios de mercado, calculando el valor económico de diversos recursos como madera, plantas medicinales, aguaje, orquídeas, fauna, actividades turísticas, recreativas y observación de aves, obteniendo una estimación de aproximadamente S/58.163.291,30 por año. Paralelamente, se realizó una evaluación del valor de uso indirecto, que abarca aspectos como el almacenamiento de captura de carbono y la función hídrica, arrojando una cifra de alrededor de S/7.678.141,65 por año. También se cuantificó el valor de existencia, que se ubicó en S/78.187,50 anuales. En cuanto a la evaluación del valor de opción, se empleó el método de valoración contingente, dando como resultado un valor de S/37.460 por año. Los hallazgos de este estudio evidencian que, a través de una gestión adecuada, los ecosistemas tienen la capacidad de generar ingresos suficientes para su sostenibilidad. Por ende, se concluye

con la importancia de la valoración económica y medioambiental como herramienta fundamental para impulsar políticas económicas eficientes orientadas a la conservación y manejo sostenible de la biodiversidad en especies y ecosistemas de la región amazónica (24).

Arena et al. en el artículo *“Beneficios ambientales y sostenibilidad económica de la reutilización de aguas residuales urbanas para riego: un análisis de costo-beneficio de un proyecto de reutilización existente en Puglia, Italia”*

Presentaron un análisis costo-beneficio de un esquema de reutilización existente en Puglia, en el sur de Italia, recuperando aguas residuales para riego de una zona costera con crecientes actividades recreativas relacionadas con la playa. Metodológicamente, se apoyó en datos operativos, estadísticas oficiales y documentos sectoriales sobre cada uno de los escenarios de la zona de estudio. Como resultados: i) el VAN y la TIR. El VAN y la TIR fueron calculados asumiendo una tasa de descuento social del 3,5%, un horizonte de planificación de 30 años y una vida útil para los equipos electromecánicos; ii) los requerimientos de agua promedio para cultivos fueron de 2260 m³/ha, el extremo inferior del intervalo de incertidumbre descrito en las secciones anteriores. Esto implica que los beneficios relacionados con la producción de cultivos serán los más altos, condición favorable que, como se verá en breve, no es suficiente para que el proyecto de reutilización sea sostenible en la mayoría de los casos simplemente mirando los beneficios del riego; iii) las 330 hectáreas de terreno que no cuentan con un recurso hídrico alternativo a los suministrados por el consorcio tienen una demanda de agua de 0,75 Mm³/temporada, permitiendo deducir que en el escenario A se absorberá toda el agua regenerada por estos agricultores y en el escenario B, la cantidad disponible adicional de $1.5 - 0.75 = 0.75$ Mm³/temporada debe ser utilizada por aquellos agricultores, indicados como "nuevos usuarios"; iv) si

no se puede asociar un impacto positivo a la mejora de la calidad del agua para riego (correspondiente a $\Delta CE = 0$), en ningún caso los costes de inversión y operación de la reutilización se sustentan en ahorros del consorcio de recuperación y por la revalorización del tramo de playa; además, el valor recreativo y de no uso disminuye su papel en hacer que el proyecto sea económicamente sostenible. Concluyendo que, es necesaria la introducción de una regla bastante estricta, que intenta imitar el proceso lento y complejo de los agricultores que realmente perciben este aumento en la producción de cultivos y deciden cambiar a agua regenerada (25).

Paucar y Real publicaron el artículo “Reutilización de aguas en España y el Perú: avances y desafíos”.

El objetivo fue “abordar el actual panorama de la gestión y reutilización de los recursos hídricos en España y Perú. Por lo que, se analizaron de forma detallada cada uno de los aspectos legales, así como los factores sociales, económicos y medioambientales que ejercen influencia sobre el desarrollo de estas prácticas en ambos estados, atendiendo la bibliografía de los últimos diez años, prestando especial atención a los impactos de la pandemia, producto del COVID-19. Como resultados: i) en el pasado, España asumió un papel destacado en Europa al promover la reutilización de aguas residuales mediante una legislación específica que se implementó a partir de 2007, en respuesta a las regulaciones de la UE. El Real Decreto 1620/2007, convirtiéndose en un punto de referencia crucial en la administración de los recursos hídricos, centrándose especialmente en el tratamiento de aguas residuales, resultando en un aumento de la disponibilidad de agua y minimizando los impactos ambientales; ii) en Perú, a pesar de haber implementado medidas legales en el ámbito del saneamiento, todavía no se estableció una legislación específica como en España para regular la reutilización de aguas residuales. Aunque existían propuestas interesantes en torno a la calidad del agua residual en la agricultura, seguía faltando una regulación clara

que prohibiera la reutilización sin un tratamiento previo. Concluyendo que, en ambos países y a nivel global, la agricultura era el sector que más agua consumía, resultando crucial su conservación y reutilización como parte de una economía circular, donde la posición financiera del sector privado resultó esencial” (26).

Del Villar y García en su estudio *“El potencial de la reutilización de aguas residuales y el papel de la valoración económica en la búsqueda de la sostenibilidad: el caso del Canal de Isabel II”*.

Del Villar y García, en su estudio "El potencial de la reutilización de aguas residuales y el papel de la valoración económica en la búsqueda de la sostenibilidad: el caso del Canal de Isabel II", estudiaron el potencial de la reutilización del agua en España y la importancia de una toma de decisiones informada, a partir de información sobre estrés hídrico y reutilización de aguas residuales. Metodológicamente, se obtuvieron datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) de España. Específicamente, se utilizaron sus estadísticas sobre suministro de agua y saneamiento, que contienen datos sobre agua tratada y reutilizada; asimismo, el análisis se dividió en dos etapas: la primera, evaluando el potencial del sector privado para desarrollar la reutilización del agua de manera independiente en los próximos años y la segunda, centrándose en el estudio de caso exitoso que demuestra la viabilidad económica de la reutilización del agua. Los resultados confirmaron el potencial de reutilización de aguas residuales; la agricultura tiene una productividad del agua por debajo de 1 euro por metro cúbico y la industria y los servicios necesitan sus propias fuentes de agua, pero las limitaciones financieras impiden un mayor uso de agua regenerada en todos los sectores económicos, siendo necesaria la intervención pública para obtener el escenario óptimo para la sociedad. Concluyendo que, es importante considerar todos los factores, ya que los resultados de priorizar el criterio financiero

habrían sido perjudiciales para la sociedad, con 200 millones de euros en daños ambientales, mientras que 740 millones de euros de beneficios no económicos harían de la reutilización de aguas residuales una alternativa ventajosa para la sociedad (27).

Tudela et al. en su estudio *“Valoración económica ambiental de la Bahía Interior de Puno mediante experimentos de elección”*.

Por ello, realizaron el análisis de la disposición de los visitantes extranjeros de la BIP para invertir en mejoras relacionadas con la biodiversidad, la creación de un malecón ecoturístico y la descontaminación de la bahía. Para lograr este objetivo, se llevaron a cabo encuestas semiestructuradas a 400 turistas nacionales y extranjeros que visitaron la BIP en octubre de 2019. Entre los resultados: i) los participantes expresaron sus preferencias en cuanto a las mejoras en los ecosistemas y cuánto estarían dispuestos a pagar por su implementación utilizando experimentos de elección y modelos mixtos; ii) el aspecto que más resaltó en términos de valoración fue la "biodiversidad"; iii) el valor total que los turistas estarían dispuestos a desembolsar por las mejoras en los tres aspectos mencionados es de S/51.12 por persona, costo incluido en el precio de entrada una vez implementadas las propuestas de mejora. Concluyendo que, las estrategias de gestión ambiental deben centrarse principalmente en la plantación y el manejo adecuado de los totorales para optimizar la utilización, conservación y protección de la flora y fauna en esta área(28).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Pari en su estudio *“Reutilización de aguas grises domésticas ante la insuficiencia de agua potable en edificios multifamiliares – Lima”*, presentado a la Universidad Peruana Los Andes para optar al Título de Ingeniero Civil. Lima, Perú.

Se analizó la influencia de la reutilización de las aguas grises domésticas en la mejora de la insuficiencia de agua potable

de un edificio multifamiliar. “En tal sentido, se propone una investigación aplicada con nivel descriptivo y explicativo que aplicó un diseño no experimental, trabajando con 57 socios del AA.HH., quienes fueron encuestados. Entre los resultados: i) la reutilización de aguas grises para uso exclusivo en inodoros y riego garantiza un ahorro entre el 35% y 40% del consumo de agua potable durante la vida útil de los inmuebles, ii) en cuanto a los costos para la construcción de las edificaciones, una tradicional y otra con el sistema de reutilización, se calculó una diferencia del 2.7%, iii) se halló que el 52.6% de habitantes mencionaron estar conscientes de la escasez de agua potable y la inaccesibilidad de esta a diferentes zonas. Concluyendo que la reutilización de las aguas grises domésticas influirá en mejorar la insuficiencia de agua potable; por lo que, se requiere del diseño de un nuevo sistema sanitario que permita aislar las aguas grises de las aguas negras para facilitar la reutilización” (29).

Valentín en su investigación “Valoración económica del servicio ecosistémico hídrico de la laguna Chichurraquina, distrito de Santa Ana de Tusi, provincia Daniel Carrión, región Pasco 2019”, presentada a la Universidad Daniel Alcides Carrión, para optar al Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Cerro de Pasco, Perú.

La investigación tuvo como objetivo realizar una valoración económica del servicio ecosistémico hídrico de la laguna Chichurraquina, determinando la disposición de pago por parte de la población usuaria de este recurso. Para ello, se aplicó la metodología de valoración contingente, basada en el desarrollo de un mercado hipotético en el que se pagaría por la mejora ambiental y la conservación de los ecosistemas, con un enfoque particular en los recursos hídricos. Entre los principales hallazgos se destacan: i) aunque el ingreso mensual promedio no mostró una relación significativa, a medida que aumenta, también lo hace la disposición a pagar (DAP), siendo el género y la edad los factores con mayor

influencia; ii) la percepción y el nivel de información de los usuarios sobre la importancia de la laguna y los servicios ecosistémicos que ofrece inciden en su disposición a pagar, ya que el 84.4% de los encuestados consideró que los ecosistemas de la laguna son esenciales y valiosos para la humanidad; iii) la población manifestó un alto interés en contribuir económicamente a la conservación de los ecosistemas de la laguna, con un 65.63% dispuesto a aportar montos entre S/. 0.50 y S/. 20.00; iv) la ONG Ambientalistas fue identificada como la institución más adecuada para gestionar estos pagos, aunque también se propuso la participación de un grupo consultor. En conclusión, la disposición a pagar (DAP) de los beneficiarios del servicio ecosistémico hídrico se estimó en aproximadamente S/ 4.03 por persona, lo que representaría una recaudación mensual de alrededor de S/ 7,987.32 y un total anual cercano a S/ 95,847.84 (30).

Rodas en su estudio “Impacto de la reutilización del agua gris en la sostenibilidad del agua potable de la ciudad de Huancayo, 2017”, presentado a la Universidad Nacional del Centro del Perú, para obtener el Grado de Maestro en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible. Huancayo, Perú.

Como objetivo, se analizaron los impactos derivados de la reutilización de aguas grises en relación con la sostenibilidad del abastecimiento de agua potable en Huancayo. Para el desarrollo del estudio, se cuantificaron los volúmenes de aguas grises y negras, mensualmente, en 104 viviendas de la zona, lo que permitió la evaluación de la viabilidad en términos económicos, sociales y medioambientales de emplear las aguas grises para el enjuague de inodoros. Por lo que, el enfoque metodológico se basó en la cuantificación del volumen de aguas residuales provenientes de los inodoros en hogares unifamiliares, mediante la aplicación de un enfoque experimental. Los resultados obtenidos sugieren que: i) la reutilización de aguas grises tiene un efecto negativo en la sostenibilidad económica del suministro de agua potable, ya que se

evidenció en el indicador financiero del Valor Actual Neto (VAN), cuyo valor resultó en -S/ 26,008,992 soles, ii) en términos de sostenibilidad social, se identificó un efecto positivo, dado que al final del período de análisis se proyectó un aumento en la cantidad de beneficiarios de agua potable, alcanzando a 1,982 viviendas, lo que equivale a aproximadamente 8,166 nuevos habitantes con acceso al servicio, iii) respecto a la sostenibilidad medioambiental, se detectó un impacto favorable, ya que se espera una reducción del 23.31% en la liberación de aguas residuales al río Mantaro. Concluyendo que la reutilización de aguas grises genera un impacto negativo en la sostenibilidad del suministro de agua potable, en consonancia con los tres aspectos mencionados previamente (31).

Huarachi en su investigación “Valoración económica del agua y los beneficios del proyecto sistema integral Lagunillas en el distrito de Mañazo 2018”, presentada a la Universidad Nacional del Altiplano, para optar el Grado Académico de Magister Scientiae en Economía con Mención en Proyectos de Inversión.

Como objetivo, se evaluó el valor económico del servicio de abastecimiento de agua potable y los efectos sociales generados por la utilización del agua en riego en el contexto del proyecto integrado Lagunillas - Módulo canal principal. “La investigación adoptó un enfoque hipotético deductivo y se apoya en el marco teórico del método de valoración económica, específicamente el método de valoración contingente, así como en una base de datos disponible. En esta investigación, se simuló un mercado hipotético considerando mejoras en el servicio de agua potable y se proponen estrategias para la preservación del agua utilizada en la agricultura. Como resultados: i) los consumidores de agua potable estuvieron dispuestos a pagar una tarifa anual de S/ 31.22, valor vinculado con el ingreso del jefe de hogar, el nivel educativo y de forma inversa al tamaño del hogar, ii) la disposición a pagar por el agua utilizada en riego es de S/ 52.52 por hectárea

de tierra agrícola, y esta cifra varía en función de factores como la existencia de parcelas bajo riego, el ingreso del agricultor y su nivel educativo. Concluyendo que el beneficio económico total anual derivado de los servicios de agua potable para uso doméstico y riego alcanza la suma de S/ 124,856.34, respaldando la implementación de mejoras en la calidad del servicio y la conservación del agua destinada al riego” (32).

Quispe en su tesis “Valoración económica del servicio de ecoturismo en los humedales de Pisco, a partir del método de valoración contingente”, presentada a la Universidad Nacional Agraria La Molina, para optar el Grado de Magister en Scientiae en Ciencias Ambientales.

El estudio tuvo como objetivo determinar el valor económico del servicio de ecoturismo brindado por los humedales de Pisco, centrándose en los residentes de la ciudad para promover su conservación y protección. Se llevó a cabo una investigación aplicada y descriptiva con un diseño no experimental, empleando el método de valoración contingente a través de encuestas a 266 habitantes. Entre los principales hallazgos se destacan: i) el 71.1% de los encuestados expresó su disposición a pagar por el acceso a los humedales, con el fin de financiar mejoras en la experiencia ecoturística, como la rehabilitación y adecuación del muelle fiscal; ii) el 28.9% que no estuvo dispuesto a pagar argumentó que la responsabilidad de financiar la conservación debería recaer en la municipalidad; iii) para calcular la disposición a pagar (DAP) por el acceso y disfrute del ecoturismo en los humedales, se analizaron tres modelos con diferentes variables independientes mediante una regresión basada en el modelo logístico logit, obteniendo un valor estimado de S/ 7.40 por persona por entrada. En conclusión, las variables con mayor influencia en la DAP fueron el monto propuesto, la edad, el nivel educativo y el ingreso mensual del encuestado. Además, se resalta la importancia de implementar

medidas para mejorar la calidad del servicio ecoturístico, incluyendo monitoreo y vigilancia ambiental (33).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Reutilización de aguas

a) Definición del agua

“El agua es una sustancia química formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). Carece de color, olor y sabor en su estado líquido. Aunque se presenta principalmente en forma líquida, también puede encontrarse como hielo (sólido) y vapor (gaseoso). Es un recurso vital, cubriendo alrededor del 71% de la superficie del planeta y desempeñando un papel crucial en los procesos biológicos de todos los seres vivos” (34).

Las lagunas son cuerpos de agua que se encuentran en la superficie terrestre, y se clasifican según diferentes criterios, como su origen, salinidad y uso. Generalmente, las lagunas son más pequeñas y menos profundas que los lagos. El agua de las lagunas suele ser dulce, aunque algunas pueden ser salinas dependiendo de la proximidad al mar o las características geológicas del área. Las lagunas se pueden dividir en lagunas naturales, que se forman por procesos naturales como la acumulación de agua de lluvia o el desbordamiento de ríos, y lagunas artificiales, creadas por el ser humano para diversos fines, como el almacenamiento de agua potable, la creación de hábitats artificiales o el tratamiento de aguas residuales. Además, las lagunas pueden variar en tamaño y profundidad, y pueden ser categorizadas según su uso específico, como en el caso de las lagunas de estabilización, que se utilizan para la depuración de aguas residuales y la mejora de la calidad del agua (34).

b) Definiciones de reutilización de agua

El análisis económico es un componente crítico en el desarrollo de políticas y estrategias para la gestión de los recursos hídricos. Proporciona una gama de herramientas, información e instrumentos para mejorar la toma de decisiones en la planificación hidrológica, garantizando un enfoque informado y racional. Es imperativo que tanto los beneficios como los costos se cuantifiquen en una unidad de medida consistente. Sin embargo, al evaluar el impacto ambiental de un proyecto, las ventajas generalmente se cuantifican en medidas físicas dispares, mientras que los gastos se cuantifican en términos monetarios. La necesidad de evaluar la influencia de una intervención en el bienestar individual en términos financieros surge de la inconsistencia en las unidades utilizadas. Para determinar las predisposiciones hacia el comportamiento de pago y el consiguiente impacto en su bienestar en relación con los cambios en la calidad ambiental, se construye un escenario (34).

Evaluar el bienestar social plantea dificultades debido a la falta de valoración de mercado de los recursos ambientales. Como resultado, falta una unidad de medida estandarizada. Sin embargo, este desafío se ha mitigado parcialmente mediante el análisis y la comparación de las ventajas de estos activos utilizando una variedad de técnicas de evaluación ambiental, como métodos de valoración directa, indirecta y contingente, basándose en los datos disponibles (35).

Esto implica que el proyecto debe demostrar viabilidad económica produciendo un beneficio neto privado favorable. Además, es esencial que el proyecto sea socialmente viable, lo que significa que los beneficios sociales globales producidos por la iniciativa deben ser mayores que sus costos sociales. En última instancia, la viabilidad financiera del proyecto depende de la capacidad de garantizar que las contribuciones financieras de los individuos compensen adecuadamente las

inversiones del proyecto después de la intervención. Se puede postular que, de acuerdo con este punto de vista, la probabilidad de un resultado favorable para una iniciativa urbana aumenta cuando demuestra viabilidad en las dimensiones económica, social y financiera. De manera similar, se podría argumentar que una iniciativa pública tiene menos probabilidades de tener éxito si sólo es viable en una única dimensión de las tres que influyen en el resultado del proyecto (36).

c) Análisis técnico-económico reutilización de las aguas

A medida que las sociedades progresan, se enfrentan a desafíos cada vez más complejos. En consecuencia, surge una necesidad cada vez mayor de tomar decisiones informadas basadas en un conocimiento amplio, una comprensión matizada de los contextos locales y el fomento del consenso social. Este imperativo es particularmente relevante en el ámbito de los estudios ambientales, y se alinea con la recomendación de aprovechar los marcos de apoyo. En el ámbito de la toma de decisiones ambientales, los esfuerzos se dirigen a minimizar la incertidumbre y enfatizar la identificación de factores que plantean riesgos para la seguridad hídrica. Este enfoque es esencial para delinear un marco integral para la gestión de los recursos hídricos. Actualmente, los esfuerzos relacionados con la reutilización de aguas residuales se consideran desafíos complejos. Estos proyectos implican el examen de una multitud de factores interconectados, incluidas las dimensiones ambientales, jurídicas, económicas, sociales, políticas, institucionales y culturales (35).

Sin embargo, la dimensión económica a menudo recibe un escrutinio comparativamente menor en la investigación relacionada con la recuperación y reutilización de aguas residuales. Esto podría atribuirse a la tendencia predominante entre los académicos a considerar predominantemente los

costos privados y pasar por alto las posibles repercusiones externas, positivas y negativas. Limitándose a una serie de proposiciones que enfatizan las ventajas de integrar la regeneración y la reutilización, metodologías que permiten una planificación estratégica dentro de los sistemas dedicados a la reutilización del agua, centrándose en la regeneración y el uso del agua, permitiendo así la evaluación de la importancia económica a través del análisis de los costos específicos vinculados a estos sistemas. Sin embargo, es una tarea desafiante desarrollar un protocolo detallado que capture y organice metódicamente la identificación y descripción de los factores consecuentes que requieren consideración en la evaluación técnico-económica de un proyecto (35).

Por lo tanto, la falta de integración entre los impactos ambientales y las ramificaciones económicas de la implementación de un sistema de Regeneración y Reutilización de Aguas Residuales, específicamente en el contexto de mejorar el potencial de reutilización de los recursos hídricos disponibles, se ve subrayada por las recomendaciones propuestas por un equipo multidisciplinario dedicado a analizar las limitaciones, los desafíos y las oportunidades para mejorar la utilización del agua recuperada en California, Estados Unidos. Además, las evaluaciones económicas se basan predominantemente en el análisis de los gastos y, como máximo, en la comparación con las fuentes de agua convencionales derivadas de depósitos superficiales o subterráneos. Sin embargo, esta forma de evaluación no logra proporcionar evidencia definitiva de la relación costo-eficiencia, ya que descuida un análisis profundo de los beneficios frente a los gastos asociados con dicho sistema. La metodología predominante presenta un proceso sencillo y fácilmente comprensible, en el que se contrastan los gastos con los ingresos para evaluar la rentabilidad del sistema (35).

Es pertinente señalar que existen numerosas aplicaciones potenciales para la reutilización del agua recuperada. Para abordar cuestiones ambientales como la intrusión marina y la regeneración de ecosistemas, se pueden emplear dos estrategias principales. En primer lugar, se recomienda un enfoque diversificado hacia la utilización de la tierra que abarque espacios agrícolas, pastizales, áreas ornamentales, sectores de cultivos industriales y viveros de acuicultura para combatir estos desafíos de manera efectiva. En segundo lugar, se debe hacer un esfuerzo concertado para reponer los acuíferos para mitigar los problemas antes mencionados, junto con iniciativas destinadas a restaurar los ecosistemas que han sido degradados debido a una explotación excesiva. Además, otras áreas que requieren atención son los campos de golf medioambientales y recreativos, la silvicultura, los espacios verdes no accesibles al público, el riego urbano de jardines privados, la limpieza de calles y la industria textil. A la luz de estas consideraciones, es imperativo que las autoridades regionales supervisen los esfuerzos regulatorios y se aseguren de que todos los proyectos nuevos y actuales utilicen exclusivamente aguas residuales tratadas (37).

La segunda aplicación más importante se refiere a preocupaciones ambientales, que abarcan actividades como la restauración de humedales, la recarga de aguas subterráneas, mejores métodos de filtración y la mejora de los flujos de agua ecológicos. El énfasis predominante en la ejecución de proyectos se encuentra en el ámbito de la agricultura, con un cambio emergente hacia su reutilización para aplicaciones ambientales, recreativas y urbanas. Esta transición hacia la reutilización del agua para objetivos ambientales será cada vez más crucial en los próximos años, a medida que las

regulaciones europeas exijan la limitación de la producción y el crecimiento agrícolas (37).

El objetivo principal del análisis técnico-económico es evaluar los Sistemas de Regeneración y Reutilización de Agua con el objetivo de optimizar las ventajas derivadas de la generación de agua regenerada. Esto implica examinar los impactos individuales y sociales del procedimiento. El criterio de optimización económica seleccionado fue elegido debido a su claridad y relevancia para las cuestiones específicas bajo consideración (37).

$$MAX B_T = \sum_{n=0}^n [(VAR_n * PV_n) - (CI_n + CEM_n + CFin_n +)]$$

Así:

BT = beneficio total.

VAR = volumen anual de agua regenerada.

PV = precio de venta del agua regenerada.

CI = costos de inversión.

CEM = costos de explotación y mantenimiento.

CFin = costos financieros.

IMP = impuestos.

EP = externalidades positivas del impacto epj.

EN = externalidades negativas del impacto enj.

CO = costo de oportunidad.

n = año.

Un impacto puede interpretarse como la consecuencia que surge de la ejecución de un SRRAR, independientemente de su intencionalidad, previsibilidad o mensurabilidad, que se manifiesta dentro de los límites de un entorno específico y da lugar a beneficios derivados del uso de agua reciclada. Estos

impactos pueden delinearse como internos o de propiedad exclusiva, en relación con las repercusiones inmediatas dentro del continuo operativo. Fundamentalmente, estas asociaciones se refieren a las ventajas económicas que ofrece, junto con el agua purificada o sus subproductos, así como a las ramificaciones económicas adversas derivadas de los costos de inversión, operación y mantenimiento asociados. Además, las consecuencias externas, como el impacto en la seguridad del suministro, aunque más difíciles de medir, son igualmente importantes. Estas consecuencias tienen el potencial de dar lugar a la censura del proyecto o hacerlo económicamente inviable (37).

d) Ahorros en costos de tratamiento de agua

En esta etapa, el análisis integrado de costos e ingresos ayudará a determinar la viabilidad de invertir en Sistemas de Regeneración y Reutilización de Aguas Residuales. Es esencial reconocer sistemáticamente la variabilidad de los gastos y los ingresos a lo largo del tiempo. Para garantizar la coherencia, el proyecto necesita la estandarización de sus componentes. Este enfoque implica la representación de gastos e ingresos en términos de medidas financieras por unidad de volumen (UM/m³). Debe enfatizarse que los ingresos denotan cualquier mejora en la utilidad o el bienestar, mientras que el costo denota cualquier reducción en la utilidad que surja del proyecto (37).

$$MAXB_T = B_P + B_E - CO$$

Así:

BT = beneficio total (ingresos totales-costos totales).

BP = beneficio privado (ingresos privados-costos privados).

BE = beneficio de las externalidades (ingresos externalidades-costos externalidades).

CO = costo de oportunidad.

El beneficio privado se obtiene deduciendo los costos privados (CP) de los ingresos privados (PI). Los ingresos generados son consecuencia directa de multiplicar el precio de venta del agua regenerada por la cantidad de agua regenerada vendida. Sin embargo, los costos privados comprenden el total de gastos requeridos para la inversión, incluyendo las asignaciones necesarias para la construcción de la infraestructura física (IC) del sistema de tratamiento. Adicionalmente, los costos privados también incluyen los costos de operación y mantenimiento, tales como mano de obra, energía, reactivos químicos y materiales fungibles (CEM), costos financieros (CFin) e impuestos (I). Estos gastos tienen en cuenta tanto los costos involucrados en la producción del producto (agua recuperada) como los costos asociados con su distribución al lugar previsto para su reutilización (37).

Para garantizar la implementación efectiva de diseños y proyectos, es imperativo contar con la asistencia y experiencia de personas técnica y profesionalmente capacitadas para el despliegue de esta infraestructura tecnológica. De igual forma, es fundamental contar con personal especializado en la operación, mantenimiento y protocolos de seguridad de los sistemas de tratamiento. Asimismo, es esencial examinar e incorporar la legislación y reglamentación vigente que supervisa las consideraciones ambientales y de salud involucradas en la implementación del tratamiento de aguas residuales, como se demuestra en la representación gráfica adjunta (38).

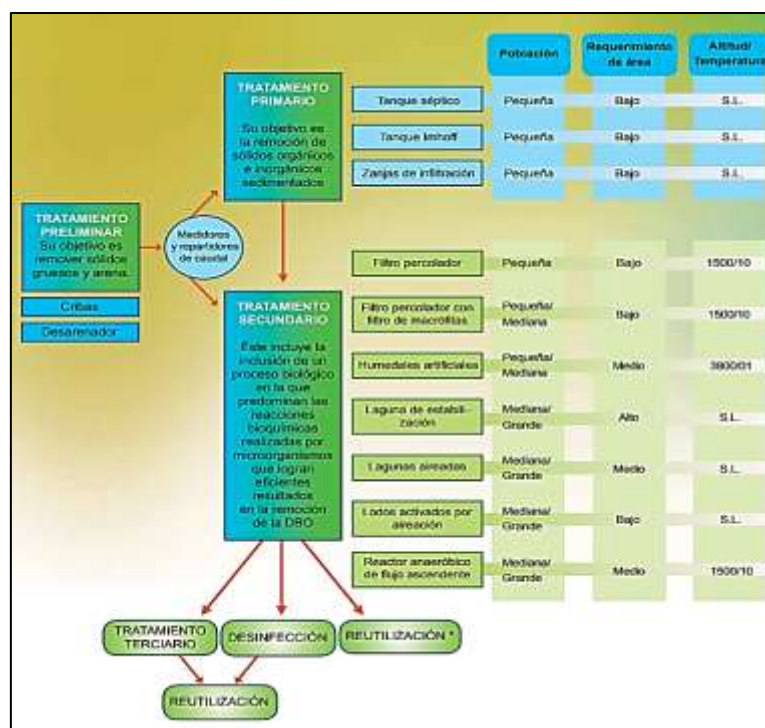


Figura 2. Tratamiento de Aguas Residuales.

Tomado de MINAM. Tratamiento y Reusó de Aguas Residuales. Lima: MINAM en el 2017. pág. 57 (35).

2.2.2. Reutilización de aguas, viabilidad económica de la reutilización de aguas

e) Reutilización de aguas

La reutilización ha sido reconocida como una tradición que ha evolucionado durante más de dos milenios, abarcando métodos estructurados, explícitos, así como implícitos y no premeditados. Varias naciones están demostrando su compromiso de incorporar el reciclaje de aguas residuales como un componente fundamental de sus estrategias de gestión del agua. En ciertos contextos, la implementación de un programa de reutilización de aguas residuales puede enfrentar la oposición del público debido a preocupaciones sobre posibles riesgos para la salud o el medio ambiente. Estas reacciones son más frecuentes en regiones caracterizadas por una amplia disponibilidad de

agua. Sin embargo, la evidencia empírica indica que, luego de una elucidación exhaustiva de las ventajas de incorporar la reutilización en un proceso de comunicación pública transparente y de abordar las necesidades específicas de los usuarios individuales, las iniciativas de reutilización obtienen aceptación y eventual apreciación (39).

Se consideran fases referidas a la reutilización:

- En la etapa inicial de planificación conceptual, se formula una estimación preliminar de costos dentro del esquema del proyecto, mientras se identifican los componentes que componen el mercado potencial de agua reciclada (39).
- Si la metodología parece factible, se pasa a la etapa de exploración inicial. El proceso comienza con la identificación de posibles fuentes de agua remanente que pueden utilizarse, así como el establecimiento de un registro de posibles receptores de agua recuperada. Asimismo, es imperativo establecer todas las consideraciones administrativas y legales que influyen en el proyecto, reconociendo así potenciales obstáculos regulatorios, así como entidades y organizaciones competentes responsables de diversos aspectos del proceso de reciclaje (39).
- Una vez concluida la investigación inicial, persiste el proceso de identificación de mercados potenciales. Durante esta fase, el enfoque principal radica en comparar los costos unitarios del agua potable y el

líquido recuperado en todos los mercados. Con base en los datos previamente registrados, se puede delinear una variedad de proyectos u opciones para un análisis exhaustivo (39)

FASE I PLANIFICACION CONCEPTUAL	FASE II INVESTIGACION PRELIMINAR	FASE III SELECCION DE ALTERNATIVAS EVALUACION DE PROYECTO
Esquema de proyecto. Estimación de costes. Identificación de mercados.	Localización de fuentes. Censo de usuarios potenciales. Adaptación. Comparación de costes. Aspectos legales y administrativos. Opción pública. Aspectos ambientales. Financiación.	Definición de alternativas. Tratamientos requeridos. Escala de proyecto. Modulación de demanda. Redes de distribución. Instalaciones de bombeo y almacenamiento. Inversiones. Financiación.

Figura 3 Fases de la reutilización.

Tomado del Instituto Geológico y Minero de España. Reutilización de las aguas residuales. IGME en el 2013. Manual informativo (36).

La posibilidad de reutilizar recursos se ha convertido en una realidad ampliamente reconocida. Sin embargo, transformar este potencial en un activo estratégico no convencional presenta un desafío importante. Esto requiere una planificación colaborativa y bien definida de acciones futuras entre todas las partes interesadas relevantes para abordar esta cuestión importante. El aumento de las cantidades purificadas no se traduce inherentemente en un aumento proporcional de la reutilización, ya que múltiples factores pueden impedir la expansión de este proceso. Es esencial enfatizar que las aplicaciones potenciales de la reutilización del agua regenerada abarcan varios sectores, incluida la agricultura (como cultivos, paisajismo ornamental, agricultura industrial, acuicultura y viveros), la recarga de acuíferos destinada a abordar las preocupaciones ambientales relacionadas con la degradación de los ecosistemas y la intrusión salina resultantes de la explotación, y fines recreativos, ambientales, urbanos e

industriales. Sin embargo, es imperativo que las autoridades locales supervisen este asunto y sean responsables de garantizar que cualquier medida propuesta o existente se refiera estrictamente a las aguas residuales tratadas. (40).

f) Viabilidad económica

Durante la ejecución del plan, se implementan etapas secuenciales, incluida una fase conceptual al inicio, una evaluación preliminar orientada a la viabilidad y un enfoque en la planificación de las instalaciones. Es esencial mantener un compromiso continuo con la opinión pública dentro de cualquier proceso, ya que ofrece una guía invaluable (39).



Figura 4. Estudio de viabilidad

Nota. Tomado del Instituto Geológico y Minero de España. Reutilización de las aguas residuales. s.l. : IGME en el 2013. Manual informativo (36).

1) Fuente de agua residual tratada

Las fuentes de agua residual tratada provienen de sistemas de depuración de aguas urbanas e industriales. Estas aguas, tras ser sometidas a procesos de tratamiento primario, secundario y terciario, pueden ser reutilizadas para diversos fines. Los tratamientos terciarios eliminan sólidos, nutrientes y agentes patógenos mediante procesos como filtración, desinfección con cloro, radiación ultravioleta y membranas. La elección de la fuente depende de la calidad del efluente, la disponibilidad y la proximidad al punto de demanda (39).

2) Demanda de agua regenerada

La demanda de agua regenerada se ha incrementado en sectores que buscan reducir el uso de agua potable o gestionar eficientemente los recursos. Los principales consumidores son la agricultura (riego), los servicios urbanos (limpieza de calles y riego de jardines), las industrias (enfriamiento y limpieza) y los proyectos de recarga de acuíferos. Estos usos permiten aliviar la presión sobre fuentes de agua convencionales, especialmente en regiones con escasez o en situaciones de sequía (39).

3) Proyecto de reutilización de aguas depuradas

Un proyecto de reutilización de aguas depuradas incluye el diseño de sistemas de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua tratada. Es crucial elegir las tecnologías adecuadas para el tratamiento terciario y asegurar el cumplimiento de normativas mediante un monitoreo continuo de la calidad del agua. Además, se deben desarrollar estudios de viabilidad técnica, económica y ambiental. Estos proyectos promueven la sostenibilidad y la economía circular al reducir la extracción de fuentes naturales de agua (39).

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) destaca en su manual informativo la importancia de estos proyectos como parte de las estrategias de sostenibilidad y gestión integrada de los recursos hídricos, fomentando así la economía circular y reduciendo la dependencia de fuentes de agua convencionales.

Para realizar una evaluación inicial de viabilidad financiera, se prepara una estimación de costos del proyecto. De manera similar, esta estimación se obtiene mediante la aplicación del enfoque de Ingresos o Capitalización de Ingresos, que implica evaluar el valor de una Unidad Económica en funcionamiento analizando su potencial de generación de ingresos utilizando una Tasa de Capitalización, también conocida como Tasa de Descuento. La tasa calculada se basa en factores específicos del proyecto, así como en indicadores económicos más amplios que reflejan las tendencias generales del mercado. Si bien factores como $\hat{I}^2$ suelen considerarse indicadores de mercado, su aplicabilidad puede variar en circunstancias específicas (41).

Los beneficios y costos presentados en los proyectos referidos a la reutilización dependen del contexto, que influye en el equilibrio actual entre ventajas y desventajas. Parece probable que la ventaja principal en la mayoría de los casos provenga del intercambio de agua dulce por un servicio industrial o urbano de mayor importancia. Esto permite a las autoridades municipales reducir los costos mediante el análisis de sus recursos mediante métodos más costosos. Además, la práctica de reutilizar las aguas residuales sirve para evitar su vertido total en los sistemas costeros y las aguas subterráneas, contribuyendo así a la preservación del turismo y los ecosistemas (42).

2.2.3. Metodología para evaluar la viabilidad económica de reutilización de aguas

La evaluación económica de proyectos de reutilización de aguas residuales normalmente implica la aplicación de metodologías establecidas dentro del campo del análisis económico. Por tanto, el objetivo sigue centrado en maximizar los beneficios globales obtenidos del proyecto. La evaluación integral de beneficios incluye un análisis de beneficios internos, costos de oportunidad y beneficios externos. La función de optimización está representada por la siguiente expresión. (12):

$$MaxB_T = B_I + B_E - CO$$

Donde:

- B_T se considera como el beneficio total (refiere a los ingresos totales – costes totales)
- B_I viene a ser el beneficio interno (son los ingresos internos – costes internos)
- B_E se considera como el beneficio externo (las externalidades positivas – externalidades negativas)
- CO fue el coste de oportunidad (12).

El enfoque tiene como objetivo avanzar mediante la utilización de marcos metodológicos que mitiguen la incertidumbre y minimicen los riesgos de inversión en los SRRAR. De manera similar, el marco metodológico que se está diseñando considera no solo las implicaciones individuales, sino que también incorpora las externalidades de la Recuperación y Reutilización Sostenible de Recursos (SRRAR) mediante la evaluación de un proyecto de infraestructura dentro de una instalación de regeneración de aguas residuales. Se trata de cuantificar las diversas ventajas y desventajas externas que influyen en el proyecto. Se presenta una técnica para desarrollar el análisis de costo-beneficio (ACB) en beneficio de este tipo de proyectos desde una perspectiva social.

El análisis considera una perspectiva social, incorporando un enfoque multidimensional que toma en cuenta tanto factores internos, como costos operativos e inversiones, como factores externos, como impactos ambientales, de salud y educativos asociados al sistema (43).

Los métodos referidos a la valoración del agua vienen a ser eclécticos y van de acuerdo al sector en cuestión, de la misma forma, el tipo de uso y de la información disponible (42).

- Un examen del consumo interno a menudo implica la evaluación de la disposición a pagar, que generalmente se realiza a través de encuestas directas que incluyen cuestionarios o diversas formas de experimentos de elección. La validez del método del "valor declarado" puede corroborarse y ampliarse mediante la utilización de la técnica de las "preferencias reveladas", que consiste en inferir las preferencias individuales de los usuarios a partir de las alteraciones de los patrones de consumo tras un ajuste de las tarifas, o bien determinar con precisión los niveles de gasto actuales (42).
- La utilidad del agua de riego puede evaluarse desde dos perspectivas distintas. La productividad marginal del agua, definida como el valor adicional acumulado a través de una mayor aplicación de agua en la producción, puede evaluarse observando los cambios en el rendimiento de los cultivos resultantes de las distintas intensidades de riego durante el período experimental. Por el contrario, un método predominante empleado es la utilización del enfoque de "respaldo neto" para determinar la valoración del agua y el valor residual mediante el análisis de la información presupuestaria posterior al cálculo de todos los costos asociados. considerar. De manera similar, el enfoque anterior postula que todo el excedente restante de la finca, que

aún no se ha aclarado, se atribuye al recurso hídrico en lugar de las variables alternativas (42).

- La evaluación de la funcionalidad industrial del agua nos permite abordar un desafío mayor. Para la mayoría de las empresas industriales y comerciales, los gastos relacionados con los recursos hídricos constituyen una porción insignificante de su estructura general de costos. Por lo tanto, se consideraría incorrecto utilizar el “método residual” en el riego y asignar todo el excedente restante al agua. Una proporción importante del agua utilizada por las industrias se obtiene internamente a través de ríos y pozos. El agua se recicla en diversas empresas mediante la práctica de reutilizar flujos de residuos y someterlos a procesos de tratamiento. Además, al evaluar un método de evaluación, es crucial considerar el costo del reciclaje como un umbral máximo, que está vinculado a la capacidad industrial y la inclinación a invertir, ya que las corporaciones optarían por el reciclaje en lugar de la adquisición una vez que se supere este límite. Además, un método simplificado para valorar el agua industrial implica calcular los ratios de producción bruta o evaluar el valor añadido resultante del volumen de agua utilizado en diversos procesos. Si bien estos índices sirven como indicadores de la eficiencia del agua dentro de diferentes sectores industriales, es posible que no representen con precisión la verdadera productividad del recurso (42). Cada una de las aplicaciones antes mencionadas constituye el conjunto de la utilización del agua. Sin embargo, el agua conserva un valor inherente significativo en su estado natural, principalmente a través de su papel fundamental en la asimilación y dilución de desechos, el transporte de sedimentos, el mantenimiento de los ecosistemas y las actividades recreativas como los

deportes acuáticos, la pesca, las excursiones y el turismo. Esto requiere la consideración de varios métodos de valoración. Periódicamente, las funciones inherentes al recurso hídrico (dilución, asimilación, lavado) podrán contrastarse con los gastos adicionales asociados a las alternativas mencionadas (tratamiento y dragado). La importancia de los recursos hídricos para facilitar la navegación se comprende a través del análisis de costos comparativos con modos de transporte alternativos. La evaluación del valor del agua para fines ecológicos y recreativos se basa principalmente en el uso de encuestas de disposición a pagar (DAP) o de costos de viaje. El enfoque de transferencia de beneficios se utiliza cada vez con mayor frecuencia para determinar estimaciones empíricas de diversos impactos ambientales. Como lo indica el término, se transmiten a otra entidad (42). valores dentro de un lugar a otros y a proyectos que se muestran comparables

- El valor del recurso hídrico para la generación de energía hidroeléctrica a menudo se evalúa basándose en la competitividad de costos de la energía hidroeléctrica en comparación con fuentes alternativas como la energía térmica, en el contexto de la generación de electricidad. En este contexto, como en cada uno de los otros casos, es importante analizar componentes comparables y delinear con precisión los criterios utilizados para realizar la evaluación (42).

La reutilización del agua demuestra viabilidad y atractivo económico cuando facilita la recuperación de costos. Esto se logra mediante la aplicación de procesos de tratamiento de agua para lograr un nivel de calidad óptimo adecuado para los usuarios finales. Además, la capacidad de recuperar costos mediante la venta de aguas residuales tratadas para su uso en riego es limitada.

Esto puede atribuirse a una cantidad significativa de subsidios asignados para cada esfuerzo de riego, particularmente en los países en desarrollo. De manera similar, las aguas residuales tratadas pueden venderse a un precio superior en el sector, con el objetivo principal de mejorar la recuperación de costos en lugar de maximizar los ingresos (44).

a) Dimensiones

Se realiza un análisis de costo-beneficio para evaluar la viabilidad económica de utilizar agua tratada para fines de reciclaje en lugar de emplear métodos convencionales de eliminación. Esta evaluación tiene como objetivo determinar si las ventajas financieras asociadas con la reutilización del agua, como la reducción de los gastos en el tratamiento y suministro de agua, superan los costos asociados con el establecimiento y la operación continua del proyecto. (11).

b) Pretratamiento

Estas infraestructuras se utilizan para el tratamiento previo del agua antes de su tratamiento principal, con el objetivo de capturar partículas sólidas importantes, materiales plásticos, restos superficiales, aceites y sustancias de rápida sedimentación, como gravas y arenas, presentes en las aguas residuales urbanas. Es crucial enfatizar que no funcionan como unidades de tratamiento autónomas. Se ha informado que las operaciones realizadas dentro de estas unidades tienen un efecto limitado en la reducción de la materia orgánica soluble; más bien, su objetivo principal es la eliminación de sustancias fácilmente desprendibles. Sin embargo, la extracción de las sustancias sólidas presentes ayuda a mitigar el riesgo de posibles obstrucciones o daños en las instalaciones de procesamiento. (11).

El objetivo principal es impedir el paso de sólidos grandes y compactos, así como de sólidos más pequeños con mayor

densidad que el agua y la arena, para facilitar el tratamiento posterior. Esto se logra mediante el uso de canales con rejillas rugosas y lisas, trampas de arena y, en ciertos casos, la combinación de estos dispositivos con pantallas. Sin embargo, en su planificación, a menudo se subestima la importancia de incorporar estrategias destinadas a reducir el ingreso de arena, escombros, plásticos y otras sustancias no esenciales a las instalaciones de tratamiento. Estas medidas son fundamentales para prevenir posibles problemas que puedan surgir durante las etapas posteriores al tratamiento. (11).

La integración de un dispositivo de medición de caudal es de suma importancia para la Planta de Tratamiento, particularmente en lo que respecta a la fase de pretratamiento. Este elemento tiene la capacidad de incorporar un canal Parshall, vertederos calibrados o implementar técnicas de monitoreo del nivel de agua junto con cálculos hidráulicos para garantizar una determinación precisa del caudal. Es imperativo que toda Planta de tratamiento esté equipada con una cámara de parrilla, un desarenador y un sistema de medición de flujo, como un canal Parshall o vertedero de control, como requisito fundamental (11).

La arena, en este contexto, se refiere a una variedad de materiales sólidos y partículas comúnmente presentes en los sistemas de drenaje, tales como arena, fragmentos metálicos, restos de cáscaras de huevo y residuos de posos de café. Los sistemas de alcantarillado que manejan exclusivamente aguas residuales presentan concentraciones menores de partículas sólidas en comparación con aquellos que combinan efluentes domésticos e industriales con aguas pluviales. Otras fuentes significativas de partículas y sedimentos incluyen la remoción de nieve y hielo en las carreteras durante el invierno, tapas de alcantarillas mal selladas y la presencia de tuberías de alcantarillado con fugas. (38).

Si no se eliminan las partículas sólidas de las aguas residuales durante el proceso de tratamiento, estas partículas abrasivas pueden causar daños significativos a las partes móviles de la maquinaria utilizada en el proceso. Además, se acumularán en las tuberías y tanques destinados a la sedimentación. Esto provocará una disminución en la eficacia de los procedimientos de eliminación de lodos. La presencia de partículas sólidas en los tanques de aireación y digestores reduciría tanto su capacidad operativa como su eficiencia dentro del sistema. (38).

c) Sistemas de Separación por Gravedad

Reducir la velocidad del flujo de agua constituye un enfoque efectivo para la eliminación de partículas y sedimentos, al facilitar el asentamiento gravitacional de las partículas más pesadas en el fondo de la columna de agua. Cuando el agua se introduce a alta velocidad en una gran cámara de hormigón con el propósito de filtrar partículas sólidas, experimenta una desaceleración significativa, reduciendo su velocidad hasta aproximadamente 30 cm por segundo. Para eliminar exclusivamente los sedimentos, es esencial controlar y monitorear el flujo. Sin embargo, un caudal insuficiente podría ocasionar el agotamiento de las sustancias orgánicas presentes.

La incorporación de burbujeadores o difusores de aire dentro del tanque de partículas ayuda a prevenir la sedimentación de materiales orgánicos, facilitando un asentamiento adecuado de las partículas. Además, la menor temperatura del agua residual puede asociarse con los altos niveles de oxígeno disuelto presentes en el flujo. (38).

d) Unidades Centrífugas de Separación

Los sistemas centrífugos de eliminación de partículas sólidas pueden caracterizarse como vórtices expansivos en

forma de cono. Las bombas facilitan el movimiento del exceso de agua hacia el receptáculo y, mediante la rotación, expulsan eficientemente partículas más grandes de la parte inferior, guiándolas hacia un transportador de tornillo o mecanismo de rastrillo con el fin de deshidratar (38).

e) Tratamiento primario

El proceso de tratamiento primario es similar a un enfoque utilizado previamente, ya sea antes de un sistema biológico (principalmente aeróbico) o como una etapa posterior, con el objetivo de reducir la carga total. En este contexto, las operaciones realizadas en las instalaciones de tratamiento primario eliminan eficazmente las partículas sólidas de rápida sedimentación. Sin embargo, presentan una eficacia limitada en la eliminación de constituyentes coloidales y disueltos presentes en el agua efluente, desempeñando así el rol de fase inicial en el proceso de tratamiento general.

El Tanque de Sedimentación Primaria, también conocido como Decantador Primario, desempeña un papel fundamental en el funcionamiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) (11).

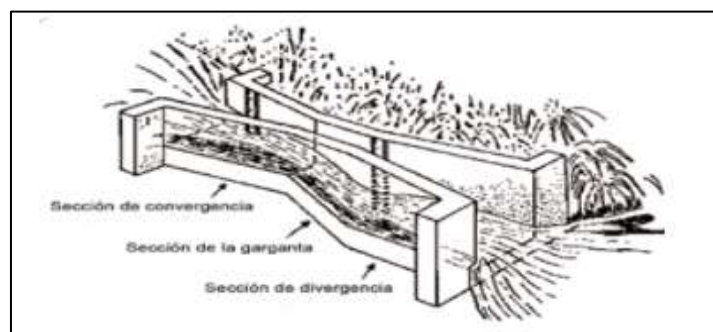


Figura 5. Caudal de ingreso a la planta es mediante la canaleta Parshall.

Tomado de MINAM. Tratamiento y Reusó de Aguas Residuales. Lima: MINAM en el 2017. pág. 57 (35).

La disposición de la unidad se ha modificado para alinearse con diversas especificaciones. Se han implementado colonos circulares en lugar de colonos rectangulares convencionales, junto con alternativas complementarias. Además, en circunstancias específicas se han empleado tanques Imhoff y otros tipos de tanques. El objetivo principal de estos procedimientos siempre ha sido mejorar la eficacia de la eliminación de sustancias orgánicas (DBO) durante la etapa inicial del proceso (11).

En pequeños municipios rurales o regiones con caudales mínimos de drenaje inferiores a 20 m³/día (0,23 lps), es común utilizar fosas sépticas como método primario para el tratamiento de aguas residuales, complementadas por una red de alcantarillado. La tasa de infiltración y la capacidad total del tanque se determinan según el volumen diario de líquido acumulado.

El diseño rectangular de la cámara séptica, generalmente equipada con múltiples compartimentos, está concebido para contener líquidos, lodos y cremas, además de retener espumas y materiales flotantes. Estas características facilitan la sedimentación de partículas sólidas y la descomposición gradual de la materia orgánica dentro de la cámara.

Sin embargo, la eficiencia de este sistema en la eliminación de materia orgánica, como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), es limitada. Por ello, se requieren medidas adicionales para tratar los contaminantes disueltos presentes en el efluente. (11).

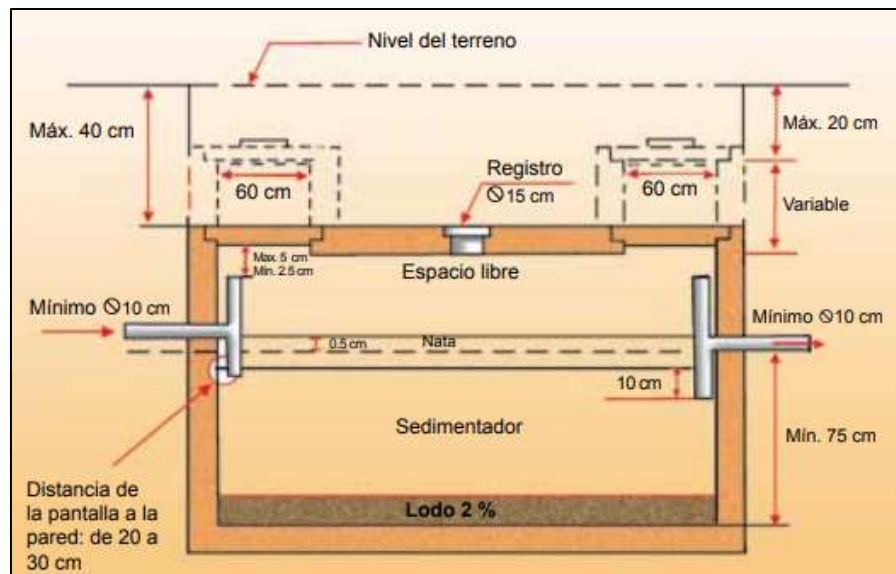


Figura 6. Dimensiones usuales para el diseño de un Tanque Séptico.

Tomado de MINAM. Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales. Lima: MINAM en el 2017. pág. 57 (35).

Para reducir el desperdicio de agua, es fundamental promover la difusión activa de información mediante campañas que incentiven el uso de grifos ahorradores y fomenten cambios en el comportamiento y las actitudes de las personas. Estas iniciativas de concienciación también pueden contribuir a reducir los costos operativos y de mantenimiento.

Además, resulta crucial proporcionar al personal encargado del mantenimiento y operación del tanque una capacitación adecuada que garantice el cumplimiento de los estándares de calidad del servicio. También es necesario monitorear la entrada de agua contaminada al tanque séptico como parte de una gestión eficiente para asegurar un mantenimiento óptimo.

Por último, es esencial evitar la mezcla de aguas residuales con aguas de lluvia, ya que este aumento de volumen podría sobrepasar la capacidad del sistema. (11).

f) Zanjas de infiltración

Las aguas grises y los efluentes de fosas sépticas o fuentes similares requieren un tratamiento adicional antes de su vertido al medio ambiente debido a la eliminación incompleta de compuestos orgánicos y patógenos. La eficiencia se puede mantener de manera efectiva mediante la construcción de trincheras de infiltración en estricto cumplimiento de las pautas especificadas descritas durante la fase de implementación de este procedimiento (11).

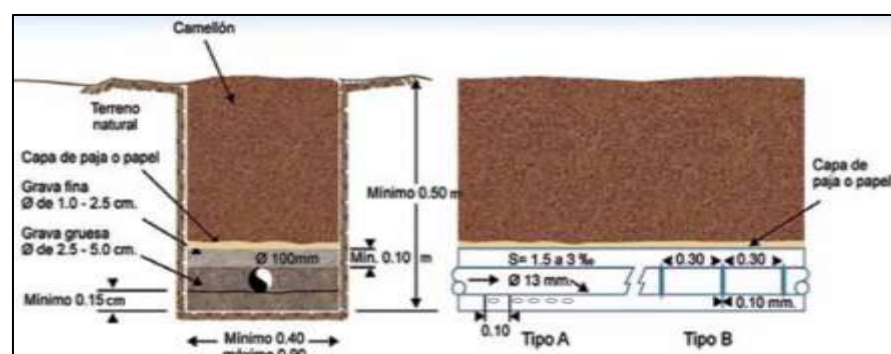


Figura 7. Detalle de zanja de infiltración.

Tomado de MINAM. Tratamiento y Reusó de Aguas Residuales. Lima: MINAM en el 2017. pág. 57 (35).

Por lo tanto, está demostrado que la utilización adecuada de fosas sépticas y zanjas de infiltración puede mejorar la calidad de los efluentes residuales antes de su eliminación definitiva (11).

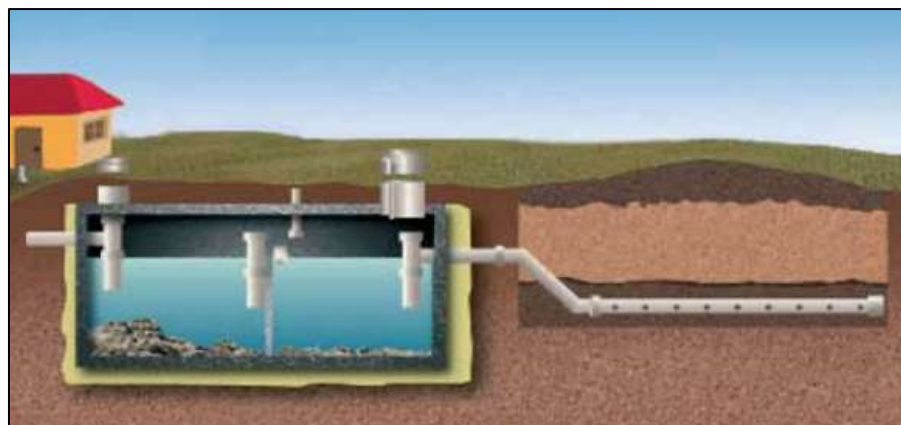


Figura 8. Uso de tanque séptico y zanja de infiltración.

Tomado de MINAM. Tratamiento y Reusó de Aguas Residuales. Lima: MINAM en el 2017. pág. 57 (35).

Las partículas sólidas descienden a través de aberturas ubicadas en el fondo de la cámara superior y se trasladan a la cámara inferior, donde se someten a un proceso de digestión a temperatura ambiente. Mientras tanto, la espuma generada se acumula en el compartimento de sedimentación y asciende gradualmente a la superficie sin perturbar el sedimento.

Como resultado de la sedimentación, el tanque retiene gases peligrosos producidos durante los procesos anaeróbicos que ocurren en su interior, lo que conlleva el riesgo de su liberación al medio ambiente. No obstante, este enfoque presenta la desventaja de contribuir al efecto invernadero, agravando su impacto. (11).

g) Tratamiento secundario

El énfasis principal del tratamiento secundario se pone en la integración de procesos biológicos gobernados predominantemente por reacciones bioquímicas. Los microorganismos son los encargados de ejecutar estos procesos con gran eficiencia, logrando una reducción de entre el 50% y el 95% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Los métodos predominantes para el tratamiento secundario suelen abarcar (11).

- Sistemas de filtración biológica que incluyen biofiltros, filtros percoladores, filtros rotatorios o biodiscos (11).
- Los biofiltros, también conocidos como sistemas de filtración biológica, se pueden implementar en forma de filtros percoladores, filtros rotativos o biodiscos (11).
- Lagunas en la estabilización de la tasa facultativa y sensación de ligereza (11).

h) Filtro percolador

Los filtros percoladores constituyen una categoría de módulos de tratamiento secundario biológico que emplean un medio filtrante, ya sea adjunto o asistido, para purificar las aguas residuales mediante un mecanismo de filtración. Este proceso favorece la eliminación de una proporción significativa de microorganismos y permite la formación de diversas especies de biomasa. Los medios filtrantes utilizados suelen estar compuestos por materiales como roca volcánica, piedra triturada o plástico diseñado específicamente para este propósito.

El objetivo principal de estos medios filtrantes es maximizar la superficie disponible para fomentar el crecimiento de poblaciones biológicas beneficiosas, esenciales en el proceso de tratamiento de las aguas residuales. (11).

La materia orgánica está sujeta a un proceso de degradación dentro del sistema de filtración. Esto indica que los microorganismos metabolizan las materias orgánicas dentro del afluente, llevando a su asimilación y consecuente disminución de contaminantes en la descarga del efluente (11).



Figura 9. Filtro percolador.

Tomado de MINAM. Tratamiento y Reusó de Aguas Residuales. Lima: MINAM en el 2017. pág. 57 (35).

Existen filtros percoladores de diferentes caudales, tanto altos como bajos, que consideran la cantidad de agua residual que fluye para determinar su capacidad de tratamiento por metro cuadrado de superficie (11).

- El agua que ya ha sido tratada en la instalación de tratamiento inicial se dirige al compartimento superior del filtro de percolación (11).
- Un brazo giratorio funciona girando constantemente para distribuir uniformemente el agua sobre la superficie del filtro. Esta distribución está cuidadosamente controlada y cubre toda la superficie disponible (11).
- Cuando el brazo que gira se coloca 30 cm por encima de la superficie del medio filtrante, crea un camino para que las partículas de agua caigan y reciban oxigenación. Esta aireación artificial apoya el proceso de tratamiento biológico (11).
- El agua se recoge en la base mediante un sistema de drenaje que la dirige a una instalación de sedimentación secundaria (11).

La iniciación comienza con la entrada de agua en un recipiente, equipado con un sistema de rejilla para separar los componentes más grandes del agua del río que fluye. Posteriormente, el agua se transfiere a la cámara de bombeo donde se conduce al tanque de almacenamiento para facilitar la sedimentación preliminar de las partículas finas. Esta forma de asentamiento surge de forma orgánica debido a la influencia de las fuerzas gravitacionales. A continuación, el agua pasa al tanque de desengrase, donde la disparidad de densidades hace que la grasa quede suspendida y distinta de los procedimientos operativos. Al mismo tiempo, el agua todavía ingresa a un tanque de sedimentación secundario. El tanque está protegido y envuelto por paneles transparentes, permitiendo la penetración

de la luz solar en la estructura cónica construida con piedra pómez. Este entorno se ha establecido para fomentar la proliferación de microorganismos aeróbicos, incluidas algas y bacterias. Estos microorganismos son esenciales para la degradación de la materia orgánica y la eliminación de bacterias, parásitos y otras sustancias potencialmente nocivas (11).



Figura 10. Biofiltro aerobio cubierto con paneles transparentes.

Tomado de MINAM. Tratamiento y Reusó de Aguas Residuales. Lima: MINAM en el 2017. pág. 57 (35).

Para mitigar el riesgo de obstrucción del lecho filtrante, los procedimientos de pretratamiento son esenciales en los humedales artificiales para eliminar eficientemente los sólidos en suspensión. Los procedimientos de tratamiento inicial pueden incluir el empleo de una pantalla, el posterior uso de un desarenador y la incorporación de mecanismos de sedimentación como un tanque Imhoff o un tanque séptico. Por el contrario, existen regiones caracterizadas por la presencia o ausencia de oxígeno. Las raíces de las plantas facilitan la entrada del aire atmosférico al subsuelo, oxigenando así el agua y estableciendo una comunidad de bacterias aeróbicas que facilitan la descomposición de la materia orgánica. Sin embargo, es fundamental distribuir uniformemente el agua por la superficie

del lecho filtrante y garantizar su adecuada infiltración en la zona de recogida de agua. Es imperativo reconocer que el suministro de agua al filtro debe interrumpirse según sea necesario. Es imperativo garantizar el tiempo adecuado para la completa infiltración del agua y la posterior aireación de los espacios vacíos dentro del lecho. Además, es aconsejable establecer un par de humedales muy próximos para garantizar un mantenimiento continuo y eficaz del sistema (11).

i) Tratamiento terciario

La naturaleza integral del proceso de tratamiento terciario en la gestión de aguas residuales se ve contrarrestada por su aplicación restringida debido a las limitaciones financieras asociadas. El objetivo central de los tratamientos terciarios es eliminar la materia orgánica residual y contaminantes adicionales que no fueron eliminados exitosamente en los tratamientos secundarios, abarcando nutrientes esenciales como el fósforo y el nitrógeno (38).

La decisión de realizar un tratamiento terciario depende del enfoque planificado para la eliminación de aguas residuales tratadas, centrándose el objetivo principal del tratamiento de nivel terciario en la eliminación de nutrientes, particularmente nitrógeno y fósforo. El objetivo del tratamiento de nivel terciario es mitigar la eutrofización o proliferación de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua con mala circulación resultante del vertido de aguas residuales pretratadas. Esto es de importancia crítica ya que conduce a la reducción de los niveles de oxígeno disuelto, lo que en consecuencia es perjudicial para los ecosistemas acuáticos dentro de los cuerpos de agua impactados. Los vertidos de las instalaciones de tratamiento terciario son prometedores para su utilización en actividades como el riego de zonas agrícolas, la acuicultura y la facilitación de diversas actividades productivas (11).

Las aguas residuales tratadas terciariamente pueden utilizarse para aplicaciones específicas, incluida la reposición de aguas subterráneas o el suministro de agua industrial. Varios métodos utilizados con frecuencia incluyen la precipitación química de nutrientes, filtración, destilación, flotación, ósmosis inversa y varias técnicas adicionales (11).

Los humedales de flujo vertical son muy adecuados para el tratamiento de aguas residuales caracterizadas por patrones de flujo intermitentes o fluctuantes, que se encuentran principalmente en entornos residenciales como casas de vacaciones, instituciones educativas y escenarios que involucran recargos al sistema de alcantarillado. El aspecto hidráulico del tratamiento de aguas residuales en comunidades pequeñas es un desafío importante, impulsado principalmente por la naturaleza fluctuante de los flujos generados. A modo de ejemplo, durante las horas nocturnas, el flujo puede estar ausente como resultado de un cese total de las actividades, mientras que las lluvias intensas pueden provocar un aumento sustancial de los flujos, un desafío que es difícil de gestionar para las tecnologías tradicionales. No obstante, los humedales presentan una solución viable a este problema al poseer una mayor capacidad para mejorar los impactos hidráulicos negativos. Por el contrario, las tecnologías que se basan en cultivos de bacterias nitrificantes en suspensión, aireación prolongada, procesos de oxidación completos, etc. Se ven significativamente influenciadas por estas fluctuaciones. Sin embargo, los humedales pueden acumular una cantidad sustancial de bacterias nitrificantes dentro de la rizosfera de especies vegetales específicas, predominantemente (38).

El intercambio iónico es un mecanismo en el que se utiliza un material, normalmente denominado resina de intercambio iónico, para atrapar selectivamente iones que están en solución en agua. Estos iones pueden adsorberse transitoriamente en la

superficie de la sustancia y posteriormente desorberse en la solución mediante una metodología regenerativa eficaz. Esta técnica se emplea frecuentemente con el fin de extraer sales del agua en casos donde están presentes en bajas concentraciones (38).

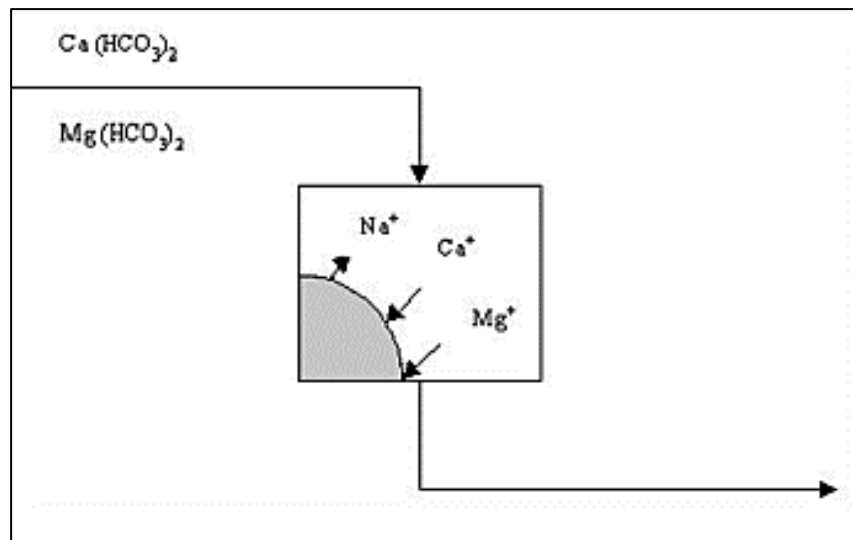


Figura 11. Tratamiento Terciario de Aguas Residuales.

Tomado de Belzona. Tratamiento de Aguas Residuales.
s.l.: Alejandra Troconis en el 2010. pág. 50 (34).

A. Mediante Sistema de Cloración

El objetivo es retener el agua tratada en un depósito de almacenamiento final dotado de una cantidad suficiente de cloro libre para inhibir la proliferación de microorganismos, garantizando su seguridad para su posterior utilización. Se dispone de diversas técnicas para introducir cloro en el depósito mediante un sistema de cloración automatizado. La dosificación de cloro libre en el tanque se puede monitorear y gestionar utilizando una sonda de cloro libre o redox, o mediante la incorporación de un medidor de pulso que regula la dosificación de cloro en respuesta al volumen de agua tratada que pasa por el sistema. El método económicamente más eficiente y sencillo

para purificar el agua que se recicla en la horticultura y el riego de plantas implica el proceso de cloración de aguas residuales. Un inconveniente adicional a tener en cuenta es la necesidad de utilización y manejo de una sustancia química como el hipoclorito de sodio. Además, determinadas plantas ornamentales, hortalizas o frutas pueden ser susceptibles a sufrir daños debido a niveles particulares de cloro libre. Además, es imperativo tener en cuenta que siempre se debe utilizar un tanque distinto dentro de este marco para fines de cloración. Esto se debe a la necesidad crítica de permitir que el agua clorada entre en contacto durante un tiempo adecuado para lograr una desinfección eficaz (38).

2.2.4. Valoración económica de lagunas (agua)

j) Definición

La evaluación económica descubre los beneficios o productos producidos por los ecosistemas; por lo tanto, es crucial considerar y tener en cuenta todos los efectos indirectos positivos o negativos de su utilización. Se introduce una metodología más integral, centrándose en comprender las variaciones en la disposición a pagar en respuesta a factores que se prevé ejercerán una influencia significativa sobre ella. Este hallazgo demuestra la relación entre el efecto de incorporación y la elasticidad ingreso al influir en la disposición a pagar. De manera similar, la ausencia de un mecanismo estandarizado de fijación de precios en el mercado de recursos naturales como plantas y animales no disminuye su valor inherente. Como tal, resulta crucial emplear técnicas de valoración que puedan evaluar su valor y reflejar su importancia en el bienestar social. Este enfoque facilita las comparaciones con otros componentes, lo que demuestra la viabilidad de emplear la moneda como medida universal (45).

Los ecosistemas dentro del área natural cumplen una variedad de funciones vitales para el beneficio de la sociedad,

incluidas funciones de aprovisionamiento, regulación y culturales. Desde un punto de vista económico, la agregación de servicios y bienes prestados por un ecosistema otorga un valor, denominado valor económico total, que se segmenta categóricamente en valor de utilidad y valor de no uso. De manera similar, el valor de utilidad está determinado por la utilización del bien o servicio ambiental, ya sea a través de su uso directo o por medios indirectos como la reducción de la contaminación o el refuerzo del ecosistema. La promoción de la conservación ambiental dentro de las economías a menudo requiere la utilización de diversas metodologías de valoración para cuantificar el valor económico de los activos y recursos ambientales. Uno de esos métodos, el método de valoración contingente (CVM), resulta fundamental para estimar valores tanto utilitarios como no utilitarios de bienes y servicios ambientales que de otro modo no estarían adecuadamente representados en las transacciones de mercado (46).

k) Importancia

Dado el valor intrínseco del medio ambiente. Este concepto sirve como punto focal para un aparente consenso. Tradicionalmente aceptado, pero requiere cierto esfuerzo para validarlo. Una aproximación Los sentimientos de apego hacia el medio ambiente sugieren que los individuos valoran su importancia, aunque el mero sentimiento emocional por sí solo puede no ser suficiente para Examinar impugnaciones y emitir juicios. Si demostramos el valor inherente y los méritos del esfuerzo, se considerará valioso. Asegurar la adecuada administración, conservación y manejo racional del recurso. Todas estas acciones son indicativas de hasta cierto punto, resultar en gastos financieros, enmarcando así el valor del medio ambiente en términos económicos. Un método para alentar a los individuos de la sociedad y a los responsables políticos a articular las acciones que se están llevando a cabo.

dispuesto a hacer sacrificios para salvaguardarlo. Asignar valores cuantitativos a los bienes es un aspecto crucial de la valoración económica del medio ambiente y los beneficios derivados de los recursos ambientales, independientemente de la presencia de precios de mercado para ellos (47).

Esto indica que existe una demanda de evaluación mayor que la que se satisface actualmente. Atribuido principalmente a la función del mercado de determinar precios y distribuir eficientemente los recursos dentro de la economía. Es inalcanzable cuantificar la enorme variedad de bienes y servicios ambientales. Identificar un mercado en el que se establezcan precios para asignar recursos de manera eficiente dentro del marco económico. La evaluación indica que el entorno no está exento de limitaciones y la tarea es articularlo en términos conceptuales. La evaluación tiene el potencial de demostrar variaciones en la asignación de recursos ecológicos: su escasez relativa o absoluta. La economía es la disciplina que se ocupa de la asignación de recursos limitados, por lo tanto, estará equipado para proporcionar los recursos necesarios para evaluar opciones alternativas, con lo que será necesaria una unidad métrica para determinar la importancia del fenómeno (47).

Valores comparativos de acciones Las alternativas sirven como marcos valiosos para tomar decisiones informadas y seleccionar el curso de acción más apropiado. El objetivo principal del proceso de valoración es ayudar en la toma de decisiones relacionadas con la gestión implica enfatizar la efectividad económica global de varios métodos de utilización inclusivo o exclusivo de los recursos. En pocas palabras, los recursos deben asignarse a los fines que divulgar al público los beneficios netos, los cuales se evalúan mediante una comparación de las ventajas económicas derivadas de la

ganancia o beneficio neto de cada uso, después de deducir los gastos asociados (47).

La evaluación cuantifica el impacto ambiental en términos que permitan la comparación e integración con otras variables. Utilizar unidades métricas económicas y financieras, como el análisis de costo-beneficio, para informar una toma de decisiones acertada y al mismo tiempo minimizar las discrepancias. espacio para juicios subjetivos. La evaluación ofrece un reflejo preciso del desempeño económico. La evaluación puede actuar como una hoja de ruta para el desarrollo de políticas públicas. Aplicación de impuestos, asignación relativa al apoyo financiero o la asignación de fondos para la preservación de recursos o la reducción de impactos ambientales. Para lograr la sostenibilidad ambiental, es necesario realizar una evaluación integral de los gastos y ventajas ambientales (47).

La principal fuente de evidencia para valorar algo debe derivarse de las partes interesadas que se ven directamente afectadas por el asunto en cuestión. La responsabilidad del analista radica en consolidar y evaluar datos relacionados con los diversos méritos de las opciones potenciales. Las opciones sustitutivas implican pronosticar la evaluación relativa que realizarían los individuos si tuvieran acceso a los mismos bienes o servicios. La capacidad de hacerlo no se refiere a la toma de decisiones, sino más bien a ayudar a los ocupantes del entorno y a los individuos involucrados. Las autoridades políticas deben evaluar cuidadosamente las diferentes opciones antes de tomar una decisión (47).

El punto de referencia de valor debe cumplir tres criterios:

1. Articular las ventajas de forma similar a los gastos.
2. Estandarizar los valores de todas las opciones en unidades conmensurables.
3. Articular valores para cada individuo en unidades estandarizadas.

Los valores monetarios son un

subconjunto de estas condiciones, mientras que otros valores también pueden incluirse en la evaluación (47).

I) El manejo sustentable del ambiente desde una perspectiva económica

La prosperidad económica de una sociedad está cada vez más entrelazada con el nivel de competitividad exhibido en ella. Un sistema que se integra efectivamente al mercado global para mejorar la productividad acompañando a un enfoque para mejorar la competitividad económica a nivel nacional, regional o global. A nivel global, es imperativo que la sociedad incorpore y de prioridad al principio de sostenibilidad en su marco. La utilización del medio natural. Es imperativo establecer firmemente que la degradación ambiental no es inherente a este contexto. vinculado al desarrollo económico. La mejora del bienestar social a través del desarrollo incluye consideraciones de calidad ambiental. Se esfuerza por proporcionar, pero las cuestiones ambientales pueden impedir el logro del desarrollo sostenible (47).

Unas medidas políticas adecuadas tienen el potencial no sólo de mantener las condiciones ambientales, sino también de mejorarlas. simultáneamente con el desarrollo económico. Se consideran necesarias dos categorías de políticas, como se especifica en la referencia del Banco Mundial. En una revisión realizada en 1992, se identificaron dos categorías: aquellos que fomentan vínculos constructivos entre desarrollo y medio ambiente, y aquellos que buscan eliminar dichos vínculos. relaciones negativas. El gobierno, en su papel de custodio de los bienes e intereses públicos, está obligado a intervenir en la gestión del medio ambiente implica la implementación de acciones colectivas, como regulaciones, y la coordinación de esfuerzos para asegurar la sostenibilidad ambiental. La participación social en las decisiones de inversión y la asignación de recursos prevalece en varias regiones (47).

El proceso de cuantificar, evaluar y formular opciones económicas y ambientales sostenibles en el contexto de las consideraciones a largo plazo son una necesidad fundamental para garantizar una asignación equitativa de costos y beneficios en la distribución. Las dimensiones inherentes y multigeneracionales de la rendición de cuentas por las políticas gubernamentales que no se pueden eludir. Un enfoque adecuado para la toma de decisiones centrado en la gestión sostenible de los recursos naturales renovables debe estar sujeto a examen a lo largo de un mínimo de cuatro fases de desarrollo (47).

La fase inicial implica evaluar el alcance del daño al recurso o los efectos sobre el medio ambiente. a través de procesos de evaluación ambiental diseñados para identificar y evaluar las implicaciones en relación con tanto de manera cualitativa como, en la mayor medida posible, cuantitativa. Esta tarea presenta importantes desafíos debido a que los impactos ambientales a menudo están desconectados espacial y temporalmente, lo que plantea desafíos en su evaluación y mitigación. estableciendo un vínculo causal entre variables (Dixon, 1998). Sin embargo, el discernimiento de los orígenes de las ineficiencias en la gestión de los recursos, a saber, determinar la causa raíz del impacto ambiental es una tarea crítica que permite identificar las herramientas para abordar el problema. Se requiere la implementación de medidas adecuadas para mitigar o potencialmente contrarrestar los efectos antes mencionados. Estas fuentes de ineficiencia, en términos generales, estas cuestiones caen dentro del ámbito de las fallas del mercado, específicamente las externalidades (47).

La delimitación ambigua de los derechos de propiedad da como resultado la dispersión de costos y beneficios entre varias partes interesadas. asignación de recursos, o alternativamente debido a ineficiencias en las operaciones

gubernamentales, como subsidios o impuestos distorsionantes, prácticas monopolísticas y gobernanza subóptima. Un aspecto esencial del procedimiento consiste en determinar el grado de importancia de las ineficiencias para asignar un valor económico a los gastos derivados del daño o influencia en el aspecto fundacional de la situación. recursos y el medio ambiente. Sin embargo, los efectos reconocidos durante la fase de evaluación Los impactos ambientales normalmente no se cuantifican en términos monetarios. Muchos bienes y servicios en los factores ambientales están ausentes de los mecanismos de mercado debido a su falta de incorporación en los mecanismos de fijación de precios. La economía ambiental ha sido pionera en metodologías y técnicas sólidas para abordar las imperfecciones del medio ambiente (47).

Determinar los gastos y ganancias (tasa) financieros asociados a los efectos en aprovechamiento de los recursos naturales y del ecosistema. En última instancia, la organización metódica de estos datos facilita la delimitación de las herramientas para una política que fomente la utilización responsable y eficiente de los recursos naturales de una manera que garantice la sostenibilidad ambiental a largo plazo. Pueden variar desde Mecanismos regulatorios como códigos, leyes y decretos, así como herramientas administrativas como tasas y cuotas. medidas económicas como impuestos, subsidios y desarrollo de mercados. Las regulaciones de conservación ambiental vienen con costos y beneficios asociados que se asignan o distribuyen según corresponda, lo cual varía entre los actores económicos dentro de la sociedad (47).

Seleccione el grado más eficaz de salvaguardia o la preservación de la calidad ambiental requiere una evaluación estratégica de los costos incurridos en la protección del medio ambiente frente a los beneficios derivados de tales acciones.

Equilibrar los gastos incrementables de conservación ambiental con las correspondientes ventajas incrementables obtenidas de ofertas de protección (47).

Los gastos asociados con la salvaguardia o mejora del medio ambiente pueden considerarse sustanciales cuando se los considera de forma aislada, pero son imperativos y necesarios, yuxtapuesto permanentemente con las ventajas y resultados potenciales del desarrollo económico. Una política eficaz se caracteriza por su capacidad para optimizar las ventajas. Las ventajas generales para la comunidad, que abarcan tanto las ganancias económicas individuales como ambientales. Este es un método mediante el cual podemos analizar los costos y beneficios asociados con las políticas de protección ambiental en el contexto dependiendo del nivel de calidad ambiental que se desee alcanzar (47).

Mejorar la calidad ambiental requiere mayores inversiones y gastos, un desafío que conlleva costos y marginales crecientes. Esta inversión en iniciativas ambientales da como resultado beneficios tangibles. En manifestaciones duales, que abarcan ventajas no ambientales como el crecimiento económico y los beneficios ambientales. El aspecto medioambiental, junto con el aspecto económico, comprende los beneficios globales. Las curvas de ventaja incremental son disminuir, específicamente la ganancia incremental proveniente de mayores inversiones en calidad ambiental si la tendencia muestra una trayectoria positiva, aunque con un patrón decreciente. Esta visualización de datos permite delinear políticas ambientales en función de sus métricas de eficiencia económica. Algunas políticas ambientales suponen una carga financiera insignificante para el gobierno, y los costos se equilibran efectivamente con los beneficios (47).

Desempeñan un papel en la mejora tanto de la eficacia económica como de la conservación del medio ambiente. Esta

situación ejemplifica el concepto de la formalización o mejora de los derechos de propiedad relacionados con ciertos recursos como la tierra, biodiversidad; y el cese de subsidios que incentivan o aceleran la explotación de recursos que se encuentran en la naturaleza, incluida la energía, los bosques y el agua para fines agrícolas. Varias políticas incurren en gastos públicos y privados, pero producen resultados económicos netos positivos. Los resultados favorables persisten incluso en ausencia de consideraciones relativas a las ventajas ambientales. Situación observable en Inversiones de servicios públicos de agua y saneamiento urbanos, así como iniciativas de conservación de suelos urbanos rural (47).

En última instancia, la implementación de las políticas e inversiones sugeridas tiene como objetivo rectificar las ineficiencias del mercado, lo que lleva a un resultado económico general favorable surge al incorporar la valoración económica de los impactos ambientales. Por ejemplo, es digno de mención el escenario relativo a la eliminación definitiva de los residuos peligrosos, o los impuestos sobre las emisiones de generación residual. Esto subraya la necesidad de evaluar los costos y beneficios asociados con las políticas ambientales que permiten que la toma de decisiones políticas se distribuya de manera efectiva y precisa los recursos limitados de la sociedad. Un marco aplicable para cuantificar los gastos y ventajas de esta política puede desarrollarse en el enfoque del Costo Marginal de Oportunidad Social (MSOC) implica la integración de gastos incrementales (47).

De producción y consumo (la valoración actual de los próximos gastos en los que incurrirá una sociedad para su utilización) gastos internos asociados con la utilización de recursos y gastos externos. Esta estrategia integral de fijación de precios requiere la inclusión de gastos tanto presentes como futuros. Los costos (tanto internos como externos) que correrán

a cargo de la sociedad durante los procesos de producción y consumo están incluidos dentro del coste del producto o servicio. Este enfoque sirve para demostrarlo. Proporcionar al usuario un precio que refleje el costo social, indicando así efectivamente el nivel de escasez relativa como un medio para conservar el recurso y proporcionar una motivación para optimizar su utilización. Es fundamental señalar que los servicios ecosistémicos generan gastos, independientemente de su valor intrínseco. los elimina sin ejercer ningún esfuerzo. Todos estos costos tienen el potencial y deberían ser evaluados en términos de oportunidades perdidas (47).

El concepto de Costo Marginal de Oportunidad Social (MSOC) implica tener en cuenta los costos asociados al consumo. Alternativamente, se puede considerar el costo de oportunidad incurrido como resultado de la utilización de un recurso para consumo o producción. En esto el objetivo del director de marketing se compone de tres elementos, incluido el costo marginal de producción (MPC), que abarca los gastos explícitos relacionados con la explotación o fabricación, es decir, el Costo Marginal de Utilidad (CMU) que comprende los gastos potenciales que surjan de la actual utilización sub óptima del recurso o como resultado de un punto de vista adicional se refiere al valor del beneficio neto que el consumo no confiere a un posible usuario (47).

El flujo del recurso; y la consideración del Costo Marginal Ambiental (EMA) para dar cuenta de las externalidades, generado por la actividad. Este enfoque permite evaluar e integrar dos variables en los gastos asociados al aprovechamiento ambiental. Los factores importantes dentro del marco económico del medio ambiente incluyen variables espaciales y temporales. La variable espacial (CMA) dilucida las implicaciones (tanto positivas como negativas) derivadas del aprovechamiento ambiental en el contexto del presente,

atribuyendo valor a factores externos tanto en el momento del uso como en zonas más distantes (p. ej. el reservorio acuático, la contaminación del aire distante y la liberación de contaminantes CO₂). El factor temporal, representado por CMU, da cuenta de las repercusiones que experimentan los usuarios posteriores (47).

La utilización ineficiente del recurso en el presente podría resultar en la pérdida de beneficios futuros. Como resultado de la mala gestión del recurso ambiental o como consecuencia del aumento de los gastos asociados a su utilización. En otras palabras, el empleo de esta metodología constituye un método que permite la identificación, evaluación, repartir todos los gastos y ventajas, tanto individuales como sociales, asociados con la utilización del medio ambiente y los recursos que son de importancia para la sociedad (47).

m) Técnicas de valoración

Numerosas metodologías de valoración tienen potencial de aplicación en cada categoría de valor. La selección de la metodología adecuada depende de varios factores, como el impacto en la importancia y accesibilidad de los datos, junto con consideraciones relacionadas con las limitaciones de tiempo y financieras. Utilizando un diagrama de flujo que comienza con una evaluación del impacto ambiental, se determina la presencia de variaciones observables en los niveles de producción o alteraciones en las condiciones ambientales, que conducen a resultados distintos. posibles escenarios y sus consiguientes repercusiones. Los métodos predominantes empleados se demuestran para calcular el valor económico de cada categoría de consecuencias (47).

n) Valoración de cambios en la producción y en los costos directos

En numerosos casos, los impactos ambientales de la utilización insuficiente de los recursos se hacen evidentes en cambios en la fabricación de mercancías. El agotamiento del suelo debido a la erosión, por ejemplo, conduce a la reducción de los rendimientos agrícolas y/o ganaderos, versus los resultados beneficiosos de un proyecto. El espíritu conservacionista se ejemplifica mediante el aumento o el mantenimiento a largo plazo de la producción agrícola. En casos como el valor de los beneficios y costos se puede estimar mediante un método sencillo de evaluación de los beneficios. Las alteraciones en la producción resultantes del proyecto, metodología denominada aproximación de cambios en la productividad. El principal desafío al evaluar estos efectos surge de cuantificar las cantidades comparativas de bienes generados tanto dentro como fuera del marco del proyecto .

Al determinar dichos estimadores se inicia el proceso de valoración. relativamente sencillo en los casos en que los precios de mercado son accesibles. En casos de irregularidades de precios los subsidios, por ejemplo, deben recalibrarse utilizando métodos de cálculo de precios. Precios sombra o de frontera. Diversas repercusiones ambientales, como la contaminación del aire y del agua, influyen en la salud humana. Este impacto puede evaluarse examinando los gastos asociados a la enfermedad. a través del impacto de la contaminación, como se infiere de la comprensión de la relación causa-efecto encapsulada en la función de daño que vincula el nivel impactos en la salud resultantes de la exposición a contaminantes. El impacto ambiental resultante de los elevados niveles de contaminación se puede calcular mediante la utilización de. Datos sobre las implicaciones financieras del aumento de las tasas de morbilidad: agotamiento de los recursos. que surjan de pérdida de ingresos debido a enfermedad, gastos médicos incurridos, admisiones

hospitalarias o tiempo dedicado a buscar atención médica, medicamentos, etc. (47).

Esta estrategia se puede aplicar de manera simétrica: las ventajas de los esfuerzos dirigidos a la reducción de la morbilidad por contaminación se realizan de manera similar. Estos valores se consideran estimadores de referencia de los gastos (o ventajas) asociados con el esfuerzo, cambios en las tasas de morbilidad, dadas las inclinaciones individuales que priorizan la salud y están dispuestos a incurrir en gastos con este fin. Si los beneficios de un impacto medioambiental resultan incalculables, todos los datos relativos a los costes quedarían incompletos. Los factores relacionados pueden proporcionar información valiosa para el cálculo de diversos gastos, como los incurridos para evitar o mitigar posibles consecuencias de los gastos asociados a la sustitución del recurso ecológico (47).

Estos gastos se caracterizan por ser de naturaleza variable. Una aproximación adecuada para evaluar el impacto financiero del daño ambiental; sin embargo, es posible que también sea necesario considerar los gastos asociados con la sustitución, transferencia o reubicación. El gasto en actividades de restauración ambiental no debe exceder el valor económico del activo ambiental. Estos enfoques suelen ofrecer una estimación del límite superior de las ventajas proporcionadas por medidas preventivas implementadas para mitigar posibles daños. En determinadas situaciones, podría resultar un enfoque más eficaz. Compensar el daño ambiental suele ser más rentable y eficiente que reemplazar o restaurar completamente la calidad ambiental original. El enfoque del costo de reposición se emplea para la evaluación de los posibles gastos de remediación de la contaminación, y las consecuencias ambientales sobre los productos, mediante la evaluación previa

de los gastos de sustitución o la reparación de los daños causados por la contaminación es inminente (47).

El gasto asociado con la rehabilitación de hábitats naturales como costas, humedales y bosques puede servir como cálculo de los gastos asociados al daño ecológico al recurso ambiental en cuestión. Las externalidades negativas asociadas con la erosión del suelo. La evaluación de la calidad del suelo se puede lograr estimando los gastos relacionados con la reparación y reemplazo de estructuras de construcción. La infraestructura que incluye puentes, carreteras y residencias, se ha visto comprometida como resultado del exceso de inundación de agua por poseer esta información tiene una importancia considerable ya que permite a las personas tomar decisiones informadas con respecto a su elección. Puede ser más conveniente absorber los costos asociados con el daño y conseguir un reemplazo o, alternativamente, asignar recursos de manera proactiva para evitar los efectos adversos. De manera similar, la estimación de los costos de reubicación se basa en los gastos proyectados obtenidos a partir de una transferencia obligatoria de un recurso natural o físico resultante de la degradación ambiental (47).

Una vez que se toma la decisión de conservar un recurso específico y renunciar a su explotación potencial, el valor y los beneficios económicos no percibidos como resultado de los esfuerzos de conservación del medio ambiente se denominan comúnmente "costo de oportunidad de la protección del medio ambiente" oportunidad. Esto representa una estimación del valor del recurso ambiental basada en la compensación involucrada, ingresos, salarios y cualquier ventaja económica no acumulada por la sociedad como resultado de oportunidad de producción perdida. Este método no ofrece información sobre las ventajas previstas de la protección, por lo que corresponde a la sociedad deliberar sobre la aceptabilidad del

costo de oportunidad asociado con la conservación. Esta información tiene el potencial de aprovechar recursos de canales financieros alternativos para remunerar a los individuos o la sociedad deben asumir el costo de oportunidad asociado con la protección (47).

El Mecanismo Ambiental Mundial, así como otras entidades financieras internacionales, pueden mostrarse dispuestos a hacerlo. asignar recursos financieros o subvenciones para compensar dichos gastos, particularmente en los casos en que las ventajas, los esfuerzos para conservar la biodiversidad, como lo ejemplifica el Convenio sobre la Diversidad Biológica, tienen una relevancia significativa a escala mundial. Biodiversidad y ecosistemas acuáticos como los humedales (47).

o) Valoración de los servicios ambientales

Con frecuencia, el valor intrínseco de los bienes o servicios ambientales no se refleja adecuadamente en los precios prevalecientes en el mercado. Esta situación es evidente en todas las funciones ambientales y recursos familiares. La conservación de la biodiversidad, junto con las actividades recreativas, y todos los valores no de uso. Se pueden emplear varios métodos de valoración para integrar valores. Los valores financieros asignados a estos bienes y servicios, que posteriormente pueden integrarse en un análisis coste-beneficio más convencional. El método del costo del viaje es una estrategia destinada a inferir valor a partir de comportamientos observados. Se evaluó el comportamiento de los visitantes en un sitio web examinando la cantidad acumulada gastada durante la visita, abarcando tanto las transacciones monetarias como al examinar la duración asignada a cada visita, es posible construir una curva de demanda de los servicios ofrecido por el sitio (47).

El beneficio global acumulado por los visitantes se puede determinar mediante una curva de demanda, que muestra la relación entre el precio y la cantidad demandada del servicio, permitiendo calcular el valor que los usuarios asignan a un recurso específico. El enfoque del costo de viaje es utilizado comúnmente para evaluar el valor económico de los servicios recreativos, como las instalaciones en parques públicos y reservas naturales. Este enfoque puede ser aplicado para estimar la disposición a pagar por servicios asociados al turismo sostenible, o incluso para establecer el precio de la entrada a un área protegida. Por otro lado, los modelos hedónicos han sido ampliamente utilizados para examinar cómo diversos factores influyen en el precio de los bienes inmuebles. El principio fundamental detrás de estos modelos es que el valor de una propiedad refleja las ventajas y características que esta ofrece. Esto permite delimitar el valor de la propiedad de manera más precisa, separando los diferentes factores que contribuyen al precio total, tales como ubicación, servicios cercanos, accesibilidad y calidad del entorno. (47).

Los atributos ambientales o servicios recreativos asociados con una propiedad pueden influir significativamente en su valor de mercado. Por ejemplo, una propiedad ubicada en una zona con niveles mínimos de contaminación del aire probablemente tendrá un mayor valor en comparación con una propiedad en un área más contaminada. Esto se debe a que las características ambientales, como la calidad del aire, el acceso a áreas verdes o la proximidad a reservas naturales, pueden afectar la percepción de la calidad de vida y, por lo tanto, el valor de la propiedad.

En este sentido, la técnica de fijación de precios hedónicos es útil para evaluar cómo las funciones ambientales impactan el valor del suelo y de las propiedades inmobiliarias. Esta técnica asume que los atributos ambientales, como la

calidad del aire, los espacios recreativos y la proximidad a áreas naturales, pueden ser valorados a través de su influencia en el precio de los bienes inmuebles.

Cuando se aplica este enfoque en el contexto de la vivienda, es posible utilizar la información salarial para estimar el valor de los atributos ambientales de una propiedad. Este tipo de estimación, conocida como "estimación salarial diferencial", compara los salarios de personas que viven en áreas con diferentes niveles de calidad ambiental, lo que permite inferir el valor económico que los residentes otorgan a esos atributos. (47).

El método de valoración contingente (CVM) es un enfoque metodológico que se basa en principios de muestreo de investigación sistemática, en el que se realiza un contacto directo con individuos, ya sean clientes actuales o potenciales, para determinar su valoración individual de los bienes y servicios ambientales. Este enfoque refleja las preferencias de las personas en relación con la adquisición o preservación de dichos recursos, así como su disposición a aceptar la pérdida de estos.

El proceso implica presentar al entrevistado una visión general completa del producto ambiental, permitiéndole participar activamente en la evaluación del recurso. A continuación, se le solicita que aporte un valor seleccionado entre varias opciones, lo que permite medir su disposición a pagar por la conservación o mejora del servicio ambiental o, en su caso, aceptar la pérdida de este. (47).

Presentar alternativas o preguntar sobre la disposición a aportar una suma designada (en cuyo caso, proceder en distintos grados) es una forma común de aplicar la valoración contingente. Un enfoque alternativo podría consistir en solicitar una aclaración sobre la cantidad de retribución buscada debido a la falta de mayor acceso al recurso o servicio ambiental.

Mediante el uso de investigaciones bien elaboradas, la valoración contingente tiene la capacidad de ofrecer una aproximación precisa de los costos y beneficios según las percepciones de los diversos actores sociales respecto a las modificaciones propuestas en el entorno. Este método es único en su capacidad para cuantificar tanto los valores de opción como los de existencia, al mismo tiempo que ofrece una evaluación integral.

Dada su amplia aplicación, este método es controversial, principalmente debido a la naturaleza inherente de los atributos de los valores de no uso, así como a su capacidad de respuesta a diversos factores variables que contribuyen a la parcialidad en la formación y utilización de los datos. La transferencia de beneficios implica el uso de valores estimados derivados de cualquier metodología para evaluar los valores de bienes y servicios ambientales en contextos análogos. Un ejemplo de ello es el valor económico estimado por los turistas que visitan un parque o reserva. Las técnicas de valoración ambiental también se pueden emplear para evaluar las ventajas derivadas de estos servicios en contextos particulares.

Sin embargo, en los casos en los que los activos o servicios aún no se han generado, como en el caso de un destino de viaje específico o áreas protegidas designadas para la observación de vida silvestre o fines recreativos, este enfoque entraña riesgos sustanciales. Los riesgos dependen de las condiciones ambientales dispares y la variabilidad de un sitio a otro que se contrastan en el análisis. (47).

p) Valoración económica de los beneficios ambientales de reutilizar el agua una Laguna

La Valoración Económica Ambiental facilita la estimación cuantitativa de los servicios y productos derivados de los recursos naturales, independientemente de la presencia de precios de mercado, ayudando en la asignación de valor a estos

recursos. En otras palabras, se alinea con una evaluación de la importancia de cada uno de los servicios naturales ofrecidos en términos económicos. En el ámbito de la evaluación del valor económico de los servicios y productos de los ecosistemas, el proceso de determinación del valor está relacionado con las fluctuaciones en el bienestar humano que resultan de cambios en la disponibilidad o calidad de los servicios ecosistémicos. (48).

Con base en los hallazgos, es crucial delimitar con precisión el servicio ecosistémico específico afectado, evaluar su impacto en el bienestar social (ya sea negativo o positivo), considerar las características de las partes interesadas afectadas, determinar el mecanismo a través del cual se manifiesta este impacto y determinar la información disponible para realizar la valoración. Una vez establecido el contexto y seleccionada la metodología, es imperativo adherirse rigurosamente a su aplicación. Esto incluye la selección cuidadosa de las muestras, la utilización de toda la información pertinente, la mejora adecuada del diseño econométrico y la reducción al mínimo de las posibles fuentes de errores y sesgos de medición. Cada metodología va acompañada de un conjunto prescrito de prácticas que se implementan cuidadosamente para optimizar la solidez de los valores (48).

ALCANCES DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL		
Permite asignar valores monetarios a los bienes y servicios proporcionados por los recursos naturales, independientemente de si existen o no precios de mercado que ayuden a hacerlo.	Estima los beneficios y costos asociados a los cambios en los ecosistemas que afectan el bienestar social.	Genera información para la toma de decisiones relacionadas con la evaluación social de proyectos o políticas públicas; en particular, aquellas decisiones relacionadas con el aprovechamiento sostenible del ambiente y la conservación de los recursos naturales.

Figura 12. Alcances de la valoración económica ambiental.

Tomado de Ministerio del Ambiente. Guía de la aplicación de la valoración económica ambiental. s.l.: Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles, 2013. págs. 8-40 (36).

La evaluación económica dentro del contexto ambiental puede caracterizarse como un conjunto sistemático de metodologías y herramientas que sirven para cuantificar los costos y beneficios anticipados asociados con ciertos esfuerzos (49):

- La utilidad de un activo ambiental.
- El desarrollo de una mejora ambiental.
- La realización de un daño ambiental.

El concepto de valor de uso se refiere al recurso que se utiliza en el curso de una acción, lo que demuestra una utilidad directa. Por el contrario, el valor indirecto surge cuando los individuos no interactúan directamente con el recurso en su estado natural, pero obtienen beneficios de él (por ejemplo, funciones ecológicas o servicios ecosistémicos como la regulación del clima, el reciclaje de residuos y nutrientes, la formación del suelo, etc.). Además, los recursos naturales pueden describirse como componentes del medio ambiente que ofrecen utilidad o promesa de beneficio humano, sirviendo como elementos inherentes que los individuos utilizan para satisfacer necesidades espirituales o materiales. Además, los recursos naturales se clasifican como no renovables o renovables según su capacidad de regenerarse (49).

Dentro del ambiente, los recursos naturales como es el caso del agua, ciertas fuentes de la diversidad biológica y energía, inicia en perder su calificativo de ser renovable y de mostrar un futuro de agotamiento. De la misma forma, dichos bienes naturales, los insumos que son indispensables en el proceso productivo, contienen características de los bienes no económicos, debido a no presentar precio, ni algún dueño.

Debido a ello, la naturaleza se encuentra externa al mercado. Asimismo, la incorporación de la naturaleza al mercado se da por medio del procedimiento de internalización de dichas externalidades, en la que se adjudica un precio. En efecto, la Evaluación se encarga de manera principal de la valoración monetaria de la naturaleza. Luego de internalizado, la naturaleza pasa a presentar características de un bien económico, es decir, pasa a presentar un precio y/o derecho de propiedad (49).

Los recursos naturales a excepción de aquellos que se desarrolla por el hombre vienen a ser poco monitoreados y valorados ya sea por los gobiernos como es la sociedad de manera general. Ahora, dichos recursos se enfrentan a problemas relevantes como el cambio climático, sobreexplotación, la deforestación y el calentamiento global, etc., los cuales impactan a la permanencia dentro del periodo de los ecosistemas ambientales. Dentro de la valoración de SE, se reflejó que la inclusión, desde reflexiones teóricas metodológicas, sobre las diferencias presente entre actores y cada uno de los puntos de encuentro, se muestra relevante para la formación de valores, eludir los desacuerdos posibles y los conflictos, ya sean los morales como los éticos, dentro de las colectividades sociales, en bien de lograr resultados favorables sobre la conservación de dichos recursos naturales (50).

La economía, como el análisis de la asignación de los recursos limitados, hace uso de la valoración en bien de brindar a la sociedad información referido al nivel relativo de carencia de éstos. Además, la valoración económica de servicios ecosistémicos se considera como la evaluación de compensaciones, en otras palabras, el valor de los SE viene a ser un reflejo de aquello que la sociedad se encuentra dispuesta a poder intercambiar en bien de conservar los recursos naturales. La información el cual brinda la valoración económica

presenta diversos usos relevantes a tomar en cuenta para la formulación de políticas públicas. De manera general, la valoración económica de SE llega a pretender visualizar a la sociedad de manera general y en la formulación de políticas de manera particular, se muestran carentes y que dicha depreciación o degradación presenta costos relacionados (51).

La dificultad subyacente viene a ser que a causa de que la naturaleza de los SE, cada uno de ellos se clasifican como los bienes públicos, estos que tienden a sobreexplotarse por la sociedad dada la indefinición que se tiene de los derechos de propiedad los cuales caracteriza a dicho tipo de bienes. No obstante, se muestra fundamental contabilizar de manera adecuada su valor, de la misma forma como los costos por su pérdida en bien de orientar de forma adecuada las decisiones a tomar de los proveedores y consumidores, así como la política pública. En la gran parte de los servicios de los ecosistemas no existen precios observables desde los cuales se permita derivar el valor en bien de la sociedad. Debido a dicho motivo se hacen uso de técnicas de valoración económica de servicios ecosistémicos. Se presentan diversos métodos en bien de la asignación de un valor monetario a los SE los cuales manifiestan su relevancia a favor del bienestar humano (51).

2.2.5. Metodologías para realizar la valoración económica de beneficios ambientales

La elección de la metodología depende de las características específicas del beneficio ambiental y de los objetivos de la valoración económica. Cada método tiene sus propias ventajas y desventajas, y es importante seleccionar la que mejor se adapte al contexto y a la información disponible. Además, se asigna valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por recursos naturales, independientemente de la existencia de precios de mercado. Es decir, se traduce la importancia de los servicios naturales en términos económicos (52).

El valor se estima mediante la evaluación de cómo los cambios en la calidad o cantidad de los servicios ecosistémicos impactan el bienestar social. Para lograrlo, es fundamental identificar el servicio ecosistémico afectado, su impacto en el bienestar, las características de la población afectada, el mecanismo del cambio y la información disponible para su valoración. Una vez establecido este contexto y seleccionada la metodología, es necesario aplicarla rigurosamente. Esto implica elegir la muestra adecuada, emplear la mejor información disponible, diseñar econometrías sólidas y minimizar fuentes potenciales de errores y sesgos. Cada metodología tiene un conjunto de buenas prácticas que aseguran la obtención de valores estimados adecuados. Evaluar los beneficios y costos de los cambios en los ecosistemas que influyen en el bienestar social permite cuantificar las variaciones del bienestar en términos monetarios. Estos resultados pueden ser utilizados como indicadores en la toma de decisiones relacionadas con la evaluación de proyectos o políticas públicas, especialmente en temas de uso sostenible del ambiente y conservación de los recursos naturales. (52).

La valoración permite atribuir valores monetarios a los bienes y servicios proporcionados por los recursos naturales, sin depender de la existencia de precios de mercado para tal determinación. Además, cuantifica los beneficios y costos derivados de los cambios en los ecosistemas, que afectan el bienestar social. También proporciona información valiosa para orientar decisiones relacionadas con la evaluación social de proyectos o políticas públicas. Su aplicación es especialmente crucial en determinaciones vinculadas al uso sostenible del entorno y la preservación de los recursos naturales. No obstante, dado que el valor económico es subjetivo, este puede variar entre individuos y comunidades, incluso a lo largo del tiempo, dependiendo de sus circunstancias específicas. La optimización del bienestar individual

se basa en el acceso de todas las personas a una información completa, tanto presente como futura. Aunque se asume que la utilidad marginal del dinero es constante, en realidad se observa una tendencia a decrecer. Los resultados obtenidos mediante diferentes métodos de valoración pueden interpretarse de diversas maneras, dependiendo del marco teórico utilizado. Se presume que todas las dimensiones del bienestar humano pueden ser medidas en una única unidad, sin considerar la jerarquía de las necesidades humanas. (53).

q) Valor económico total

Consiste en la estimación del valor monetario total que abarca todos los beneficios derivados de los servicios y recursos ambientales. Esto implica considerar tanto los valores de uso directo, como recreación y suministro de agua, así como los valores de uso indirecto, como la conservación de la biodiversidad y la regulación climática. Además, se incluyen los valores de existencia, que reflejan el aprecio intrínseco por la naturaleza, y los valores de opción, relacionados con la posibilidad de aprovechamiento futuro. La suma de estos componentes conforma el valor económico total de los beneficios ambientales, ofreciendo una perspectiva amplia y comprehensiva de su importancia económica (53).

r) Método de precios hedónicos

Analiza cómo los precios de bienes inmuebles varían en función de las características ambientales de su ubicación. Ayuda a determinar el valor implícito de atributos ambientales (53).

s) Método de Costo de Viaje

Se utiliza para evaluar el valor que las personas están dispuestas a pagar por viajar a lugares turísticos o recreativos debido a sus atributos ambientales (53).

t) Metodologías para realizar la valoración económica de agua

Se emplean cuando no hay precios disponibles para bienes y servicios ambientales, y cuando no hay un mercado en el que puedan comprarse o venderse. La elección de utilizar el dinero como medida se basa en el hecho de que se expresa las preferencias en términos monetarios en nuestra vida cotidiana. Al comprar productos, indicamos nuestra disposición a pagar al intercambiar dinero por esos bienes. Del mismo modo, la disposición a pagar refleja nuestras preferencias (13).

u) Método de costo del viaje

Es empleado para valorar servicios turísticos o recursos escénicos que carecen de precios claros en el mercado. A través de encuestas y cálculos de gastos de desplazamiento desde el lugar de origen al destino turístico (como parques, playas o montañas), se evalúan los costos que los visitantes incurren, considerando factores como la distancia, el medio de transporte y las condiciones de uso. Las encuestas permiten recolectar información sobre la demografía de los encuestados, su lugar de procedencia, la duración de su estadía (incluyendo el tiempo de viaje) y sus gastos. Usando esta información, se determina el excedente obtenido al comparar los costos con los beneficios y este excedente se considera como una representación del valor del bien natural o del servicio ambiental (55; 13).

Este método parte de analizar cómo se relaciona el consumo de un bien ambiental con el mercado de un bien privado, como el viaje. La relación entre bienes privados y ambientales puede variar cuando ambos son complementarios dentro de la utilidad de la persona, es decir, cuando disfrutar del bien ambiental requiere consumir un bien privado. Dado que se aplica principalmente para valorar servicios ambientales que se disfrutan en el lugar (como parques nacionales, reservas naturales y áreas recreativas), se debe viajar para acceder a

ellos. Esto significa estimar cómo cambia la demanda del bien ambiental (cantidad de visitas) ante cambios en los costos de acceso. Esto implica considerar los gastos obligatorios asociados con el desplazamiento, como el combustible, el mantenimiento del vehículo, el transporte público y tarifas de entrada. Además, los gastos de viaje pueden incluir necesidades como alimentos o alojamiento en el camino (13; 52).

v) Método de valoración contingente

Consiste en la creación de un mercado imaginario, en el que se presenta a los individuos un escenario realista que proporciona un bien o servicio ecosistémico para valorar. Dentro de este mercado ficticio, se establecen diversas opciones entre las cuales los participantes pueden elegir, y se explican de manera precisa los derechos de propiedad que se asumen en dicho mercado. Y para la obtención de información emplea la encuesta sobre las características socioeconómicas de las personas (13; 47).

Para determinar el valor económico se consulta a las personas sobre cuánto estarían dispuestas a pagar como máximo por una mejora en la calidad o cantidad de un bien o servicio ecosistémico, esto se hace en un contexto imaginario. Se les presenta un escenario hipotético para obtener su máxima disposición a pagar (DAP). Entre sus supuestos se considera (13):

- La manera en que una persona actúa en el mercado ficticio es igual a cómo actuaría en un mercado real. Esto asegura que toma una decisión lógica, decidiendo si comprar o no el bien, de la misma manera que lo haría en la realidad.

- Es importante que la persona tenga toda la información sobre los beneficios del bien o servicio ecosistémico. Esto garantiza que la cantidad que está dispuesta a pagar refleje su opinión y no se vea influenciada por la falta de información (47).

Este enfoque posibilita calcular el valor monetario de bienes y servicios ecosistémicos que carecen de un precio en el mercado. Es una técnica que puede evaluar los valores que tienen aquellos bienes y servicios ecosistémicos que no se utilizan directamente. Sin embargo, los sesgos están vinculados al diseño y la implementación de la encuesta. Estos tradicionalmente engloban el sesgo de punto de partida, el sesgo en relación al método de pago, el sesgo de información, el sesgo del entrevistador y el sesgo de orden o incrustación. También involucran los sesgos de hipótesis debido a la naturaleza del escenario planteado y el sesgo de estrategia que se refiere al posible comportamiento por parte del individuo (13).

Además, se considera que la persona obtiene un mayor nivel de satisfacción al aprovechar los beneficios proporcionados por el bien o servicio ambiental en cuestión, ya sea en forma de mejora en la calidad del entorno o simplemente en el placer de su uso. Esta idea puede ser expresada como (56):

$$U_1(Q_1) > U_0(Q_0)$$

Entonces, la U_1 representa el valor inicial de beneficio, mientras que el U_0 es el valor final de utilidad. Q_1 indica la condición final que implica una mejora en la calidad o cantidad del recurso y Q_0 es la condición inicial en la cual el recurso no está disponible (56; 54).

w) Método de precios hedónicos

Evalúa cómo el valor de la propiedad inmobiliaria en áreas cercanas a la laguna se relaciona con su calidad y características ambientales. Se aplica principalmente para valorar los servicios ecosistémicos que impactan en los precios de las propiedades residenciales. Por ejemplo, si tenemos dos casas idénticas, pero una de ellas está en un área con mejor calidad del aire, la diferencia en los precios entre ambas casas podría ser explicada por la disparidad en la calidad ambiental del vecindario. Considera lo siguiente (52):

- El valor del bien que se puede comercializar está influenciado por las características o atributos de los bienes y servicios ecosistémicos que lo rodean.
- La cantidad de una característica específica puede cambiar sin que esto afecte necesariamente a otras características del bien que podría ser intercambiado.

Entre las ventajas de este método, se destaca que permite obtener valores económicos a partir de las elecciones concretas realizadas por las personas. Además, es flexible y puede ajustarse para incluir diversas conexiones entre bienes comercializables y la calidad del entorno ambiental. Sin embargo, las estimaciones de precios obtenidas están relacionadas con los valores prácticos de uso del bien o servicio ecosistémico, pero no proporcionan información sobre los valores de no uso que los consumidores puedan tener. Asimismo, es relativamente complicado de implementar, y para que una función de precios hedónicos sea continua, se necesita un gran número de bienes que tengan diferencias notables entre sí. Si no existe una función de precios continua, no será posible lograr la maximización de la utilidad en las condiciones iniciales (52).

En ciertas situaciones, los precios hedónicos han sido utilizados para evaluar los beneficios de cambios en los riesgos ambientales para la salud humana. En este caso, se podría calcular basándose en salarios hedónicos para valorar los riesgos para la salud derivados de condiciones laborales (13).

x) Método de costo de reposición

Calcula el costo de replicar o restaurar los servicios que la laguna proporciona en caso de daño o pérdida. Este método emplea la variación en los costos relacionados con la reposición, el mantenimiento o la restauración de los recursos ambientales para medir el daño ambiental. Puede ser efectiva para calcular el valor de bienes y servicios ecológicos presentes en una cuenca hidrográfica. Por ejemplo, el valor de las funciones que mantienen la calidad del agua podría ser estimado mediante el cálculo del costo requerido para reemplazar esta función utilizando instalaciones de tratamiento de agua (55).

Es decir, se basa en entender cuánto se tendría que invertir para restablecer o mantener los beneficios proporcionados por los ecosistemas naturales en caso de que sean dañados o perdidos. Puede ser particularmente útil para evaluar la contribución de los ecosistemas en la regulación de la calidad del agua, ya que se cuantifica el costo de suplir artificialmente estas funciones ambientales (55).

El método de cambio en los gastos relacionados con la reposición y el mantenimiento permite evaluar los valores de los servicios ecosistémicos al comparar los costos necesarios para restaurarlos artificialmente con la función natural que brindan. Esto es aplicable en escenarios como la gestión de cuencas hidrográficas donde el valor de las funciones ambientales puede ser estimado a través de los costos de reemplazo (55).

y) El agua como bien económico

Los bienes económicos se definen como aquellos que Las conexiones con las necesidades sociales se pueden identificar en condiciones de escasez. Es decir, las personas que participan normalmente, su disponibilidad es insuficiente para satisfacer las demandas de la sociedad. En un contexto social como el nuestro, se implementa la distribución de estos bienes económicos. a través del mercado, como una institución formal, en la que las inclinaciones de todos los miembros de la sociedad que participen de esto. De esta manera, dentro del contexto del mercado, tanto los productores (proveedores) y los consumidores (demandantes) expresan sus preferencias asignando valor al recurso mediante el cual el mecanismo de precios gestiona la asignación de recursos escasos (52).

Según la mencionada delimitación de bienes económicos, es evidente que existen productos básicos que no se ajustan a los patrones de comportamiento esperados. como tal. Se trata del escenario que involucra bienes públicos o recursos comunes, siguiendo los criterios señalados en la definición se proporcionan sin cargo o no tienen valor comercial. debido al hecho de que comúnmente han sido considerados como abundantes y caracterizados por una falta de delimitación precisa de los derechos de propiedad necesarios para su gobernanza dentro del marco establecido mercado. Dada su disponibilidad típica la ausencia de un agente en este contexto reemplaza las necesidades sociales. En tales circunstancias, la organización indicaría su intención de realizar un pago. En el contexto de este bien o servicio (52).

z) El agua incluida en la categoría de bienes no económicos o de libre acceso.

Considerada como un bien global, el agua representaría Un bien no económico en el contexto que se entiende como los mecanismos de recursos vinculados al sistema hidrológico de la tierra facilitan la creación, movimiento y acumulación de este

recurso. que supera las necesidades sociales a nivel jerárquico a escala global, incluso limitando nuestro examen a la cantidad de agua tanto en forma fluida como almacenada. Sistemas fluviales, embalses de agua subterránea y cuerpos de agua dulce (WWDR, 2003). Considerando el recurso a través de una lente espaciotemporal particular, es probable que surja escasez debido a. Parámetros temporales y espaciales que contribuyen a la demanda supera la disponibilidad inherente del recurso. En este contexto, el agua asume el papel de mercancía. La situación se caracteriza por consideraciones económicas y debe gestionarse eficazmente en consecuencia (52).

2.2.6. La gestión de la economía en la asignación de este recurso entre la sociedad

En situaciones donde el suministro natural de agua es inadecuado los requisitos sociales en dimensiones tanto cualitativas como cuantitativas, se enfrentan a la decisión de cómo facilitar la adquisición y asignación de recursos para sus necesidades, gestionando y garantizando de manera eficiente diversas aplicaciones. Históricamente, en el ámbito del análisis económico, se han utilizado dos metodologías para la gestión de recursos que representan varios enfoques teóricos dentro del campo. La infraestructura para la regulación de los recursos hídricos se sustenta dentro de una sociedad (52).

- El enfoque del lado de la oferta, en el que el impacto de los factores sociales es elegir líder del órgano de gobierno en calidad de representante es establecer y defender la noción del agua como bien público y hacer arreglos para entregar el recurso de manera que se garantice un suministro consistente e interrumpido de recursos para las diversas partes interesadas dentro de las dimensiones temporales y espaciales. En este caso, el Estado asignará el recurso asumiendo los costos asociados. Asignación

de recursos para apoyar la inversión, el mantenimiento y la provisión de acceso universal utilizada en el marco social más amplio, mediante La tributación implica el pago de dichos costos, abarcando tanto los gastos vinculados externamente a la utilización eficiente del recurso. En este método convencional ha dado prioridad a la percepción del recurso desde una perspectiva centrada en la producción (52).

Si postulamos que el estado (y por extensión la sociedad en su conjunto) corre con todos los gastos asociados con el suministro del bien. Se utiliza como un activo no financiero, considerando que Los datos que reciben las entidades económicas son tales que el valor del activo es cercano a cero, lo que resulta en una oferta limitada gratis. Esto resulta en la utilización imprudente y sin límites del recurso para el cual es necesario un mayor nivel de inversión y gastos relacionados con provisiones y mantenimiento, en la medida en que se produce un aumento duradero de la demanda (52).

- En el contexto del enfoque de demanda, la sociedad tiene la capacidad de elegir la gestión de recursos basada en el mercado como mecanismo para garantizar la asignación óptima de los recursos hídricos. Dada su clasificación como un bien económico de disponibilidad limitada, el acto de transferir los gastos relacionados con la producción y funcionamiento de la entidad el almacenamiento, manipulación, transmisión y difusión (de acuerdo con diversas aplicaciones) a cada una de las entidades mencionadas. demandantes (WWDR, 2003). Esto significa que La transmisión de datos puede realizarse a través de canales de mercado y actores económicos para utilizar agua racional (52).

a) Uso racional y como este garantiza una asignación eficiente del recurso

Si el agua es considerada una mercancía dentro de la esfera económica, queda sujeta a ser examinada utilizando la teoría económica a través de Herramientas proporcionadas por la microeconomía. Es imperativo comprender los comportamientos de los actores económicos como los agricultores, los industriales y los hogares, y la importancia que otorgan a la valoración del agua por sus diversos servicios desde una perspectiva microeconómica. Las ventajas ambientales que comunican, con el objetivo de elaborar estímulos que alteren conductas desfavorables y promuevan conductas favorables en relación con la administración de recursos hidrológicos dentro de una cuenca de drenaje (52).

En este último escenario se está considerando la racionalidad de los agentes vinculados a la información que adquieren sobre la disponibilidad limitada del recurso, y a través de la cual se les exige que articulen su valor que se le atribuye. Este modelo de asignación La valoración del producto es necesaria por la escasez del recurso. El agua se considera un recurso económico vital debido a su utilización multifacética que teóricamente permite la adquisición de datos sobre el valor del mecanismo de fijación de precios que garantiza la asignación de recursos y eficiencia en su uso. Si se postula que el valor económico del recurso es primordial para garantizar su eficiencia en su uso (52).

b) Estimar el valor del agua como un bien económico y la dependencia del valor del agua

En este contexto, la microeconomía ha ideado herramientas y técnicas para facilitar la estimación de este valor. Antes de examinar estas herramientas y metodologías, es relevante delimitar los valores atribuidos al agua como. El agua

sirve como un bien económico y social a través de sus diversas funciones económicas (52).

- Origen de las materias primas e insumos para las operaciones comerciales y consumo inmediato para su utilización doméstica (52).
- Recuperador de residuos generados en todas sus formas y

aplicaciones (52).

- Producción de beneficios tangibles para la comunidad (52).
- Asistencia para la formación de nichos ecológicos y interrelaciones ecosistémicas que mantienen la diversidad de especies de flora y fauna dentro de un ecosistema determinado (52).

Si hay un reconocimiento de la importancia social otorgada a estas funciones los factores inciden en el bienestar de las personas, son fundamentales para la gestión de los recursos hídricos. Es posible atribuirles una serie de valores instrumentales que se alinean con el marco teórico establecido hasta el momento. Se podría argumentar que, dentro del contexto de la teoría económica tradicional, el recurso posee un Valor Económico Total (VET). A la luz de las ventajas asociadas a cada una de las funciones como se detalla en la Tabla 1. En este contexto, la literatura académica caracteriza el marco de la EFP como metodología para la evaluación del valor económico y social del agua, un recurso natural, dotado de un valor inherente perteneciente tanto a valores utilitarios como no utilitarios. Es crucial reconocer los valores delineados en este contexto. Respete la interpretación del valor por parte de los agentes y recursos asignados (en términos de cantidad y calidad) según las ventajas o satisfacción obtenidas de su utilización (52).

c) Modo de unidad de medida común a todos los agentes y cuantificar dichos valores

Es importante señalar que esta sección ha sido iniciada. Explicar la lógica detrás de cómo las decisiones de mercado predicen la distribución de recursos en nuestra economía. Es factible conocer los valores vinculados con la disponibilidad del recurso hídrico en conjunto facilita la identificación de oportunidades de los servicios ecosistémicos generados. Como resultado, el campo de la economía ambiental ha evolucionado técnicas que permitan la estimación de estos valores. Existen varias categorizaciones de metodologías para evaluación de los servicios ecosistémicos descritos anteriormente. Se puede argumentar que, de acuerdo con el hay métodos de evaluación disponibles para evaluar la accesibilidad de la información. ventajas y aspectos complementarios que faciliten la evaluación de los costos vinculados a la producción de dichos beneficios (52).

En esto dentro de esta investigación, se empleó el método de valoración contingente para determinar la valoración económica de asegurar la disponibilidad continua del recurso hídrico, abarcando tanto los beneficios como los costos de inversiones en infraestructura, prácticas operativas y procedimientos de mantenimiento conducentes a asegurar la prestación del servicio de suministro, de aguas superficiales dentro de una cuenca de drenaje. Se está buscando determinar los valores de la demanda y la oferta del recurso hídrico. El objetivo principal de esta investigación, a partir del cual formular tácticas de gestión mediante la utilización de mecanismos de fijación de precios o incentivos financieros en el uso del agua (52).

d) Valoración del agua desde la oferta

En esta sección, se describen los gastos asociados con la organización. Para garantizar el abastecimiento de agua,

considerando un nivel particular de confiabilidad seleccionada, que debe ser conferida por la entidad autorizada responsable de supervisar el recurso. Este ejercicio trata de una estimación del valor del recurso desde una perspectiva determinada. desde la perspectiva del oferente, a la luz de una valoración recalibrada. Requiere una práctica constante de escrutinio de cada individuo. La cuenca hidrográfica abarca el conjunto de inversiones y gastos. Estrategias de operación y mantenimiento destinadas a garantizar un nivel sostenido de asignación a medio y largo plazo. Activo, de acuerdo con la estrategia de asignación en diferentes usos (52).

e) Valoración del agua desde la demanda

El concepto de valor económico del agua

El surgimiento de la valoración económica del agua surge derivada de la limitada disponibilidad del recurso dentro de fuentes de suministro. Históricamente, el agua ha sido reconocida como un recurso valioso en Colombia. Lo que dificulta nuestra comprensión de sus características inherentes. En la calidad de bien económico, La evidencia empírica demuestra una correlación directa entre la escasez de agua y los conflictos. Están surgiendo patrones notables y frecuentes entre los usuarios no sólo dentro de las localidades de Colombia sino también en nivel internacional. En cuanto a la eficiencia, la falta del costo asociado con el agua ha resultado en un uso irracional destacando la creciente escasez del recurso. En este contexto, la sección 3 describe la manera en que el aporte del agua al riego en Colombia es insignificante. Cuando se juxtapone con naciones como España, Canadá y Estados Unidos (52).

- La disposición a pagar según lo determinado por la curva (52).
- Evaluación de la productividad marginal del agua.

- El valor restante del agua como recurso valioso para la producción (52).
- El costo de oportunidad asociado a la prestación del servicio de agua.
- El gasto asociado al transporte.
- La metodología de valoración contingente (52).

Dada la creciente necesidad de agua superficial en las actividades agrícolas, una demanda proveniente de actividades ganaderas, industriales y otras en situaciones en las que faltan datos documentados sobre precios y cantidades utilizadas, se considera inadecuado calcular su valor mediante la formulación de una curva de demanda. A la luz de estas condiciones, las afiliaciones de variaciones en las tarifas y el uso del agua que podrían dilucidar un nivel mínimo o insignificante de correlación que uno esperaría razonablemente entre estas variables. Las técnicas para evaluar la productividad marginal del agua y el valor restante del recurso cuando se utiliza como insumo en el proceso de producción no puede utilizarse en este caso, debido a la escasez. Respecto a la documentación precisa de los patrones de consumo por sector económico, particularmente en ausencia de datos de medición de cantidades de consumo respetadas puntualmente por los usuarios individuales (52).

Por el contrario, una evaluación del costo de oportunidad del suministro de agua superficial implicaría los gastos asociados. Extracción de agua subterránea a corto y largo plazo. Este método no facilita la personalización de la información para adaptarla a las especificaciones deseadas. Las condiciones prescritas en el artículo 43 del Decreto Legislativo. El marco regulatorio establecido en 1993 con el propósito de determinar la valoración del recurso. De manera similar, el mismo inconveniente surgiría con el enfoque de precio de viaje. Un enfoque alternativo es evaluar el valor del recurso

hídrico utilizando la metodología de valoración contingente, que permite evaluar el impacto en el bienestar de un actor económico. La utilización de un recurso de una manera que permita su manifestación, su inclinación a realizar pagos a cambio de acceso recurrente al mismo (52).

f) Valoración del agua y metodología de valoración contingente

En las últimas décadas, los economistas han formulado diversas metodologías para evaluar el valor de los productos básicos y las comodidades. Intercambios fuera de los mecanismos tradicionales del mercado, centrándose particularmente en bienes y servicios ambientales. De estos métodos, recientemente se ha estado abogando por la adopción generalizada de la metodología de valoración dependiente de (MVC) en esfuerzos de investigación destinados a cuantificar la valoración económica de los recursos ambientales y los servicios ecosistémicos. Cuantificando las ventajas que proporciona a los individuos (usuarios). El objetivo principal del marco MVC es evaluar las ventajas de una iniciativa particular a través de una metodología de encuestas minuciosamente diseñada y dirigida a los destinatarios principales (52). El objetivo de estas encuestas es determinar el nivel más alto de disposición a pagar que se puede alcanzar, en donde los siguientes factores requieren consideración:

- Proporcionar una explicación precisa y detallada de la característica utilizando un lenguaje inequívoco, el proceso de evaluación y los escenarios teóricos en los que podría ser accesible al entrevistado, junto con detalles sobre la forma de pago (52).
- Indagar, mediante indagaciones precisas, sobre la disposición a compensar el bien tasado.

- Documentar los atributos socioeconómicos de las personas u hogares encuestados, sus preferencias por el bien considerado, con el objetivo de confirmar los hallazgos y determine el nivel de correlación entre estos atributos y la propensión a hacerlo (52).

La metodología busca replicar un escenario de mercado teórico en el que los participantes articulan sus preferencias con respecto a las diferentes cantidades y calidades del producto ambiental. como si estuvieran operando dentro de un entorno de mercado genuino y la valoración de esto lleva a la estimación de las ventajas obtenidas relacionadas con la entrega de beneficios ambientales. Este valor estimado se emplea comúnmente para evaluar iniciativas en donde su objetivo es mejorar la disponibilidad de un producto o mercancía específica de servicios (52).

A diferencia de los enfoques convencionales que calculan el precio de los productos en el mercado, independientemente de si se compran o se venden la arquitectura Modelo-Vista-Controlador no requiere la utilización de datos, ya sea por medios directos o indirectos. Datos completos sobre las interacciones exitosas de los usuarios dentro de un mercado. Esto explica la razón detrás de la técnica que ha ganado popularidad en la estimación. Ventajas obtenidas a través de la entrega de un producto o servicio ambiental (52). Al utilizar este enfoque, se recomienda considerar ciertos supuestos fundamentales, en el caso de que su implementación:

- Comúnmente se percibe que los individuos se comportan de una determinada manera racional. Es decir, tienen la capacidad de definir sus preferencias de consumo y optimizar su

bienestar general dentro de los límites de una restricción presupuestaria (52).

- Poseen conocimientos exhaustivos sobre el activo y sus características y alternativas de consumo.
- Constituyen una porción significativa de los agentes del mercado que participan en actividades de intervención, y cada agente carece de capacidad individual para influir significativamente en la dinámica del mercado lo cual puede afectar los precios (52).

g) Determinantes de la disposición a pagar por agua superficial

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 43 de la legislación el sistema y método para su definición se especifican en el Reglamento 99 del año 1993. Se ha realizado el cálculo de las tarifas correspondientes a la utilización de los recursos hídricos superficiales. Los parámetros elegidos que se alinean con el cuarteto de atributos delineados en este manuscrito socioeconómico, disponibilidad de recursos, diversidad relativa a áreas geográficas y al concepto de costo de oportunidad). Estas variables son incorporadas dentro de un marco econométrico con el propósito de estimar los coeficientes clave que influyen significativamente en la disposición de los individuos a gastar en el recurso hídrico (53).

Además, las métricas de las variables y el indicador que, teóricamente, se alinearía con estos coeficientes. Los atributos socioeconómicos son factores que tienen tendencia a articular las razones detrás de su disposición a pagar por el agua. Argumenta, basándose en consideraciones teóricas y epistemológicas. En los casos en los que no se especifican

detalles, se puede inferir que tomar cualquier señal de seis factores contribuyen a la disponibilidad del recurso y proporcionan una descripción de los atributos clave que delinean la accesibilidad o provisión del recurso hídrico para diferentes usuarios (53).

Los elementos que componen la diversidad de características regionales, si bien no son inherentes a la perspectiva biofísica, los ideales nos permiten utilizar variables aproximadas. ("proxies"), que son beneficiosos para delimitar zonas o áreas según del DAP. Los factores que establecen las variables del costo de oportunidad a menudo influyen en la perspectiva de los usuarios debido a la limitada disponibilidad del recurso. Se demostrarán los elementos constitutivos de este factor que comprende tres parámetros que, vistos a través de una lente económica, puede dilucidar exhaustivamente el valor del recurso. El siguiente es el modelo estadístico que se ha desarrollado esperanza de derivar (53).

h) Razón de ser de la valoración

Para comprender el fundamento de la evaluación económica de los humedales desempeñan un papel crucial en la gestión de los ecosistemas y son importantes para considerar las políticas sobre humedales, el paso inicial implica realizar un análisis de la situación participación en el proceso de toma de decisiones sobre utilización de los recursos naturales en un contexto amplio y en particular los humedales. En el presente capítulo planteamos que uno de los principales factores que conducen a la sobreexplotación y transformación de una característica común de los recursos de los humedales es su condición frecuentemente no reconocida o infravalorada. Las consideraciones comerciales no se tienen suficientemente en cuenta en decisiones relativas al desarrollo. La valoración económica permite cuantificar y comparar diversas ventajas que confieren a los humedales, por tanto, funcionan como una

herramienta útil para la facilitación, mejora de la utilización y administración racional de los recursos mundiales de humedales (52).

i) El papel de la valoración económica en la toma de decisiones

La valoración económica puede describirse como cualquier esfuerzo por cuantificar los bienes y servicios prestados mediante la asignación de valores numéricos con la presencia o ausencia de recursos ambientales precios de mercado que faciliten este proceso. Sin embargo, esta definición actual se considera insuficiente. De hecho, debemos ser más refinados de acuerdo con la comprensión de los economistas. La tendencia típica es que el valor económico de un producto o servicio aumente. De acuerdo con su evaluación, considerando nuestra disposición a pagar la diferencia entre su valor y los gastos asociados con su provisión (52).

Cuando un recurso ambiental existe en su esencia y entrega bienes y servicios indefectiblemente sin ningún gasto asociado, el único factor que indica el valor de la mercancía y la remuneración que estamos dispuestos a ofrecer por los servicios prestados. Independientemente de si se realiza el pago o no. Comúnmente se entiende que estos recursos juegan un papel crucial, por lo tanto, podría no ser suficiente para garantizar su utilización sensata. Muchos recursos de los sistemas ambientales exhiben dinámicas operativas complejas y multifacéticas, ofreciendo una gama diversa de bienes y servicios que tienen implicaciones para el bienestar ambiental. Es evidente que les falta claridad (52).

En ciertos casos, puede resultar beneficioso agotarlo por completo o provocar el agotamiento de los recursos naturales, mientras que en algunos casos puede aceptar atesorarlos. La evaluación económica nos ofrece herramientas que facilitan los complejos procesos de toma de decisiones característicos de

tales situaciones. El agotamiento o deterioro de los recursos ambientales representa una cuestión económica que implica la desaparición de valores importantes, a veces de forma irreversible. Cada acción alternativa o camino potencial que se puede seguir en relación con una situación determinada (52).

Preservar el recurso ambiental en su condición natural como medio de conservación o reutilizarlo conlleva a fluctuaciones de valor. Queda a discreción determinar la manera en que se utilizará un recurso ambiental específico y, en última instancia, los indicadores dadas estas circunstancias, las tasas actuales de destrucción pueden caracterizarse como desproporcionadamente altas. Las ganancias y pérdidas se evalúan adecuadamente con un análisis exhaustivo de todos los valores subyacentes de resultados probables que podrían resultar de la reasignación del recurso a varias aplicaciones que facilita (52).

"Por ejemplo, mantener el estado intacto de una región implica" Costos operativos específicos del mantenimiento de la instalación. en un área de conservación designada, mientras que, en naciones menos desarrolladas económicamente, estas pueden abarcar la contratación de personal de vigilancia, como vigías y guardabosques, así como los costos asociados con el desarrollo de "zonas de amortiguamiento" entre ella y las poblaciones indígenas circundantes. Elegir la conservación implica renunciar a las diversas opciones de desarrollo y a las ventajas de desarrollo que no se lograron con indicativas de costos adicionales de conservación (52).

Estos costos pueden ser fácilmente determinables, que generalmente abarcan productos básicos comercialmente viable y una disminución de los ingresos (como se ilustra en el escenario de marismas, ingresos generados por actividades pesqueras o agrícolas subsistenciales). Por lo tanto, se espera que al considerar si preservar un activo ambiental en su

condición original o Los gobiernos y los donantes se acostumbran a manejarlo. Al considerar los gastos integrales asociados con los esfuerzos de conservación, la situación se vuelve evidente. En pocas palabras, esto se refiere a los gastos totales junto con las ventajas que aportan los avances. Sin embargo, se debe utilizar una metodología similar para evaluar las diversas estrategias alternativas de desarrollo de los recursos ambientales (52).

Un ejemplo de este escenario es cuando la intención es reutilizar el artículo para una función alternativa. Es fundamental incorporar los gastos asociados a esta forma particular de desarrollo. No sólo los gastos directos asociados con la transformación, sino también los principios subyacentes. Refiriéndose a aspectos que le faltarán al recurso en el futuro transformado. Estos gastos pueden abarcar no sólo la privación de importantes funciones ecológicas, así como en el contexto de complejos sistemas de recursos, como los humedales, numerosos activos naturales e importantes beneficios recreativos. Lamentablemente, un número importante de estos factores de recursos ambientales naturales o gestionados no se adquieren mediante transacciones monetarias. Se comercializan y, como resultado, frecuentemente encuentran rechazo. Decisiones relativas al desarrollo que toman entidades tanto gubernamentales como no gubernamentales (52).

Como se ilustra, existe un escenario potencial en el que la valoración de mercado de los activos utiliza recursos naturales para una función específica. El sector comercial no tiene en cuenta las disminuidas ventajas medioambientales. Desde allí las decisiones de desarrollo frecuentemente tienden a promover metódicamente la utilización de los recursos ambientales que eventualmente se comercializan o llevan al mercado. El hecho de las implicaciones financieras asociadas con la transformación o deterioro de Los recursos

medioambientales no reciben la debida consideración en mayor medida. dado que la formulación de políticas se ve precipitada principalmente por un progreso insuficiente que conduce a un excedente de conversión o explotación de los mismos (52).

Ante el fracaso de decisiones relativas a la utilización de recursos por parte de entidades públicas y privadas. El agotamiento de los recursos ambientales, específicamente los recursos de los humedales, es un hecho frecuente que requiere atención. Realizar un análisis más profundo de las ventajas económicas generales resultantes de las diversas aplicaciones de los humedales. La evaluación sirve sólo como un componente dentro de un marco más amplio destinado a mejorar la custodia/administración de los recursos naturales, incluyendo humedales. Al mismo tiempo, es imperativo que los tomadores de decisiones consideren que puedan surgir numerosas preocupaciones contradictorias en el proceso de identificación de la estructura óptima (52).

Uso óptimo de los humedales. La valoración económica puede contribuir a la información necesaria para fundamentar dichas decisiones, sujeto a la discreción de quienes toman las decisiones. Mantenga una comprensión de sus limitaciones y objetivos generales. El objetivo principal de la valoración es facilitar. La toma de decisiones gerenciales lo cual abarca enfatizar la amplia eficacia económica de las diversas opciones de demandas de recursos de los humedales. Dicho de otra manera, el supuesto fundamental es que los recursos deben ser designados para aplicaciones que proporcionen contribuciones financieras positivas a la comunidad en general, evaluando y examinando las ventajas económicas comparativas de cada utilización menos sus costos (52).

Identificación de los beneficiarios y de las partes afectadas negativamente en la aplicación práctica el resultado de la utilización específica de un humedal no es motivo de

controversia. Este aspecto es inherente al criterio de eficiencia. Por lo tanto, un uso será muy apreciado si demuestra una ganancia neta sustancial ventajosa en términos de efectividad, aunque los destinatarios principales pueden no ser necesariamente quienes asumen las responsabilidades. Los costos de causa en el caso o circunstancia, de la solicitud específica pueden operar con eficiencia y obtener impactos significativos, distributivos y negativos. Como resultado, frecuentemente es imperativo evaluar la eficacia de las estrategias o políticas de manejo de humedales considerando tanto su efectividad como su eficiencia. Además, de su impacto en la distribución (52).

La valoración económica no es una solución universal para estos problemas. navegar por las desafiantes opciones relacionadas con la administración de recursos de los humedales. Con demasiada frecuencia, los tomadores de decisiones establecen de antemano la estrategia de gestión que se implementará. Utilizar los humedales mediante prácticas de conversión o conservación exclusivamente. Cabe señalar que la evaluación valida a esa decisión retrospectivamente, en estas condiciones, la evaluación económica ofrece contribuciones mínimas. El nivel de influencia en el proceso de toma de decisiones es insignificante. Ocasionalmente ocurre lo contrario, es decir, quienes toman las decisiones tienen expectativas poco realistas con respecto al proceso de valoración. Uno de los principales desafíos en la evaluación de un sistema ambiental multifacético y una de las deficiencias notables que rodean a un humedal se refiere a la escasez de datos disponibles. Un debate suficiente sobre los mecanismos ecológicos e hidrológicos clave que forman la base de los diversos valores producidos por los humedales (52).

En los casos en que esta información no esté disponible (una circunstancia que comúnmente sobreviene) con

frecuencia, numerosos valores ambientales no se alinean con este patrón. Quince Iniciativas de marketing que demuestran un alto nivel de resolución significativa; los responsables de la evaluación están obligados a evaluar con precisión su capacidad para determinar los beneficios ambientales clave. De manera similar, los tomadores de decisiones deben: señalar que en estas condiciones no se debe suponer que la valoración. Realizar evaluaciones precisas del valor intrínseco de los recursos ambientales y permanecer sin publicidad a menos que se dediquen recursos adicionales en forma de aumento de horas de trabajo, recursos y esfuerzos dedicados a realizar investigaciones novedosas, científicas y económicas (52).

En definitiva, el objetivo de la valoración económica es distribuir los recursos de los humedales de manera que mejoren el estado de bienestar del individuo. De ahí los diferentes beneficios. Los parámetros ambientales de los humedales se evalúan teniendo en cuenta su contribución a la provisión de bienes y servicios valiosos como la humanidad. Sin embargo, es concebible que ciertos individuos dentro del grupo puedan afirmar que los sistemas de humedales específicos y los recursos biológicos que existen dentro de ellos poseen un valor inherente. Complementario significativo, junto con el impacto potencial que podría surgir para satisfacer los requisitos o deseos del individuo humano. Visto desde este punto de vista, la preservación de los recursos de los humedales presenta una obligación moral más que una mera cuestión de eficiencia o asignación equitativa (52).

En ocasiones, pueden estar en juego factores alternativos. Para implementar una estrategia de gestión específica para los humedales, como por ejemplo razones políticas. Por lo tanto, los valores de la economía son solo uno de los factores en juego en el proceso de toma de decisiones junto con una multitud de otros factores importante. El objetivo

principal de este documento es proporcionar asistencia. Es imperativo que los planificadores y tomadores de decisiones garanticen la evaluación adecuada de la valoración. La economía juega un papel importante a la hora de influir en los procesos de toma de decisiones (52).

j) Valores económicos de los humedales

Los investigadores deben evaluar la utilización de los humedales y Los formuladores de políticas los consideran durante la formulación de políticas que impactan un marco estructurado es esencial para la diferenciación y clasificación de los humedales sus valores. La noción de valoración económica integral produce este resultado, con un consenso cada vez mayor entre los individuos óptimos para utilizar. En términos simples, la valoración económica de los humedales a diferencia entre valores utilitarios y valores de no uso, referidos estos últimos a los valores actuales y consecuencias potenciales asociadas con un activo ecológico que Dependen de su presencia sostenida y no están relacionados con participar en su utilización según el trabajo de Pearce y Warford (1993). Como una regla, se postula que los valores surgen de la interacción entre los individuos y la sociedad. Recurso, fenómeno no observado en el contexto de valores de no uso (52).

Los valores se pueden clasificar como directos o indirectos en su aplicación. Aquellos Son más conocidos por nosotros y están asociados a actividades como la pesca y la recolección. Aprovechamiento de la leña y explotación recreativa de los recursos de los humedales. Los usos directos pueden implicar actividades comerciales y no comerciales. Algunos de estos últimos suelen ser importantes en términos de las necesidades básicas requeridas por las comunidades indígenas de la región economías emergentes o para ocio o actividad física en los países desarrollados. Los usos

comerciales pueden ser crucial tanto para los mercados internos como para internacionales (52).

k) Métodos basados en precios de mercado

Variaciones en la eficiencia: Se realizan evaluaciones sobre las alteraciones en los niveles de producción y fijar el precio de los insumos basándose en la valoración del mercado (13).

Disminución de los ingresos o ganancias: evaluación mediante cálculo de los ingresos no percibidos como resultado de modificaciones en los métodos de producción atribuidas a servicios o limitaciones medioambientales de estos (13).

l) Métodos basados en precios indirectos

El costo de reposición evalúa los beneficios a través de la estimación de gastos. Los gastos asociados a la duplicación de la ventaja inicial.

Costos asociados con los esfuerzos de prevención o mitigación: un método utilizado para evaluar su valor. La cantidad mínima que los individuos están dispuestos a gastar para conservar la calidad del medio ambiente.

Gastos de restauración: mediante este método se computan los gastos asociados a la restauración, la reparación y renovación de estructuras o activos tangibles impactados por potencial degradación ambiental.

El costo de oportunidad se refiere a la utilización de los gastos de producción como base. Estimación básica del valor de las funciones de los ecosistemas. Bienes sustitutos: asignación de valor en función de la alternativa óptima. alternativa o sustituto (13).

2.2.7. Métodos que crean mercados hipotéticos

Gasto de transporte: utilizado en la evaluación de mercancías que requieren transporte para su utilización. En este

caso, el mercado indirecto actual constituye el dominio del transporte en términos de espacios naturales, espacios recreativos, parques y áreas. Al incorporar elementos como atracciones escénicas, áreas de conservación y características similares, este enfoque opera bajo la premisa de que los consumidores asignan un valor a un servicio ambiental que es igual o mayor que el costo del servicio. Disponibilidad del recurso, abarcando todos los gastos y cargos de transporte asociados. Los beneficios perdidos asociados con el tiempo invertido en viajar al lugar (13).

La fijación de precios hedónicos implica la separación metódica del impacto individual de un servicio ambiental en el valor económico de un bien o servicio en el mercado. Basándose principalmente en la observación de que ciertos productos o elementos de Las producciones presentan heterogeneidad y pueden distinguirse en función de sus características. numerosas características (13).

La valoración contingente implica el uso de encuestas y escenarios para simular estimaciones económicas. Teórico, un mercado para un producto o grupo de productos en el que no hay mercado (13).

m) Aspectos socioeconómicos

Son esenciales para comprender cómo los factores sociales y económico influyen en su disposición a pagar por un bien o servicio ambiental, pues proporcionan contexto y ayudan a interpretar las respuestas de los encuestados de manera más precisa. Además, comprender por qué las personas asignan valores diferentes (ya sean más altos o bajos) a un bien o servicio ambiental en el contexto de la valoración contingente. Es decir, diferentes características o atributos de las personas pueden influir en su disposición a pagar por un bien o servicio ambiental y pueden estar relacionadas con la situación económica y social de las personas. Siendo diferentes los valores asignados por las diferentes personas. Por ejemplo,

algunas personas podrían estar dispuestas a pagar más debido a su situación financiera o su aprecio por el bien ambiental en cuestión, mientras que otras podrían asignar un valor menor debido a limitaciones económicas o falta de interés. Algunos indicadores son (54):

- **Edad:** Las personas más jóvenes pueden estar más orientadas hacia la conservación ambiental y podrían valorar más los beneficios ambientales. Las personas mayores podrían tener más experiencia y sensibilidad hacia los problemas ambientales, lo que podría influir en su disposición a pagar (57).
- **Sexo:** Puede haber diferencias en la disposición a pagar entre géneros. Por ejemplo, las mujeres podrían estar más dispuestas a pagar por la protección del medio ambiente debido a su mayor conciencia ambiental (57).
- **Nivel de educación:** Las personas con niveles más altos de educación podrían tener una comprensión más profunda de los problemas ambientales y, por lo tanto, podrían valorar más los beneficios ambientales. Las personas con educación superior podrían tener ingresos más altos y, por lo tanto, podrían estar más dispuestas a pagar una cantidad significativa (57).
- **Actividad principal:** Las personas cuyas actividades principales están relacionadas con el bien o servicio, como los agricultores, ecologistas, entre otros podrían tener una mayor sensibilidad hacia los beneficios ambientales y, por lo tanto, podrían valorar más los recursos naturales (57).
- **Nivel de ingresos:** Las personas con ingresos más altos podrían estar dispuestas a pagar más debido a su capacidad financiera para hacerlo. Las personas con ingresos más bajos podrían ser más sensibles al costo y estar menos dispuestas a pagar cantidades significativas (57).

n) Los beneficios ambientales

Son resultados o efectos positivos derivados de la protección, conservación o mejora de un recurso natural o un ecosistema en particular. Estos beneficios pueden ser tangibles o intangibles y pueden afectar tanto a las personas como al medio ambiente en general. La valoración contingente busca cuantificar y asignar un valor económico a estos beneficios para comprender su importancia para la sociedad y tomar decisiones informadas en la planificación y gestión de recursos naturales (56).

Por tanto, se debe proporcionar información detallada sobre el bien o servicio ambiental que se está evaluando, en este caso la laguna. Esto ayuda a que la persona que responde comprenda claramente de qué se trata y cuáles son los aspectos relevantes. Es decir, conocer los atributos, características o estado actual del bien o servicio, pues, esto ayuda a que la persona comprenda el propósito de la encuesta y a prepararse para responder. También es importante que las personas conozcan e identifiquen los usos del bien o servicio y luego que reflexionen sobre los beneficios ambientales. De esta manera, las personas reflexionan sobre sus preferencias y sus propias circunstancias (54; 56).

o) Disposición a pagar

Implica asignar un valor económico a los cambios positivos que una acción o proyecto ambiental puede generar, como la protección de un recurso natural, la conservación de un ecosistema, la reducción de la contaminación o reutilización de un recurso que contribuya a mejorar el bienestar de la población. Es decir, las personas que se verían afectadas positivamente por la mejora ambiental. Estas personas podrían ser los residentes locales, visitantes, empresas u otras partes interesadas. Por tanto, se busca expresar esos beneficios en

términos de dinero, lo que permite cuantificar y comparar los beneficios ambientales (54).

Entonces, para determinar el valor económico se consulta a las personas sobre cuánto estarían dispuestas a pagar como máximo por una mejora en la calidad o cantidad de un bien o servicio ecosistémico, esto se hace en un contexto imaginario. La disposición de las personas a invertir su dinero para obtener esos beneficios ambientales. Esta disposición a pagar se obtiene a través de encuestas y se utiliza para estimar el valor económico que las personas asignan a la mejora ambiental. Se les presenta un escenario hipotético para obtener su máxima disposición a pagar (DAP). Entre sus supuestos se considera (13):

- La manera en que una persona actúa en el mercado ficticio es igual a cómo actuaría en un mercado real. Esto asegura que toma una decisión lógica, decidiendo si comprar o no el bien, de la misma manera que lo haría en la realidad.
- Es importante que la persona tenga toda la información sobre los beneficios del bien o servicio ecosistémico. Esto garantiza que la cantidad que está dispuesta a pagar refleje su opinión y no se vea influenciada por la falta de información (47).

Este enfoque posibilita calcular el valor monetario de bienes y servicios ecosistémicos que carecen de un precio en el mercado. Es una técnica que puede evaluar los valores que tienen aquellos bienes y servicios ecosistémicos que no se utilizan directamente. Sin embargo, los sesgos están vinculados al diseño y la implementación de la encuesta. Estos tradicionalmente engloban el sesgo de punto de partida, el

sesgo en relación al método de pago, el sesgo de información, el sesgo del entrevistador y el sesgo de orden o incrustación. También involucran los sesgos de hipótesis debido a la naturaleza del escenario planteado y el sesgo de estrategia que se refiere al posible comportamiento por parte del individuo (13).

Además, se considera que la persona obtiene un mayor nivel de satisfacción al aprovechar los beneficios proporcionados por el bien o servicio ambiental en cuestión, ya sea en forma de mejora en la calidad del entorno o simplemente en el placer de su uso. Esta idea puede ser expresada como (56):

$$U1(Q1) > U0(Q0)$$

Entonces, la $U1$ representa el valor inicial de beneficio, mientras que el $U0$ es el valor final de utilidad. $Q1$ indica la condición final que implica una mejora en la calidad o cantidad del recurso y $Q0$ es la condición inicial en la cual el recurso no está disponible (56; 54).

$$U0 = u(h0, Y, S)$$

$$U1 = u(h1, Y, S)$$

Dónde: la h son los atributos, características o estado del bien ambiental, la Y es el ingreso del individuo, y la S son los aspectos o características socioeconómicas del individuo (54).

p) Esquema global de sistema planteado

Par la realización de toda la investigación se utilizó lo siguiente:

Tabla 1: Esquema global de sistema planteado

Sección	Detalles
1. Identificación de Recursos Hídricos	- Evaluación de Disponibilidad: Aguas residuales en la región.

	- Potencial para reutilización agrícola e industrial.
2. Análisis de Beneficios Ambientales	- Valoración de Ecosistemas:
	- Biodiversidad de la Laguna San Camilo.
	- Servicios ecosistémicos:
	- Filtrado de aguas.
	- Hábitat para especies.
3. Estudio de Viabilidad Económica	- Evaluación de Costos y Beneficios:
	- Análisis exhaustivo de proyectos de reutilización.
	- Asegurar beneficios superiores a costos.
	- Análisis de Infraestructura:
	- Evaluar infraestructura existente.
	- Requerimientos para tratamiento y distribución eficiente.
4. Implementación de Tecnologías	- Selección de Tecnologías:
	- Opciones sostenibles y efectivas para tratamiento.
	- Desarrollo de Plan:
	- Integración de tecnologías en infraestructura existente.
5. Monitoreo y Evaluación	- Sistema de Monitoreo:
	- Evaluar calidad del agua tratada.
	- Medir impactos ambientales.
	- Revisiones Periódicas:

	- Beneficios económicos y ambientales generados.
6. Educación y Conciencia Comunitaria	- Programas de Sensibilización:
	- Importancia de la conservación del agua.
	- Promoción del uso de aguas tratadas.
	- Fomento de una cultura de sostenibilidad.

Nota: Elaboración propia

2.3. Definición de términos

- **Aspectos socioeconómicos:** Son características de las personas encuestadas o evaluadas en relación con su disposición a pagar por un bien o servicio ambiental específico. Estos aspectos son esenciales para comprender cómo las preferencias y decisiones individuales están influenciadas por factores sociales y económicos (56).
- **Beneficios ambientales:** Son resultados positivos derivados de la protección, conservación y uso sostenible de los recursos naturales y ecosistemas en la población (13).
- **Disposición a pagar:** Mide cuánto estaría dispuesto a pagar una persona por un bien o servicio, especialmente cuando ese bien o servicio tiene un impacto en el medio ambiente o en la calidad de vida de la población (13; 56).
- **Laguna San Camilo:** Laguna creada de manera artificial por el excesivo riego de áreas agrícolas cercanas al poblado de San Camilo, no hay presencia de vida en la laguna. Y se encuentra ubicada cerca de la carretera que conecta Arequipa y Mollendo (6).
- **Pretratamiento:** Son las operaciones realizadas en estas unidades solo tienen un impacto mínimo en la reducción de la materia orgánica soluble; en cambio, su objetivo principal es eliminar material fácilmente removible (11).

- **Tratamiento primario:** El tratamiento inicial es similar a un método de tratamiento utilizado anteriormente, ya sea antes de un sistema biológico (principalmente aeróbico) o como un tratamiento secundario, con el objetivo de disminuir la carga de trabajo; en consecuencia, los procesos individuales realizados en las unidades de tratamiento primario erradican las partículas sólidas que sedimentan rápidamente, pero no eliminan de manera significativa los materiales coloidales o sustancias disueltas que se encuentran en el agua sobrante (11).
- **Tratamiento secundario:** El enfoque principal del tratamiento secundario radica en la incorporación de procesos biológicos que son impulsados principalmente por reacciones bioquímicas. Estos procesos son llevados a cabo por microorganismos que eliminan eficazmente entre el 50% y el 95% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y los sistemas más comúnmente empleados para el tratamiento secundario incluyen (11).
- **Tratamiento terciario:** El proceso de tratamiento terciario es muy completo en el tratamiento de aguas residuales, sin embargo, su uso limitado se puede atribuir a sus altos costos. El objetivo principal de los tratamientos terciarios es eliminar cualquier resto de materia orgánica y otros contaminantes que no se eliminaron durante los tratamientos secundarios, incluidos nutrientes como el fósforo y el nitrógeno (38).
- **Valoración contingente:** Estima el valor económico de bienes y servicios ambientales que mercado ficticio. Se emplean las encuestas para conocer lo que las personas estarían dispuestas a pagar por un determinado beneficio ambiental.
- **Valoración económica de beneficios ambientales:** Asigna valores cuantitativos referidos a los beneficios ambientales proporcionados por los servicios ecosistémicos (13).
- **Valoración económica:** Asigna valores cuantitativos referidos a los servicios y bienes proporcionados por los recursos naturales (13).

- **Viabilidad económica:** A medida que avanzan las civilizaciones, se encuentran con problemas más complejos; por lo tanto, existe una creciente necesidad de tomar decisiones bien informadas apoyándose en el conocimiento, comprendiendo las circunstancias locales y alcanzando un consenso dentro de la sociedad y en el ámbito de los estudios ambientales, particularmente en línea con la sugerencia de utilizar sistemas de apoyo a la decisión ambiental (35).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

El enfoque científico es un conjunto de pasos organizados y estructurados para investigar la realidad. Implica observar, formular preguntas, investigar, elaborar hipótesis, seleccionar el marco teórico, recopilar y analizar los datos, sacar conclusiones y compartir resultados. Es un proceso donde se busca respuestas basadas en evidencia y fomenta la comunicación con la comunidad científica. Las conclusiones pueden cambiar con nueva información o el descubrimiento de nuevos hallazgos (58).

En esta tesis, se seguirá una estructura establecida para dar solución al problema identificado. Se elegirá el marco teórico adecuado y se elaborarán las conclusiones en base al análisis de los resultados, con el objetivo de dar a conocer los hallazgos encontrados.

El enfoque de investigación será cuantitativo, con el objetivo principal de evaluar la viabilidad económica de la reutilización de aguas. Para ello, se realizarán análisis financieros y económicos detallados, que permitirán proyectar los costos y beneficios derivados del proceso de reutilización. Se utilizarán herramientas como el análisis costo-beneficio (ACB), el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), las cuales son fundamentales para determinar la rentabilidad del proyecto. Los datos recopilados serán de carácter numérico, centrados en los costos asociados al tratamiento del agua, las inversiones iniciales necesarias, los costos de mantenimiento y los posibles retornos económicos. También se considerarán los beneficios financieros que pueda generar la reutilización de aguas a largo plazo.

Enfoque descriptivo y explicativo

La investigación sigue un enfoque descriptivo y explicativo, alineándose con los objetivos específicos del estudio. En primer lugar, el

enfoque descriptivo tiene como objetivo caracterizar el fenómeno o situación observada, detallando sus aspectos específicos de forma objetiva. Esto permitirá proporcionar una base sólida para comprender los resultados deseados, en relación directa con los objetivos planteados. El enfoque descriptivo se enfoca en las dimensiones e indicadores del fenómeno estudiado, utilizando términos precisos en las preguntas de investigación. A través de este enfoque, se busca documentar de manera clara y coherente cada componente relevante del fenómeno, logrando una visión completa del contexto de la investigación.

Por otro lado, el enfoque explicativo busca investigar las causas y efectos detrás de los fenómenos descritos. Aquí, se identifican las variables explicativas (o independientes) y las variables de respuesta (o dependientes), detallando cómo las primeras influyen en las segundas. Este enfoque permite profundizar en las relaciones causales entre las variables, explicando cómo se interrelacionan y contribuyen a los resultados finales. Además, debido a que la investigación es no experimental y transversal, el propósito de la parte explicativa es entender las conexiones causales de manera observacional, sin intervención directa o manipulación de las variables. Así, se buscan patrones y comportamientos que influyan en los resultados observados.

Técnica de valoración contingente

La técnica de valoración contingente es fundamental para comprender cómo los actores involucrados valoran la reutilización de aguas y su disposición a contribuir económicamente para su implementación. A través de encuestas estructuradas, los participantes podrán expresar su disposición a pagar por los beneficios que la reutilización de aguas ofrece en términos de sostenibilidad y mejora ambiental. Los escenarios hipotéticos permitirán que los encuestados se imaginen los beneficios del proyecto en su contexto y evalúen su interés en financiarlo. Esta información será crucial para determinar la viabilidad económica del proyecto, ya que permitirá estimar el valor económico de los beneficios ambientales que se derivan de la reutilización del agua,

apoyando así el análisis de rentabilidad y la toma de decisiones informadas para el desarrollo del proyecto.

3.2. Diseño de la investigación

No experimental, transversal. En este diseño el investigador recopila información relevante sobre el objeto de estudio en un momento en el tiempo, sin realizar manipulación de las variables (60). El estudio se realizará en el año 2024 y se recopilará información importante en base a la operacionalización de variables.

Se utilizará la metodología de valoración contingente, en el que se presentará a los pobladores del lugar entre las cuales pueden elegir, para la obtención de información se empleará el cuestionario para determinar el valor económico sobre cuánto estarían dispuestos a pagar. Se les presentará un escenario hipotético para obtener su máxima disposición a pagar (DAP).

- **Viabilidad Económica:** Además, con respecto al estudio de la variable de viabilidad económica, se pretende utilizar el método de costo beneficio el cual está representado, mediante la siguiente formula:

$$MAXB_T = B_P + B_E - CO$$

Donde:

- **MAXB_T:** Representa el beneficio neto total del proyecto. Es la diferencia entre los beneficios obtenidos y los costos asociados, y permite evaluar la rentabilidad económica de la reutilización de aguas.
- **B_P:** Son los beneficios directos del proyecto, es decir, los ingresos o ventajas económicas generadas directamente por la implementación del proyecto de reutilización de aguas.
- **B_E:** Son los beneficios indirectos o externos, los cuales pueden incluir beneficios ambientales, como la mejora de la calidad del

agua, la preservación de fuentes naturales de agua o la reducción de la contaminación.

- **CO:** Representa los costos operativos del proyecto, que incluyen los costos asociados al tratamiento, distribución y mantenimiento de los sistemas de reutilización de aguas.
- **Valoración Económica Ambiental:** Con respecto a la valoración económica ambiental mediante el método de valoración contingente, este busca asignar un valor monetario que la población estaría dispuesta a pagar (DAP) para mejorar la calidad del agua o los recursos naturales involucrados. Este método se basa en la recopilación de datos de encuestas que miden la disposición de los individuos a pagar por los beneficios ambientales.

La fórmula para calcular la Valoración Contingente (VC) es la siguiente:

$$VC = \frac{(N * DAP)}{T}$$

Donde:

Vc: Valoración contingente

N: Número de personas dispuestas a pagar.

DAP: Disposición a pagar promedio por persona (en términos monetarios).

T: Número total de personas encuestadas.

Esta fórmula proporciona una estimación del valor económico asignado por la población a los beneficios derivados de la mejora en la calidad del agua o en la conservación de recursos naturales.

En cuanto a la medición de la Disposición a Pagar (DAP), el modelo utilizado sigue la estructura de la función de utilidad que representa el bienestar que los individuos experimentan con la mejora de un recurso ambiental (56; 54).. El modelo se expresa matemáticamente como:

$$U_1(Q_1) > U_0(Q_0)$$

Donde:

U1: Representa la utilidad o satisfacción derivada de la mejora en la calidad del recurso (por ejemplo, una mejora en la calidad del agua).

U0: Representa la utilidad o satisfacción en el estado inicial, donde la calidad del recurso es baja o no está disponible.

Q1: Indica la condición final del recurso, es decir, la mejora en la calidad o cantidad del recurso.

Q0: Representa la condición inicial, en la que el recurso no está disponible o su calidad es deficiente.

Los pasos a realizar serán (53):

- **Identificar el servicio ecosistémico de interés:** Se debe reconocer y detallar los servicios que el ecosistema proporciona en su estado natural, tales como el suministro de agua, la regulación del clima, la biodiversidad o los beneficios recreativos.
- **Seleccionar los cambios ambientales relevantes:** Se deben determinar los posibles cambios o efectos ambientales que podrían surgir a raíz de una intervención o acción específica, como la construcción de infraestructuras o cambios en el uso del suelo.
- **Identificar las categorías de valores económicos:** Se deben distinguir las diversas formas de valor económico involucradas en el proceso de valoración. Esto incluye el valor directo (beneficios monetarios directos del servicio) y el valor indirecto (beneficios no monetarios, como los ambientales o recreativos).
- **Seleccionar el método adecuado:** Elegir el método más apropiado para valorar los efectos sobre los servicios

ecosistémicos. En este caso, el método de valoración contingente es adecuado para evaluar la disposición a pagar de los individuos.

- **Calcular los valores económicos estimados:** Una vez seleccionado el método, se calcula el valor económico asociado con los cambios en los servicios ecosistémicos, tomando en cuenta las respuestas de los encuestados y su disposición a pagar.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población es el conjunto de elementos o individuos que comparten una característica común, que forman parte de una investigación. Y la muestra es un subconjunto seleccionado de la población total y debe ser elegida de manera que sea lo más representativa posible de la población (61).

3.3.2. Muestra

Para el estudio de la viabilidad económica de la reutilización de aguas y la valoración de los beneficios ambientales de la laguna San Camilo, en la provincia de Islay, Arequipa, se seleccionaron cuatro registros distribuidos de manera trimestral a lo largo del año. Esta selección permite capturar variaciones estacionales que afectan la disponibilidad y demanda de agua, asegurando que los datos recojan el impacto ambiental y económico en diferentes periodos. Los registros contemplarán aspectos clave como el volumen de agua utilizada y la percepción de beneficios ambientales, involucrando a habitantes y agricultores de la zona. Este tamaño muestral equilibrado responde a la necesidad de analizar tendencias anuales sin sobrecargar el proceso de recopilación de datos, optimizando recursos y garantizando un análisis representativo y manejable del uso sostenible del agua en la laguna.

Proceso de selección

El proceso de selección de la muestra se centra en los registros mensuales relacionados con la viabilidad económica y los beneficios ambientales de la laguna. Estos registros, que suman un total de cuatro, fueron seleccionados por su relevancia y representatividad en relación con los objetivos del estudio. Aunque el número de registros puede parecer reducido, se justifica por la naturaleza específica del proyecto, que se enfoca en un caso particular, la Laguna San Camilo, y en datos localizados.

El tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra utilizado en esta investigación es adecuado porque abarca un período que permite observar los cambios en los factores clave relacionados con la reutilización del agua y los beneficios ambientales. Los registros seleccionados están diseñados para identificar patrones y tendencias que reflejen la viabilidad económica y el impacto ambiental del proyecto, evitando la necesidad de una muestra más extensa.

Esta elección se fundamenta en la disponibilidad de información y en la capacidad de los datos para generar resultados confiables, pertinentes y útiles para la toma de decisiones en el contexto específico de la Laguna San Camilo.

En particular, los cuatro registros mensuales empleados en el estudio son representativos y suficientes para evaluar de manera adecuada tanto la viabilidad económica de la reutilización de aguas como los beneficios ambientales asociados. Este enfoque garantiza un análisis que responde al marco local y las condiciones específicas de la provincia de Islay, Arequipa, ofreciendo una base sólida para las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Observación, permite que el investigador recopile de forma sistemática y directa la información al observar y registrar el comportamiento, eventos o fenómenos tal como ocurren en su entorno natural. Esta técnica se utiliza para obtener datos y objetivos detallados sobre el comportamiento humano, situaciones, interacciones sociales o cualquier otro fenómeno. Y la encuesta, es una técnica que permite recopilar datos e información de manera sistemática por medio de preguntas estructuradas (61). Entonces, en el estudio se recopilará información por medio de la observación en base a los criterios establecidos en la operacionalización de variables para la variable de viabilidad y para la variable de valoración económica se hará uso de la encuesta para recopilar información importante los cuales pasaran por una prueba de normalidad. Los parámetros de observación en tratamiento primario son: tanques sépticos con zanjas de infiltración, taque Imhoff. En el tratamiento secundario son: Filtro percolador, Humedales artificiales, Lodos activados de aireación extendida, Lagunas de estabilización, Lagunas aireadas, Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA). En el tratamiento terciario son: Recarga de acuíferos y Recarga Industrial.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Ficha de recolección de datos, es un instrumento diseñado para recopilar información de manera organizada durante una investigación. Es esencial para observar la realidad y registrar los datos relevantes de manera coherente, lo que facilita su posterior análisis y la interpretación. Su diseño puede variar según la naturaleza de la investigación y los tipos de datos que se estén recopilando. Y el cuestionario consiste en preguntas estructuradas para recolectar datos o información específica de manera sistematizada y estandarizada sobre el objeto de estudio (61). En

la investigación se utilizará para organizar los datos recopilados durante la observación, para realizar el análisis posterior, permitiendo la identificación de hallazgos importantes y la elaboración de conclusiones sólidas basadas en la evidencia recolectada. En caso de la viabilidad se hará uso de la ficha de recolección de datos y para la valoración se utilizará el cuestionario.

La validez de los instrumentos estará a cargo de 03 expertos quienes son profesionales con especialización en la reutilización de aguas, quienes deberán considerar si cada indicador lo refleja adecuadamente, es decir, si son coherentes y en qué medida se ajustan al concepto general. Los expertos calificarán los indicadores utilizando una escala Likert de cuatro puntos (1 = no apropiado, 2 = algo apropiado, 3 = bastante apropiado, 4 = completamente apropiado), siguiendo el procedimiento de cálculo recomendado por Lynn para el cálculo del Índice de Validez de Contenido (IVC), a su vez intervendrá un experto en lingüística, quien verificará la gramática y el estilo de la redacción.

Para la elaboración del cuestionario de la valoración económica se tomará en cuenta las bases teóricas; asimismo, este será validado mediante juicio de expertos para determinar la validez y certificar que mide lo que debe medir en relación a las variables, tal como lo señala Tacillo (59).

- Osorio y Correa donde consideró a los atributos, características o estado del bien ambiental, la disposición a pagar del individuo, y los aspectos o características socioeconómicas del individuo (54).
- CEPAL consideró el uso del bien o servicio del río, describiéndolo para luego consultar la cantidad de dinero que estarían dispuestos a pagar (DAP) para acceder a mejoras en la calidad del bien o servicio (14).

- MINAM manifiesta considerar las características socioeconómicas de los beneficiarios, estado del bien o servicio ecosistémico y el ingreso (13).

Para identificar la viabilidad económica de la reutilización de aguas y realizar la valoración económica asociada a los beneficios ambientales, la información recopilada en campo será tabulada en una base de datos construida a partir de los cuestionarios y fichas. Posteriormente, se analizarán los datos empleando los programas estadísticos EXCEL y SPSS. En esta etapa, se desarrollarán estadísticas descriptivas para cada una de las variables incluidas en el instrumento, así como análisis multivariados que permitan determinar relaciones significativas entre estas variables.

En cuanto a la valoración de los servicios ambientales, se empleará el método de valoración contingente utilizando un formato dicotómico simple en las preguntas de valoración. Este formato permitirá a los participantes indicar la cantidad máxima que estarían dispuestos a pagar, estableciendo así un indicador clave de la disponibilidad económica hacia dichos servicios. El análisis se basará en la utilidad del servicio o bien, la cual estará vinculada directamente al consumo, expresada matemáticamente como:

$$U = v(X)$$

Donde ***X*** es un vector que representa el consumo de un bien o servicio de manera precisa.

Asimismo, para la evaluación de los datos obtenidos, se utilizará la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, una técnica estadística no paramétrica adecuada debido a que los datos no presentan una distribución normal. Este enfoque permitirá comparar el rango de las medias de dos muestras relacionadas y verificar la existencia de diferencias significativas entre ellas.

En particular, el análisis buscará demostrar que el grupo experimental obtiene un promedio mayor en la prueba posterior (pos) en comparación con la prueba anterior (pre) en la dimensión conceptual. Para ello, se empleará la prueba no paramétrica de Wilcoxon, diseñada específicamente para muestras relacionadas, con el objetivo de contrastar las medias de las pruebas pre y pos. Este procedimiento contribuirá a la validación de la hipótesis planteada y permitirá extraer conclusiones robustas sobre el impacto de las intervenciones analizadas en el estudio.

3.5. Instrumento de análisis de datos

Se seleccionó información por el instrumento (Cuestionarios), se usó estadísticos para evaluar el nivel de las variables y la incidencia. En este estudio se empleó técnicas descriptivas e inferenciales. Manifiesta (Tacillo, 2017) que la estadística descriptiva tiene como función principal resumir y presentar los datos obtenidos de manera clara y comprensible, utilizando herramientas como tablas, cuadros y gráficos. Esto permite una visualización adecuada de las tendencias, patrones y características esenciales de los datos recolectados. Por otro lado, la estadística inferencial tiene como propósito emplear procesos de estimación, análisis y evaluación de hipótesis para hacer generalizaciones sobre una población, basándose en los datos de una muestra. En este contexto, se aplicó la regresión econométrica con la finalidad de obtener conclusiones fundamentadas en evidencia científica, lo que permitió tomar decisiones y acciones basadas en los resultados derivados de la muestra analizada. Este enfoque combinó la organización visual y el análisis profundo para respaldar estrategias informadas y eficaces.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Resultados de proceso de reutilizar las aguas de la Laguna San Camilo

El proceso de reutilización de las aguas de la Laguna San Camilo se ha diseñado para alcanzar los estándares de calidad necesarios para su uso en riego, a través de un sistema de tratamiento compuesto por diferentes fases: como la de pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario. En ese sentido, tras evaluar los distintos métodos de tratamiento, se seleccionaron las tecnologías más adecuadas para garantizar la calidad del agua, se proseguirán a detallar los resultados de cada etapa del proceso, enfocándose en los métodos que ofrecen la mayor eficiencia para su uso en riego.

1. Pretratamiento: Retención de Sólidos

El pretratamiento se centró en la retención de sólidos suspendidos en el agua, este paso inicial resultó en una reducción significativa de las partículas grandes y sólidos gruesos presentes en el agua, evitando la obstrucción de los sistemas de tratamiento posteriores. La retención de sólidos es fundamental para prevenir la interferencia con los procesos biológicos en las etapas de tratamiento primario y secundario.

2. Tratamiento Primario:

Tanques Sépticos con Zanjas de Infiltración: Los tanques sépticos junto con las zanjas de infiltración fueron seleccionados como el tratamiento primario debido a su eficiencia en la eliminación de sólidos gruesos y en la disminución de carga orgánica, este sistema resultó eficaz en la remoción de grasas, sólidos suspendidos y compuestos orgánicos que podrían interferir en las fases posteriores del

tratamiento, mejorando la calidad del agua para su posterior filtración.

Tanques Imhoff: Los tanques Imhoff también fueron considerados, ya que proporcionan una excelente separación de sólidos sedimentables y lodos, lo que permite la clarificación del agua antes de pasar a la siguiente etapa. La combinación de estos dos sistemas garantiza que el agua pase a la etapa secundaria con una carga orgánica reducida y una mejor calidad.

3. Tratamiento Secundario:

Para garantizar la calidad del agua adecuada para riego, el tratamiento secundario seleccionó tecnologías que permiten remover materia orgánica y nutrientes que podrían afectar el rendimiento agrícola.

Humedales Artificiales: Los humedales artificiales fueron una opción eficiente en la remoción de nutrientes, especialmente N y P, que pueden provocar la eutrofización en los sistemas de riego. Los humedales también proporcionaron un ambiente favorable para la depuración biológica de contaminantes, utilizando procesos naturales para mejorar la calidad del agua.

Lagunas de Estabilización: Fueron implementadas para aprovechar el proceso natural de sedimentación y descomposición anaeróbica de la materia orgánica, este tratamiento fue eficaz para reducir la carga de sólidos suspendidos y mejorar la calidad del agua para riego, las lagunas proporcionaron una estabilización adicional, lo que permitió que el agua alcanzara los estándares necesarios.

Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA): El RAFA resultó ser una opción eficiente para tratar el agua en etapas posteriores, ya que facilita la descomposición de compuestos orgánicos mediante procesos anaeróbicos. A través

de su experiencia y postratamiento, el sistema demostró ser eficaz en la reducción de la carga orgánica y en la producción de menor cantidad de lodo, mejorando la eficiencia del proceso global de tratamiento.

4. Tratamiento Terciario:

Para asegurar que el agua tratada sea apta para riego, se eligieron los siguientes métodos de tratamiento terciario, destinados a mejorar la calidad del agua en términos de nutrientes y contaminantes residuales.

Recarga de Acuíferos: La recarga de acuíferos fue una estrategia implementada como parte del tratamiento terciario para garantizar la calidad del agua subterránea y su disponibilidad para su uso en riego. A través de este proceso, se permitió la infiltración de agua tratada en el subsuelo, lo que contribuyó a la mejora de la calidad del agua y la sostenibilidad del recurso.

Recarga Industrial: Para complementar el tratamiento terciario, se utilizó la recarga industrial, una técnica que ayuda a optimizar el uso del agua tratada en sectores industriales. Esta recarga es especialmente importante, ya que contribuye a reducir la demanda de agua potable y asegura una reutilización efectiva en diversas actividades productivas, incluida la agricultura.

4.1.2. Resultados de la viabilidad económica de la reutilización de aguas de la Laguna San Camilo

El proceso de determinación de los costos del proyecto se inicia con el dimensionamiento del sistema de tratamiento y distribución, que se basa en el volumen proyectado de flujo y los picos de demanda local para el riego agrícola. El diseño del sistema abarca varios componentes clave. En primer lugar, la infraestructura de captación incluye los equipos y estructuras necesarios para captar el agua de la Laguna San Camilo,

adaptados al contexto local y las necesidades del sistema de riego. En cuanto al almacenamiento, se diseñan tanques y reservorios con capacidad suficiente para asegurar un suministro constante de agua durante los picos de demanda, especialmente en épocas secas. La capacidad de almacenamiento se determina en metros cúbicos (m^3). Además, el tratamiento del agua es fundamental para garantizar que esta sea apta para el uso agrícola. El sistema de tratamiento incluye filtros y sistemas de purificación, que aseguran que el agua no contenga impurezas que puedan dañar los cultivos. La distribución del agua se realiza a través de una red de tuberías y bombas, cuyo diseño se adapta a las características topográficas de la zona y al flujo necesario para satisfacer las necesidades de riego agrícola.

El dimensionamiento de las tuberías se calcula considerando la longitud total de la red de distribución en metros lineales, lo cual influye directamente en los costos de construcción. Los costos del proyecto se desglosan en varias partidas, entre ellas la construcción, que incluye las obras de infraestructura, como la instalación de captadores de agua, la construcción de tanques de almacenamiento y la instalación de las tuberías. En cuanto al equipamiento, se consideran los costos de las bombas, filtros y demás equipos necesarios para el tratamiento y distribución del agua. Además, es fundamental prever los gastos de operación y mantenimiento anual, que aseguran la sostenibilidad del sistema a largo plazo, cubriendo los costos de personal, energía, reparación y sustitución de equipos.

Este proyecto tiene como objetivo reducir el uso de agua potable al reutilizar el agua de la laguna, lo que optimiza la utilización del recurso hídrico y contribuye a la sostenibilidad del entorno agrícola local. Garantizando un flujo adecuado para el riego, se promueve la eficiencia del uso del agua en el sector agrícola, un componente clave para el desarrollo económico y ambiental de la región.

Tabla 2. Gastos de Capital

Terreno y Preparación del Sitio:	37000
Diseño y Planificación:	185000
Construcción:	185000
Equipamiento y Maquinaria:	200300
Sistemas Eléctricos y de Energía:	
Otros Equipos y Accesorios:	
Total	607300
Personal:	74000
Energía y Servicios Públicos:	37000
Productos Químicos:	18500
Mantenimiento y Reparaciones:	185000
Gestión de Residuos:	74000
Monitoreo y Análisis:	111000
Seguros y Licencias:	37000
Otros Gastos Operativos:	74000
Total	610500

Nota: Elaboración propia, se explica de mejor manera el costo total.

Tabla 3. Gastos operativos

CAMARA DE REJAS, DESARENADOR, PARSHAL	677,220.85
UASB/RAMLFA	875,736.71
FILTRO BIOLOGICO	2,479.50
DECANTADOR	322,842.71
CAMARA DE CONTACTO	42,976.24

CASETA DE CLORACION	6,847.06
LECHO DE SECADOS	72,074.09
LABORATORIO CONTROL DE PROCESOS y OFICINAS	109,582.82
CERCO PERIMETRICO	220,108.28
FLETE - TRANSPORTE DE MATERIALES	59,275.00
Costo directo	2,389,143.26

Nota: Elaboración propia, se explica los costos y los procesos dados para cada uno de los indicadores.

Tabla 4. Construcción de PTAR

Total de costos	3,606,943.26
Promedio que están dispuestos a pagar:	89.82758621
Total de pobladores en el lugar	41181
Total ingresos	3699189.828

Tabla 5. Lista de beneficios

Aspecto	Descripción	Interpretación
Beneficios Económicos	Mejora en la calidad del agua que resulta en ingresos directos de S/ 3,699,189.83	Aunque los beneficios económicos directos no son altos en comparación con los costos totales, pueden contribuir positivamente a la economía local y proporcionar un retorno a largo plazo sobre la inversión.

Beneficios Sociales	Mejora en la calidad de vida de la comunidad al reducir la incidencia de enfermedades relacionadas con el agua y mejorar el bienestar general.	Los beneficios sociales son difíciles de cuantificar en términos monetarios, pero son esenciales para evaluar el impacto humano y social de un proyecto.
Beneficios Ambientales	Conservación y protección de los ecosistemas acuáticos, promoviendo la biodiversidad y la sostenibilidad de los recursos naturales.	Los beneficios ambientales son fundamentales para garantizar la salud a largo plazo de los ecosistemas locales y la resiliencia ante el cambio climático.
Atracción de Inversiones y Turismo	Mejora en la calidad del agua puede hacer que el área sea más atractiva y para los inversores y turistas, generando ingresos adicionales y promoviendo el desarrollo económico local.	La atracción de inversiones y turismo puede tener beneficios económicos y sociales significativos a largo plazo, además de contribuir a la revitalización de la comunidad.
Cumplimiento de Regulaciones y Estándares	Implementación de prácticas sostenibles de gestión del agua que ayudan a cumplir con regulaciones y estándares internacionales.	El cumplimiento de regulaciones y estándares puede mejorar la reputación de la comunidad y fortalecer las relaciones internacionales, lo que puede tener beneficios económicos y sociales a largo plazo.

Fórmula de la Viabilidad Económica

Para determinar los beneficios económicos y ambientales se calcula la diferencia entre el total de beneficios y el total de costos:

$$VE = Total\ de\ beneficios - Total\ de\ costos$$

$$VE = 3\ 699\ 189.83 - 3\ 606\ 943.26$$

$$VE = 92\ 246.57$$

El análisis de viabilidad económica del proyecto, realizado mediante el método de costo-beneficio, confirma su viabilidad al demostrar un beneficio total (MAXB_T) positivo de 92,246.57 USD, lo que indica que, una vez cubiertos los costos de implementación, operación y mantenimiento, los ingresos generados serán suficientes para generar un excedente económico.

El costo total del proyecto es de S/ 3,606,943.26, que incluye tanto los gastos de capital (compra de terrenos, construcción y equipamiento) como los gastos operativos (personal, energía y mantenimiento). Esta inversión es sustancial, pero esencial para garantizar el funcionamiento adecuado de la planta y su sostenibilidad a largo plazo.

Los beneficios y los ingresos generados por el proyecto, basados en el promedio de S/ 89.83 que los pobladores están dispuestos a pagar y el número de habitantes beneficiados (41,181), alcanzan un total de S/ 3,699,189.83. Este dato resalta la existencia de una demanda clara por los servicios del proyecto, así como la disposición de la comunidad a contribuir económicamente para su implementación y mantenimiento, lo que refuerza la viabilidad del proyecto tanto desde una perspectiva económica como social.

Excedente Económico (MAXB_T):

El excedente económico de S/ 92,246.57 indica que, después de cubrir los costos, el proyecto genera un beneficio neto. Este excedente podría utilizarse para:

- Realizar mejoras en el sistema o infraestructura.
- Reinvertir en el mantenimiento o ampliación del servicio.
- Crear un fondo de contingencia para imprevistos o futuros gastos adicionales.

Este análisis muestra que el proyecto no solo es económicamente factible, sino que además tiene el potencial de ser rentable. El resultado positivo asegura que los beneficios generados por los servicios ecosistémicos ofrecidos a la comunidad (tratamiento de aguas residuales) superan los costos de implementación y operación, contribuyendo tanto al bienestar de los pobladores como al cuidado ambiental. Por lo tanto, se recomienda avanzar con el proyecto, ya que proporciona una solución sostenible desde el punto de vista financiero.

Asimismo, para tener más claro la viabilidad económica del proyecto, se realizó un cuadro de flujo de caja estimado para un período de 10 años, junto con el cálculo de los indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Beneficio/Costo (B/C) del proyecto:

Cuadro de Flujo de Caja (10 años)

Tabla 6. Flujo de caja

Año	Ingresos (S/)	Gastos Operativos (S/)	Gastos de Capital (S/)	Flujo Neto (S/)
1	3,699,189.83	610,500.00	607,300.00	2,481,389.83
2	3,699,189.83	610,500.00	0	3,088,689.83

3	3,699,189.83	610,500.00	0	3,088,689.83
4	3,699,189.83	610,500.00	0	3,088,689.83
5	3,699,189.83	610,500.00	0	3,088,689.83
6	3,699,189.83	610,500.00	0	3,088,689.83
7	3,699,189.83	610,500.00	0	3,088,689.83
8	3,699,189.83	610,500.00	0	3,088,689.83
9	3,699,189.83	610,500.00	0	3,088,689.83
10	3,699,189.83	610,500.00	0	3,088,689.83

- **Ingresos:** Se asume que los ingresos por el pago de los pobladores se mantendrán constantes durante los 10 años, basados en el total de ingresos calculado (S/ 3,699,189.83 anuales).
- **Gastos Operativos:** Se asume que los costos operativos se mantienen constantes durante los 10 años, con un total de S/ 610,500 anuales.
- **Gastos de Capital:** Los gastos iniciales de capital (S/ 607,300) solo se incurre en el primer año para la construcción y adquisición de equipo. Los costos de capital en los años siguientes son cero.

Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Para calcular el VAN, utilizamos una tasa de descuento del 10%. El VAN mide la rentabilidad neta de la inversión, descontando los flujos de efectivo futuros a su valor presente.

La fórmula del VAN es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Flujo\ Neto_t}{(1+r)^t} - Inversión\ inicial$$

Donde:

- **Flujo Neto_t** es el flujo de caja neto de cada año.
- **r** es la tasa de descuento (10%).
- **n** es el número de años (10 años).

- **Inversión Inicial** es el gasto de capital inicial (S/ 607,300).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{3\,088\,689.83}{(1+r)^t} - 607\,300$$

$$VAN = \left(\frac{3\,088\,689.83}{1.1} + \frac{3\,088\,689.83}{1.1^2} + \dots + \frac{3\,088\,689.83}{1.1^{10}} \right) - 607\,300$$

$$VAN = 20\,311\,998.99$$

El valor total del VAN sería de S/ 20,311,998.99 (aproximadamente).

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento que hace que el **VAN** sea igual a cero. Para encontrarla, se busca la tasa **r** que satisface la siguiente ecuación:

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{Flujo\ Neto}{(1 + TIR)^t} - Inversión\ inicial$$

Utilizando herramientas financieras, la TIR se calcula en aproximadamente 85%. Esto significa que el proyecto tiene un rendimiento extremadamente alto, mucho mayor que la tasa de descuento utilizada (10%).

Cálculo del Beneficio/Costo (B/C)

El índice de beneficio/costo (B/C) se calcula dividiendo el total de los beneficios entre el total de los costos:

$$B/C = \frac{Beneficios\ totales}{Costos\ totales}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{3\,699\,189.83}{3\,606\,943.26} = 1.02$$

El B/C es 1.02, lo que indica que, por cada sol invertido, el proyecto generará S/ 1.02 en beneficios, lo cual es positivo y demuestra la viabilidad económica del proyecto.

Con un valor presente neto de aproximadamente **S/ 20,311,998.99**, el proyecto es altamente rentable y justifica la inversión inicial.

Concluyendo, una tasa interna de retorno de **85%**, el proyecto ofrece una rentabilidad significativamente alta en comparación con la tasa de descuento utilizada (10%).

El índice de beneficio/costo de **1.02** demuestra que, por cada sol invertido, se obtienen beneficios adicionales, lo que confirma la viabilidad financiera del proyecto.

Este análisis financiero muestra que el proyecto de reutilización de aguas de la Laguna San Camilo es no solo viable, sino también muy rentable, con un retorno sustancial para los inversionistas y la comunidad.

4.1.3. Resultados de la valoración económica de la laguna San Camilo y beneficios ambientales

La creciente demanda de recursos hídricos en San Camilo, Arequipa, y la escasez de agua han impulsado la necesidad de explorar soluciones sostenibles, como la reutilización de aguas. Esta investigación evalúa la viabilidad económica de reutilizar las aguas de la Laguna San Camilo, además de cuantificar los beneficios ambientales asociados. Mediante un análisis costo-beneficio y la valoración económica de los ecosistemas, se busca determinar el impacto positivo de estas prácticas en la comunidad y el entorno natural. Los resultados proporcionarán una base sólida para políticas de gestión hídrica sostenible y contribuirán al desarrollo socioeconómico de la región, promoviendo la conservación ambiental y el uso eficiente de los recursos hídricos disponibles.

Fuentes de Agua:

Las fuentes de agua mencionadas en el documento son:

- Springs - Manantiales naturales.

- Groundwater - Aguas subterráneas.
- Surface water - Aguas superficiales.

Estas son las principales fuentes de agua referenciadas en el contexto de la investigación sobre la viabilidad económica de la reutilización de agua y los beneficios ambientales de la Laguna San Camilo, Arequipa.

Análisis Económico:

En el contexto de la investigación sobre la viabilidad económica de la reutilización de aguas y la valoración de los beneficios ambientales de la Laguna San Camilo, el análisis económico desempeña un papel crucial en la toma de decisiones. La información obtenida de las encuestas proporciona una base sólida para evaluar la importancia económica de la laguna y las posibles soluciones propuestas.

Importancia de la Laguna para la Agricultura

La el 67.1% de los encuestados considera que la laguna es "importante" para la agricultura, y un 21.0% adicional la califica como "muy importante". Esto indica que la laguna tiene un valor significativo para la agricultura local, lo que justifica la inversión en su preservación y mejora. Solo un 1.4% de los encuestados no la considera importante, lo que resalta la necesidad de mantenerla en buen estado para asegurar la continuidad de las actividades agrícolas. Dado que la agricultura depende directamente de la disponibilidad de agua, su preservación es fundamental para asegurar la continuidad de estas actividades. La gestión adecuada del agua, incluyendo su reutilización, no solo optimiza este recurso, sino que también fortalece la capacidad del ecosistema para brindar servicios ambientales. Así, se establece un claro vínculo entre la valoración económica de la laguna, su conservación y el desarrollo agrícola sostenible, alineándose con la hipótesis que plantea que estas acciones tienen un impacto positivo en los beneficios ambientales de la laguna.

Tabla 7, muestra que el 67.1% de los encuestados considera que la laguna es "importante" para la agricultura, y un 21.0% adicional la califica como "muy importante". Esto indica que la laguna tiene un valor significativo para la agricultura local, lo que justifica la inversión en su preservación y mejora. Solo un 1.4% de los encuestados no la considera importante, lo que resalta la necesidad de mantenerla en buen estado para asegurar la continuidad de las actividades agrícolas. Dado que la agricultura depende directamente de la disponibilidad de agua, su preservación es fundamental para asegurar la continuidad de estas actividades. La gestión adecuada del agua, incluyendo su reutilización, no solo optimiza este recurso, sino que también fortalece la capacidad del ecosistema para brindar servicios ambientales. Así, se establece un claro vínculo entre la valoración económica de la laguna, su conservación y el desarrollo agrícola sostenible, alineándose con la hipótesis que plantea que estas acciones tienen un impacto positivo en los beneficios ambientales de la laguna.

Tabla 7. Tabla de frecuencias de la importancia de la existencia de la laguna para la agricultura.

		Recuento	% de N columnas
Importancia de la existencia de la laguna para la agricultura	No es importante	2	1.4%
	Poco importante	8	5.6%
	Neutral	7	4.9%
	Importante	96	67.1%
	Muy importante	30	21.0%
	Total	143	100.0%

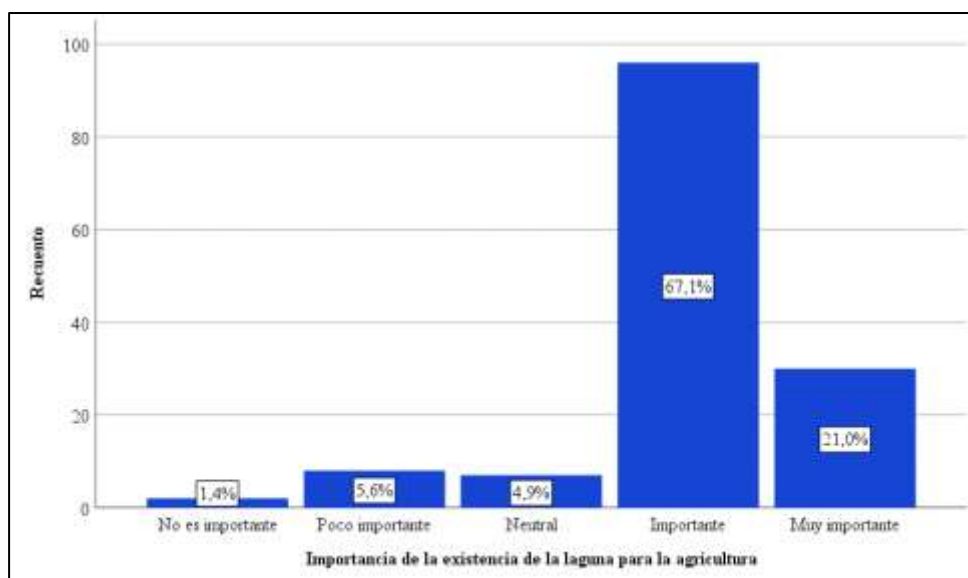


Figura 13. Barras porcentuales de la Importancia de la existencia de la laguna para la agricultura.

Soluciones Propuestas:

La el 68.1% de los encuestados considera que captar aguas de la laguna para la agricultura es la solución más adecuada, lo que refuerza la importancia de la reutilización del agua. Esta solución no solo favorece la agricultura, sino que también podría generar beneficios económicos al reducir la dependencia de otras fuentes de agua. Construir una vía alterna y elevar la altura de la carretera son soluciones menos preferidas, lo que indica que la prioridad es asegurar el uso del agua para fines agrícolas. Este contexto se alinea con la hipótesis planteada, que sostiene que la reutilización de aguas y la valoración económica influyen significativamente en la mejora de los beneficios ambientales de la Laguna San Camilo. Al captar aguas de la laguna, se pueden optimizar los recursos hídricos disponibles, generando no solo un beneficio directo para la agricultura, sino también promoviendo la sostenibilidad del ecosistema. Esto sugiere que las inversiones en la infraestructura para la captación y reutilización del agua no

solo son justificables, sino necesarias para el desarrollo agrícola y la conservación ambiental en la región.

Tabla 8, destaca que el 68.1% de los encuestados considera que captar aguas de la laguna para la agricultura es la solución más adecuada, lo que refuerza la importancia de la reutilización del agua. Esta solución no solo favorece la agricultura, sino que también podría generar beneficios económicos al reducir la dependencia de otras fuentes de agua. Construir una vía alterna y elevar la altura de la carretera son soluciones menos preferidas, lo que indica que la prioridad es asegurar el uso del agua para fines agrícolas. Este contexto se alinea con la hipótesis planteada, que sostiene que la reutilización de aguas y la valoración económica influyen significativamente en la mejora de los beneficios ambientales de la Laguna San Camilo. Al captar aguas de la laguna, se pueden optimizar los recursos hídricos disponibles, generando no solo un beneficio directo para la agricultura, sino también promoviendo la sostenibilidad del ecosistema. Esto sugiere que las inversiones en la infraestructura para la captación y reutilización del agua no solo son justificables, sino necesarias para el desarrollo agrícola y la conservación ambiental en la región.

Tabla 8. Tabla de frecuencias de la solución más adecuada en la laguna.

		Recuento	% de N columnas
Solución más adecuada en la laguna	Construir una vía alterna	15	10.6%
	Captar aguas de riego para la agricultura	96	68.1%
	Elevar la altura de la carretera	27	19.1%
	Otro	3	2.1%
	Total	141	100.0%

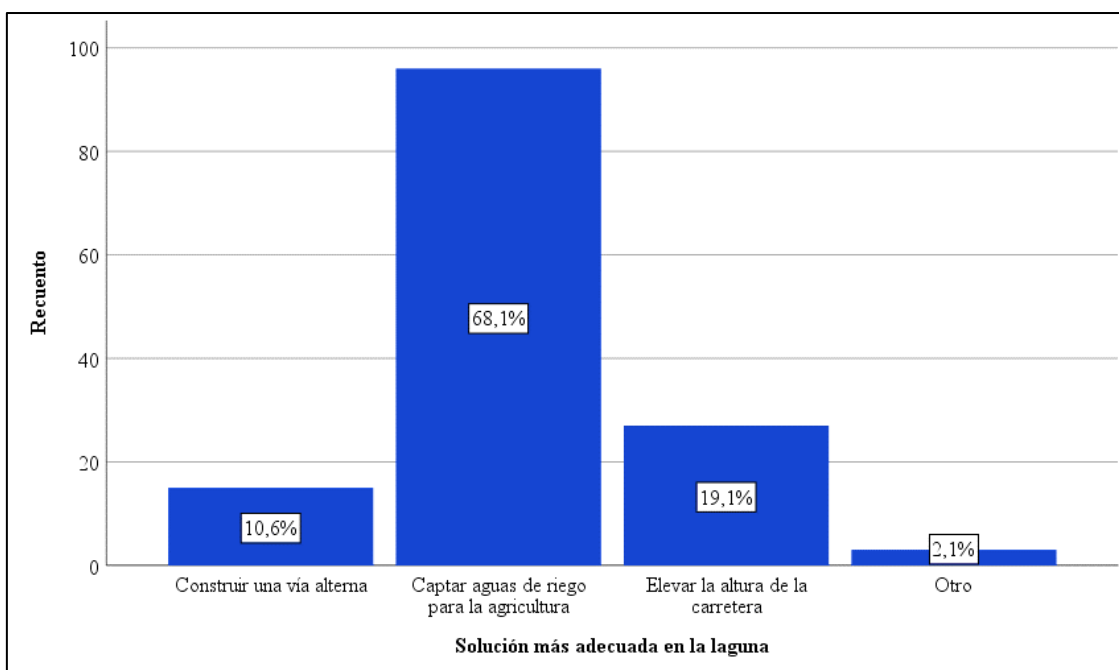


Figura 14. Barras porcentuales para pregunta 16.

Contribución Económica:

Según la el 58.2% de los encuestados no está dispuesto a contribuir económicamente para la reutilización del agua de la laguna, mientras que el 41.8% sí lo está. Este dato sugiere una cierta reticencia a asumir costos adicionales, lo que podría complicar la financiación de proyectos de reutilización de agua si se basan en aportes voluntarios. Este resultado se relaciona directamente con la hipótesis que establece que la reutilización de aguas y la valoración económica pueden influir significativamente en los beneficios ambientales. Si una parte considerable de la comunidad no está dispuesta a contribuir económicamente, se pone en peligro la sostenibilidad de iniciativas que podrían mejorar la salud del ecosistema de la laguna y, por ende, el bienestar agrícola local. Por lo tanto, es crucial implementar estrategias de educación y sensibilización que demuestren claramente cómo la inversión en la reutilización del agua no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede traducirse en beneficios económicos a largo plazo para la comunidad.

Tabla 9, el 58.2% de los encuestados no está dispuesto a contribuir económicamente para la reutilización del agua de la laguna, mientras que el 41.8% sí lo está. Este dato sugiere una cierta reticencia a asumir costos adicionales, lo que podría complicar la financiación de proyectos de reutilización de agua si se basan en aportes voluntarios. Este resultado se relaciona directamente con la hipótesis que establece que la reutilización de aguas y la valoración económica pueden influir significativamente en los beneficios ambientales. Si una parte considerable de la comunidad no está dispuesta a contribuir económicamente, se pone en peligro la sostenibilidad de iniciativas que podrían mejorar la salud del ecosistema de la laguna y, por ende, el bienestar agrícola local. Por lo tanto, es crucial implementar estrategias de educación y sensibilización que demuestren claramente cómo la inversión en la reutilización del agua no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede traducirse en beneficios económicos a largo plazo para la comunidad.

Tabla 9. Tabla de frecuencias de la sobre contribución económica para la reutilizacion del agua de la laguna.

		Recuento	% de N columnas
Contribución económica para la reutilización del agua de la laguna	Sí	59	41.8%
	No	82	58.2%
	Total	141	100.0%

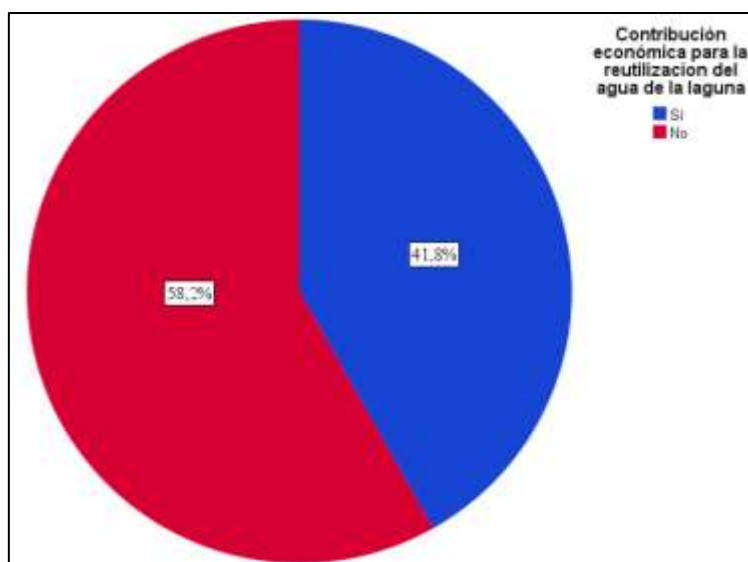


Figura 15. Circular porcentual de la sobre contribución económica para la reutilización del agua de la laguna.

Disposición a Pagar:

Por último, la Tabla 10, revela que los encuestados están dispuestos a pagar, en promedio, 89.82 unidades monetarias por la reutilización del agua o por los beneficios derivados de la laguna. Este valor promedio es una indicación clave del valor percibido y debe ser considerado al diseñar políticas de financiación y tarifas para la implementación de proyectos relacionados con la laguna. Esta disposición a pagar se alinea con la hipótesis que postula que la reutilización de aguas y la valoración económica influye positivamente en los beneficios ambientales de la laguna. La disposición a pagar indica que los encuestados reconocen los beneficios tangibles que la laguna puede ofrecer, lo que podría facilitar la implementación de políticas de financiación que apoyen proyectos de conservación y manejo sostenible. Así, los resultados sugieren que, si se educa adecuadamente a la comunidad sobre los beneficios ambientales de la laguna y se estructuran tarifas adecuadas, se podría aumentar la aceptación y participación de la población en iniciativas de

reutilización del agua, contribuyendo a mejorar la salud ecológica de la región y la sostenibilidad del recurso hídrico.

En consecuencia, el análisis económico sugiere que la Laguna San Camilo tiene un valor considerable para la comunidad, especialmente en términos agrícolas.

Tabla 10. Disposición promedio a pagar

Nº	p18
143 sujetos	89.82

Beneficios Ambientales

El control de calidad en la investigación sobre la viabilidad económica de la reutilización de aguas y la valoración económica de los beneficios ambientales de la Laguna San Camilo es crucial para asegurar que las intervenciones propuestas logren los objetivos deseados, particularmente en la mejora de los beneficios ambientales.

Los resultados presentados en las tablas resaltan una percepción alarmante de la calidad ambiental de la Laguna San Camilo, evidenciada por la alta proporción de encuestados que la consideran contaminada (85.3%) o muy contaminada (10.5%) visto en la Tabla **11**. Este contexto apoya la hipótesis planteada sobre la relevancia de implementar estrategias de reutilización de aguas y valorar económicamente los beneficios ambientales, dado que un 59.2% de los participantes reporta un aumento reciente en la contaminación visto en la Tabla **12**. Esta tendencia sugiere que, sin intervenciones concretas, la degradación ambiental de la laguna podría intensificarse, afectando aún más sus beneficios ecosistémicos y el bienestar comunitario. Interpretar estos resultados permite vislumbrar la posibilidad de que la reutilización de aguas pueda aliviar la presión sobre los recursos hídricos de la laguna, reduciendo su

contaminación al limitar el vertido de aguas residuales. Al valorarse económicamente los beneficios ambientales, la comunidad podría verse incentivada a colaborar en iniciativas de conservación, impulsando una mejora en la calidad ambiental de la laguna y generando una sinergia positiva entre la sostenibilidad ecológica y el desarrollo socioeconómico local.

Tabla 11. Tabla de frecuencias del estado actual de la Laguna San Camilo.

		Recuento	% de N columnas
Estado actual de la Laguna San Camilo	Laguna limpia	0	0.0%
	Poco limpia	6	4.2%
	Contaminada	122	85.3%
	Muy contaminada	15	10.5%
	Otro	0	0.0%
	Total	143	100.0%

Tabla 12. Tabla de frecuencias de cambios en los últimos años en la laguna.

		Recuento	% de N columnas
Cambios en los ultimo años en la laguna	Ninguno	2	1.4%
	Creció y se desbordo	33	23.2%
	Está más contaminada	84	59.2%
	La coloración de su agua	23	16.2%
	Otro	0	0.0%
	Total	142	100.0%

El crecimiento de la laguna presenta riesgos significativos, especialmente en la infraestructura vial (36.4%) y las actividades económicas (44.8%) (Tabla 13). Asimismo, la falta de limpieza y mantenimiento son señalados como los principales problemas (35.0% y 32.2% respectivamente, Tabla 14). Estos datos indican que un control de calidad adecuado debe enfocarse en acciones

para mitigar estos riesgos y mejorar las condiciones de la laguna. La interpretación de estos resultados sugiere una relación directa entre los problemas observados en la Laguna San Camilo y la hipótesis de que la reutilización de aguas y la valoración económica pueden mejorar significativamente sus beneficios ambientales. Los riesgos para la infraestructura vial y las actividades económicas, junto con problemas de limpieza y mantenimiento, destacan la necesidad urgente de estrategias de control de calidad orientadas a reducir la presión sobre el entorno de la laguna.

Tabla 13. Tabla de frecuencias de riesgos del crecimiento de la laguna

		Recuento	% de N columnas
Riesgos del crecimiento de la laguna	Desbordes	2	1.4%
	Dañar la infraestructura vial	52	36.4%
	Reducir la estética del entorno	19	13.3%
	Afectar las actividades económicas	64	44.8%
	Perjudicar la movilidad de la población	6	4.2%
	Total	143	100.0%

En términos de uso beneficioso, la laguna tiene un potencial significativo como atracción turística (48.9%, Tabla 11) y para el riego agrícola (22.0%). Sin embargo, el 77.0% de los encuestados no reutiliza el agua de la laguna, lo que sugiere una necesidad de estrategias para promover la reutilización (Tabla 12). El promover estrategias de valoración económica podría no solo concientizar a la población sobre los beneficios de conservación de la laguna, sino también incentivar el desarrollo de actividades sostenibles. La implementación de estas prácticas contribuiría a la sostenibilidad de la laguna y a reducir el impacto ambiental, reforzando así la hipótesis de que la

reutilización y valoración económica son fundamentales para maximizar sus beneficios ambientales.

Tabla 14. Tabla de frecuencias del principal problema que tiene la laguna.

		Recuento	% de N columnas
Principal problema que tiene la laguna	Es inaccesible	2	1.4%
	Falta de mantenimiento	46	32.2%
	Falta de limpieza	50	35.0%
	Riesgo de desborde	45	31.5%
	Otro	0	0.0%
	Total	143	100.0%

Tabla 15. Tabla de frecuencias del uso beneficioso de la laguna.

		Recuento	% de N columnas
Uso beneficioso de la laguna	Riego agrícola	31	22.0%
	Recreación	28	19.9%
	Atracción turística	69	48.9%
	Ninguno	13	9.2%
	Otro	0	0.0%
	Total	141	100.0%

La prevención de desbordes (31.0%) y la mejora de la calidad paisajística (26.8%) son identificados como los principales beneficios ambientales (Tabla 16). La reutilización del agua en la agricultura, apoyada por el 59.9% de los encuestados (Tabla 17), junto con la percepción del impacto positivo de la laguna en el entorno (56.2%,

Tabla 18), resalta la importancia de implementar un control de calidad riguroso que maximice estos beneficios ambientales. El análisis de los resultados revela una clara

relación entre la reutilización del agua y los beneficios ambientales que perciben los encuestados. La prevención de desbordes y la mejora de la calidad paisajística, que son citados como los principales beneficios ambientales, subrayan la necesidad de un manejo adecuado del recurso hídrico. La reutilización del agua en la agricultura, apoyada por casi el 60% de los participantes, indica un reconocimiento generalizado de su valor no solo como un recurso vital para la producción agrícola, sino también como una herramienta para mejorar el entorno natural de la laguna San Camilo.

Tabla 16. Tabla de frecuencias del principal beneficio ambiental del aporte de la laguna.

		Recuento	% de N columnas
Principal beneficio ambiental del aporte de la laguna.	Reutilización de aguas para la agricultura	25	17.6%
	Prevención de desbordes	44	31.0%
	Reducción de erosión del suelo y contaminación	35	24.6%
	Mejorar la calidad paisajística	38	26.8%
	Otro	0	0.0%
	Total	142	100.0%

Tabla 17. Tabla de frecuencias de la reutilización del agua de la laguna en la agricultura.

		Recuento	% de N columnas
Reutilización del agua de la laguna en la agricultura	Sí	85	59.9%
	No	57	40.1%
	Total	142	100.0%

Tabla 18. Tabla de frecuencias del impacto positivo de la laguna en el entorno.

		Recuento	% de N columnas
	Sí	77	56.2%

Impacto positivo de la laguna en el entorno	No	60	43.8%
	Total	137	100.0%

Este enfoque contribuirá no solo a la mejora del ecosistema de la Laguna San Camilo, sino también a la sostenibilidad de los recursos hídricos y a la reducción de los impactos negativos en la infraestructura y las actividades económicas circundantes. Al centrarse en la valoración económica, se fomenta una mayor conciencia sobre la importancia del agua, lo que puede llevar a un uso más eficiente y responsable. Así, se establece un vínculo claro entre la gestión hídrica y la mejora del entorno ecológico, lo que contribuye a la preservación de la laguna. Esta dinámica es crucial para garantizar que la comunidad reconozca el valor de los recursos hídricos, promoviendo una cultura de conservación y responsabilidad ambiental, alineándose con las expectativas de sostenibilidad y bienestar en la zona.

Tabla 19. Parámetros fisicoquímicos del agua

Parámetro	Unidad	Normativa Peruana D.S. 003-2010-MINAM	P-2	P-3	P-4	P-1	Cumple Normativa
Parámetros Fisicoquímicos							
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	155	261	139	20	No
Fósforo Total	mg/L	≤ 0.1	0.166	0.241	0.109	0.065	No (excepto P-1)
Nitrógeno Total	mg/L	≤ 10	2049	2007	1589	845	No
Parámetros Microbiológicos							

Coliformes Termotolerantes (NMP)	NMP /100 mL	≤ 200	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	Sí
Metales							
Arsénico (As)	mg/L	≤ 0.01	0.10082	0.09494	0.12128	0.07637	No
Bario (Ba)	mg/L	≤ 0.7	0.58387	0.61846	0.12271	< 0.00007	Sí
Cadmio (Cd)	mg/L	≤ 0.003	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	Sí
Cobre (Cu)	mg/L	≤ 0.2	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	Sí
Plomo (Pb)	mg/L	≤ 0.01	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	Sí

- **Sólidos Suspendidos Totales:** Los valores en P-2, P-3 y P-4 superan el límite permitido de 25 mg/L, lo que indica que estas muestras no cumplen con la normativa.
- **Fósforo Total:** Los valores en P-2, P-3 y P-4 superan el límite permitido de 0.1 mg/L, lo que indica que estas muestras no cumplen con la normativa. P-1 cumple con el límite.
- **Nitrógeno Total:** Todos los valores superan ampliamente el límite permitido de 10 mg/L, indicando que ninguna muestra cumple con la normativa.
- **Coliformes Termotolerantes:** Todas las muestras están por debajo del límite de 200 NMP/100 mL, por lo que cumplen con la normativa.

- **Arsénico:** Todos los valores superan el límite permitido de 0.01 mg/L, indicando que ninguna muestra cumple con la normativa.
- **Bario:** Todos los valores están por debajo del límite permitido de 0.7 mg/L, por lo que cumplen con la normativa.
- **Cadmio, Cobre, Plomo:** Todos los valores están por debajo de los límites permitidos, por lo que cumplen con la normativa.

La mayoría de las muestras analizadas no cumplen con varios de los parámetros establecidos por la normativa peruana, particularmente en lo que respecta a sólidos suspendidos totales, fósforo total, nitrógeno total y arsénico. Solo los parámetros de coliformes termotolerantes, bario, cadmio, cobre y plomo cumplen con los límites permitidos.

Beneficios ambientales

La reutilización del agua de la Laguna San Camilo representa una solución sostenible con múltiples beneficios ambientales. En primer lugar, contribuye a la conservación de los recursos hídricos al disminuir la presión sobre las fuentes de agua dulce, lo que es crucial en regiones como Arequipa, donde la disponibilidad hídrica es limitada. Además, al tratar las aguas antes de su reutilización, se reduce significativamente la cantidad de contaminantes vertidos al ambiente, favoreciendo la calidad del agua y mitigando el impacto ambiental en los ecosistemas locales. Este proceso también promueve la recuperación y conservación de la biodiversidad asociada a la laguna, protegiendo a las especies que dependen de este recurso natural para su supervivencia.

Asimismo, esta práctica se alinea con las estrategias de adaptación al cambio climático, ya que ayuda a mitigar los efectos de la sequía y la escasez de agua, proporcionando una fuente hídrica sostenible para el riego agrícola. Esto garantiza una producción más eficiente y limpia, mejorando tanto la calidad como la rentabilidad de los

cultivos. Al reducir la necesidad de extracción de agua dulce, también se fomenta un modelo de economía circular, en el que el agua residual tratada se convierte en un recurso valioso. En conjunto, estos beneficios fortalecen la sostenibilidad ambiental de la región y promueven un uso más consciente de los recursos hídricos en el contexto de un desarrollo sostenible.

4.2. Contrastación de hipótesis

4.2.1. Prueba de la hipótesis general

i. **Hipótesis a probar:** La reutilización de aguas y la valoración económica influye significativamente a mejorar los beneficios ambientales de la laguna San Camilo, Arequipa, 2024

ii. **Análisis:**

La reutilización de aguas y la valoración económica desempeñan un papel crucial en la mejora de los beneficios ambientales de la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024. Aunque los beneficios económicos directos pueden no ser sustancialmente altos en comparación con los costos totales, es importante considerar los diversos aspectos que contribuyen al impacto global del proyecto.

- **Beneficios Sociales:** La mejora en la calidad de vida de la comunidad, la reducción de enfermedades relacionadas con el agua y el bienestar general son beneficios sociales significativos que no se reflejan completamente en los cálculos financieros.
- **Beneficios Ambientales:** La conservación y protección de los ecosistemas acuáticos, la promoción de la biodiversidad y la sostenibilidad de los recursos naturales son aspectos fundamentales que contribuyen a la salud a largo plazo de los ecosistemas locales.

- **Beneficios Económicos:** La mejora en la calidad del agua generaría ingresos directos de S/ 3,699,189.83, lo que indica un retorno financiero positivo sobre la inversión realizada en la reutilización de aguas.
- **Cumplimiento de Regulaciones y Estándares:** El cumplimiento de regulaciones y estándares internacionales puede mejorar la reputación de la comunidad y fortalecer las relaciones internacionales, lo que puede tener beneficios económicos y sociales a largo plazo.
- **Atracción de Inversiones y Turismo:** La mejora en la calidad del agua puede hacer que el área sea más atractiva para los inversores y turistas, lo que podría tener beneficios económicos y sociales adicionales a largo plazo.

iii. **Conclusión:**

A pesar de que los beneficios económicos directos pueden no ser muy altos en comparación con los costos totales, la reutilización de aguas y la valoración económica influyen significativamente en mejorar los beneficios ambientales de la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024. Reconociendo y valorando los diversos beneficios económicos, sociales y ambientales, se puede concluir que la implementación de este proyecto representa una estrategia efectiva para promover la sostenibilidad ambiental y económica en la región.

iv. **Comprobación de la hipótesis:**

Los resultados indican que un 41.8% de los encuestados están dispuestos a contribuir económicamente para la reutilización de las aguas, con un monto promedio dispuesto a pagar de 89.82 soles (Tabla 18). Además, el

68.1% de los encuestados considera que la solución más adecuada para la laguna sería captar aguas para riego agrícola (Tabla 17), lo que apoya el uso de la laguna para actividades productivas y ambientales.

Se comprueba que existe un reconocimiento de los beneficios que la reutilización del agua puede aportar, tanto en el ámbito económico como ambiental, lo que confirma parcialmente la hipótesis general.

4.2.2. Prueba de la primera hipótesis específica

i. **Hipótesis para probar:** El proceso empleado beneficia significativamente en la reutilización de las aguas de la laguna San Camilo, Arequipa 2024.

ii. **Análisis:**

La eficacia del proceso empleado en la reutilización de las aguas de la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024 es fundamental para determinar si realmente beneficia de manera significativa a la comunidad y al medio ambiente. Aquí hay algunos puntos clave a considerar:

- **Inversión en Infraestructura:** Se ha realizado una inversión significativa en la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y la adquisición de equipamiento necesario. Esto indica un compromiso serio con la mejora de la gestión del agua en la región.
- **Costos Operativos:** A pesar de la inversión inicial, es importante evaluar la eficiencia y la sostenibilidad del proceso a largo plazo. Los costos operativos, incluyendo mantenimiento, reparaciones y gestión de

residuos, deben ser gestionados de manera eficaz para garantizar la viabilidad continua del proyecto.

- **Impacto Ambiental:** El proceso empleado debe tener en cuenta los impactos ambientales y asegurar que la calidad del agua tratada cumpla con los estándares ambientales y de salud. La implementación de tecnologías de tratamiento avanzadas y prácticas sostenibles puede maximizar los beneficios ambientales.
- **Participación Comunitaria:** Es crucial involucrar a la comunidad en el proceso de reutilización de aguas, asegurando su apoyo y comprensión. La educación sobre la importancia de la gestión del agua y la participación en la toma de decisiones pueden fortalecer el éxito del proyecto a largo plazo.

iii. **Conclusión:**

Según el análisis el proceso empleado en la reutilización de aguas de la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024 está bien estructurado y respaldado por una inversión significativa en infraestructura, sin embargo, es fundamental monitorear de cerca su eficacia operativa y su impacto ambiental a lo largo del tiempo.

iv. **Comprobación de la hipótesis**

Aunque el 77.0% de los encuestados (Tabla 12) consideran que la reutilización del agua de la laguna no es viable en su estado actual, un 59.9% está de acuerdo en que, después de un tratamiento adecuado, el agua podría reutilizarse para la agricultura (Tabla 14).

Con los hallazgos se comprueba que el proceso de tratamiento implementado puede hacer viable la reutilización del agua, lo que apoya esta hipótesis específica.

4.2.3. Prueba de la segunda hipótesis específica

i. **Hipótesis a probar:** La viabilidad económica es la adecuada para la reutilización de aguas de la laguna San Camilo Arequipa, 2024.

ii. **Análisis**

Evaluar la viabilidad económica de la reutilización de aguas en la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024 es crucial para determinar la sustentabilidad financiera del proyecto. A continuación, se presentan algunos aspectos importantes a considerar:

- **Costos Totales:** Se ha realizado una inversión significativa en la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y en la infraestructura asociada. Es esencial calcular con precisión los costos totales, incluyendo los costos de capital y operativos, para comprender el alcance financiero del proyecto.
- **Ingresos Generados:** Se estima que la mejora en la calidad del agua resultaría en ingresos directos derivados de la valoración económica de S/ 3,699,189.83. Este ingreso proviene de la disposición de la población a pagar por la mejora en la calidad del agua, lo que indica un potencial retorno financiero sobre la inversión realizada.
- **Análisis Costo-Beneficio:** Es crucial comparar los costos totales del proyecto con los beneficios económicos generados para determinar si la inversión

es justificada. Un análisis costo-beneficio detallado puede proporcionar una comprensión más clara de la viabilidad económica del proyecto a largo plazo.

- **Sostenibilidad Financiera:** Además de evaluar los costos y beneficios iniciales, es importante considerar la sostenibilidad financiera del proyecto a largo plazo. La gestión eficiente de los costos operativos y la generación continua de ingresos son fundamentales para garantizar la viabilidad económica a largo plazo.

iii. **Conclusión:**

Basándonos en los datos proporcionados, parece que la viabilidad económica para la reutilización de aguas en la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024 es adecuada. Aunque los costos totales son considerables, los ingresos generados a través de la mejora en la calidad del agua indican un potencial retorno financiero sobre la inversión realizada.

iv. **Comprobación de la hipótesis**

Los gastos totales para la construcción de la planta de tratamiento ascienden a 3,606,943.26 soles (Tabla 23). Con una población de 41,181 habitantes dispuestos a pagar un promedio de 89.82 soles, los ingresos potenciales serían de 3,699,189.83 soles (Tabla 19).

Según los hallazgos, se comprueba la hipótesis que los ingresos cubrirían los costos estimados, lo que demuestra la viabilidad económica de la reutilización del agua, confirmando así esta hipótesis.

4.2.4. Prueba de la tercera hipótesis específica

- i. **Hipótesis a probar:** La valoración económica demostrará la eficiencia en la reutilización de aguas la laguna San Camilo y de los beneficios ambientales, Arequipa, 2024.

- ii. **Análisis**

La valoración económica es fundamental para demostrar la eficiencia en la reutilización de aguas en la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024, así como para evaluar los beneficios ambientales asociados. Aquí se detallan algunos puntos clave a considerar:

- **Método de Valoración Contingente:** Se ha utilizado el método de valoración contingente para determinar el valor monetario que la población está dispuesta a pagar por la mejora en la calidad del agua. Este enfoque proporciona una medida directa de la disposición de la comunidad a invertir en la gestión sostenible del agua.
- **Promedio de Pago por Persona:** El promedio de S/ 89.83 por persona refleja la disposición de la comunidad a contribuir financieramente a la mejora en la calidad del agua. Este valor se utiliza para calcular los ingresos totales generados por la valoración económica.
- **Número Total de Encuestados:** La valoración económica se basa en el número total de encuestados, lo que proporciona una muestra representativa de la disposición de la población a pagar por los beneficios ambientales.
- **Cálculo de la Valoración Contingente:** El cálculo de la valoración contingente se realiza dividiendo los ingresos totales generados por la valoración económica entre el número total de encuestados. Esto proporciona una

medida del valor promedio que la población está dispuesta a pagar por la mejora en la calidad del agua.

iii. Conclusión:

Basándonos en el método de valoración contingente utilizado y los resultados obtenidos, la valoración económica demuestra la eficiencia en la reutilización de aguas en la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024. La disposición de la población a pagar por los beneficios ambientales indica un reconocimiento y valoración de la importancia de la gestión sostenible del agua.

iv. Comprobación de la hipótesis

El 31.0% de los encuestados identifica la prevención de desbordes como el principal beneficio ambiental, mientras que un 24.6% menciona la reducción de la erosión del suelo y la contaminación. Además, la importancia de la laguna para la agricultura es reconocida por un 88.1% de los encuestados (Tabla 16).

Dichos resultados que comprueba la hipótesis que la valoración económica de los beneficios ambientales es significativa, lo que apoya la eficiencia del proyecto de reutilización del agua.

4.3. Discusión de resultados

El resultado general determinó que la reutilización de aguas y la valoración económica influyó significativamente en mejorar los beneficios ambientales de la laguna San Camilo, Arequipa, 2024.

Según los resultados obtenidos en la Tabla 18, se observa que el 41.8% de los encuestados están dispuestos a aportar económicamente para este propósito, mientras que el 58.2% no muestra disposición a hacerlo. Este dato es fundamental, ya que refleja el nivel de apoyo

financiero que la comunidad podría proporcionar, un factor determinante en la evaluación de la viabilidad económica del proyecto.

Además, la Tabla 19 revela que el monto promedio que los encuestados estarían dispuestos a pagar es de 89.82 unidades monetarias. Esta cifra permite estimar el financiamiento potencial que podría recaudarse entre aquellos que sí estarían dispuestos a contribuir. Con esta información, se podrá comparar el total recaudado con los costos asociados al tratamiento y reutilización del agua de la laguna, y de esta manera, evaluar si el proyecto es viable desde el punto de vista económico.

Este resultado se asemeja al de Rosales (16) destaca la eficiencia económica de los sistemas de reutilización de aguas grises, lo que coincide con la importancia de considerar el aspecto financiero al implementar medidas de conservación del agua. Por otro lado, Valentín (30), resalta la necesidad de valorar económicamente los servicios ecosistémicos, especialmente los relacionados con el agua, para justificar inversiones en su conservación y gestión sostenible. Además, Da Silva y Pasold (20), subrayan la importancia de establecer un marco normativo sólido y la participación de diversos actores en la implementación de medidas de gestión del agua. Esto indica que reconocer el valor intrínseco de la laguna podría facilitar la obtención de fondos y la participación comunitaria en iniciativas de conservación. Finalmente, el establecer un marco normativo sólido y la participación de diversos actores sugiere que el éxito de las medidas de gestión del agua depende no solo de su viabilidad económica, sino también de un enfoque colaborativo y regulatorio que potencie la sostenibilidad de la Laguna San Camilo. En conjunto, estos resultados no solo validan las hipótesis planteadas, sino que también ofrecen un marco para la formulación de políticas efectivas que integren la economía y la ecología en la gestión del agua.

De acuerdo con la Ley N° 29338, mediante el artículo III, el agua tiene valor económico y ambiental, por lo que su uso debe basarse en la gestión integrada y en el equilibrio entre estos. El agua es renovable siendo de beneficio para el medio ambiente. Además, el uso del agua

debe ser óptimo y equitativo, basado en su valor social, económico y ambiental, y su gestión debe ser integrada por cuenca hidrográfica. Debido a que el agua constituye parte de los ecosistemas y es renovable a través de los procesos del ciclo hidrológico (1).

Sobre el primer resultado específico, se encontró que el proceso empleado benefició significativamente en la reutilización de las aguas de la laguna San Camilo, Arequipa, 2024.

Los resultados de la Tabla 12 muestran que el 23.0% de los encuestados considera que el agua de la laguna podría reutilizarse en su estado actual, mientras que el 77.0% opina que no es viable. Este dato refleja una percepción negativa sobre las condiciones actuales del agua, lo que sugiere que, para llevar a cabo un proceso de reutilización efectivo, sería necesario implementar un tratamiento que mejore la calidad del agua.

A pesar de esta opinión general desfavorable, la Tabla 14 revela que el 59.9% de los encuestados considera que, después de un tratamiento adecuado, el agua de la laguna podría ser reutilizada para fines agrícolas. Esto indica que, si se desarrollara un plan efectivo de tratamiento, la reutilización del agua podría convertirse en una opción viable y beneficiosa para la agricultura local. Por lo tanto, el proceso de reutilización implicaría, en primer lugar, la implementación de un sistema de tratamiento que elimine las impurezas y contaminantes del agua, mejorando su calidad hasta hacerla apta para el riego agrícola, lo cual podría contribuir al bienestar de la comunidad y al aprovechamiento sostenible de este recurso.

El resultado es similar al de Obando (17) resalta la importancia de evaluar cuidadosamente los costos y beneficios de implementar sistemas de reciclaje de aguas grises, lo que es relevante para el contexto de la laguna San Camilo. Por otro lado, Huarachi (32), destacó la importancia de considerar el valor económico de los servicios ecosistémicos relacionados con el agua, lo que respalda la implementación de medidas

para mejorar la gestión del recurso hídrico en la laguna San Camilo. Además, Pari (29), resalta la importancia de desarrollar sistemas adecuados para separar y tratar las aguas residuales, lo que es relevante para el proceso empleado en la laguna San Camilo. La necesidad destacada por la investigación es valorar económicamente los servicios ecosistémicos relacionados con el agua, lo que es crucial para respaldar tales inversiones. Esto indica que reconocer el valor intrínseco de la laguna podría facilitar la obtención de fondos y la participación comunitaria en iniciativas de conservación. Finalmente, el establecer un marco normativo sólido y la participación de diversos actores sugiere que el éxito de las medidas de gestión del agua depende no solo de su viabilidad económica, sino también de un enfoque colaborativo y regulatorio que potencie la sostenibilidad de la Laguna San Camilo. En conjunto, estos resultados no solo validan las hipótesis planteadas, sino que también ofrecen un marco para la formulación de políticas efectivas que integren la economía y la ecología en la gestión del agua.

En la ley N° 29338, mediante el artículo 6 de bienes asociados al agua, en bienes artificiales, existe el saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización del recurso. Además, mediante el Artículo 79, vertimiento de agua residual, mediante la autorización de la Autoridad Nacional del vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, debe ser con previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Además, a través del artículo 82, la reutilización de agua residual es mediante la Autoridad Nacional, se autoriza el reúso del agua residual tratada, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional. El titular de una licencia de uso de agua para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia (1).

Sobre el segundo resultado específico, la viabilidad económica fue la adecuada para la reutilización de aguas de la laguna San Camilo Arequipa, 2024.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 18, el 41.8% de los encuestados expresaron su disposición a realizar una contribución económica para apoyar la reutilización del agua, mientras que el 58.2% no está dispuesto a hacerlo. Este dato es crucial, ya que refleja el interés de casi la mitad de la población en financiar parte de este proyecto.

Además, el monto promedio que los encuestados estarían dispuestos a pagar es de 89.82 unidades monetarias. Con esta información, se puede realizar un cálculo aproximado del financiamiento potencial que podría reunirse para el proyecto de reutilización de aguas. Este monto promedio, multiplicado por el número de personas dispuestas a contribuir, permitiría determinar si los fondos recaudados serían suficientes para cubrir los costos asociados al tratamiento y la reutilización del agua.

Este resultado se parece al de Torres (19), destaca la importancia de comprender y valorar los servicios ambientales proporcionados por ecosistemas acuáticos urbanos, lo que es relevante para evaluar la viabilidad económica de la reutilización del agua en la laguna San Camilo. Por otro lado, Rodas (31), resalta la importancia de evaluar los aspectos económicos, sociales y ambientales de la reutilización del agua, lo que es relevante para la laguna. Además, Bermúdez y Prada (18), subrayan la importancia de considerar el valor económico de los ecosistemas acuáticos para la conservación y gestión sostenible del agua, lo que es relevante para el contexto de la laguna. La interpretación de los resultados en relación con las hipótesis planteadas en la investigación es esencial para entender el impacto de los ecosistemas acuáticos urbanos en la sostenibilidad hídrica. En este sentido, el hallazgo de la investigación resalta la necesidad de valorar los servicios ambientales que estos ecosistemas proporcionan, lo cual es crucial para fortalecer la justificación económica para la reutilización del agua en la Laguna San Camilo. Además, se resalta la importancia de considerar aspectos económicos,

sociales y ambientales, respaldando la hipótesis de que una evaluación multidimensional es necesaria para determinar la viabilidad de proyectos de reutilización de agua, sugiriendo que la gestión del agua debe ser tanto técnica como socialmente consciente y ambientalmente responsable.

En la Ley N° 29338, mediante el artículo 6, bienes artificiales, respalda el saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización del recurso; en el artículo 50, características de la licencia de uso, se atribuye al titular la potestad de efectuar directamente o en coparticipación, las inversiones en tratamiento, transformación y reutilización para el uso otorgado del agua. Además, el artículo 84, régimen de incentivos, expresa que los titulares de derechos de uso de agua que inviertan en el mantenimiento y desarrollo de la cuenca hidrográfica pueden reducir las inversiones que efectúen para tales fines de los pagos por concepto de retribución económica o tarifas de agua, de acuerdo con los criterios y porcentaje que son fijados en el reglamento (1).

Sobre el tercer resultado específico, se concluyó que la valoración económica demostrará la eficiencia en la reutilización de aguas la laguna San Camilo y de los beneficios ambientales, Arequipa, 2024.

Según la Tabla 13, el principal beneficio ambiental señalado por los encuestados es la prevención de desbordes con un 31.0%, lo que destaca indica que la comunidad está muy consciente de los riesgos asociados a la acumulación y posible desbordamiento de aguas residuales en la laguna. La prevención de estos desbordes no solo mejora la calidad del entorno, sino que también reduce el riesgo de inundaciones y daños a la infraestructura circundante.

El segundo beneficio ambiental más destacado es la mejora de la calidad del agua, con un 29.2%, lo que resalta la importancia de tratar y reutilizar el agua de la laguna para restaurar su calidad y reducir la contaminación. A largo plazo, esto no solo beneficiaría el ecosistema local, sino también las actividades productivas que dependen del agua de la laguna, como la agricultura.

Además, el 21.1% de los encuestados resaltó el aumento de la biodiversidad como uno de los beneficios más importantes. Esto se alinea con la idea de que la mejora de la calidad del agua y la gestión sostenible del recurso hídrico pueden contribuir a la preservación y fortalecimiento de la biodiversidad en las áreas circundantes.

Por último, el 18.7% de los encuestados considera que la reutilización de las aguas beneficiaría la salud de la población, lo que refleja una preocupación directa por las implicancias sanitarias de la contaminación del agua de la laguna. La mejora de la calidad del agua, especialmente para su reutilización, podría reducir riesgos de enfermedades y mejorar las condiciones de vida de los habitantes locales.

Este estudio es similar al de Rosales (16), destaca la importancia de realizar evaluaciones económicas para determinar la viabilidad de proyectos de reutilización de aguas grises, siendo efectivo para evaluar la eficiencia económica de la reutilización del agua en la laguna. Por otro lado, Valentín (8), resalta la importancia de considerar los beneficios económicos derivados de la conservación de los ecosistemas acuáticos, lo que es fundamental para evaluar los beneficios ambientales de la laguna. Además, Da Silva y Pasold (20), resaltan la importancia de implementar políticas y prácticas que fomenten la reutilización del agua como un recurso estratégico para la sostenibilidad, siendo de importancia para la laguna. Este estudio destaca la importancia de realizar evaluaciones económicas para determinar la viabilidad de proyectos de reutilización de aguas grises, lo que resulta efectivo para evaluar la eficiencia económica de la reutilización del agua en la Laguna San Camilo. Además, el enfatizan la necesidad de implementar políticas y prácticas que fomenten la reutilización del agua como un recurso estratégico para la sostenibilidad, estos hallazgos se relacionan directamente con las hipótesis planteadas en la investigación, que sugieren que la valoración económica y la sostenibilidad hídrica son esenciales para la gestión efectiva de los recursos hídricos. La combinación de estos enfoques no solo valida las hipótesis, sino que también proporciona una base sólida

para la formulación de políticas que promuevan la reutilización del agua en beneficio del ecosistema y de la comunidad.

Según la ley N° 29338, mediante el artículo III, reconoce que el agua tiene valor económico y ambiental, y su uso debe basarse en una gestión integrada que equilibre estos valores. Considerando los beneficios económicos y ambientales de la reutilización del agua. Además, el artículo 3, principio de sostenibilidad, establece que el Estado debe promover y controlar el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos, previniendo la afectación de su calidad ambiental y las condiciones naturales de su entorno, y la reutilización del agua puede contribuir a la sostenibilidad al conservar recursos y reducir la contaminación (1).

CONCLUSIONES

Primero: Se halló que los beneficios económicos derivados de la reutilización de aguas y la valoración económica superan significativamente los costos asociados en la laguna San Camilo, Arequipa, para el año 2024. Los beneficios económicos se estimaron en S/ 3,699,189.83, mientras que los costos totales del proyecto se calcularon en S/ 3,606,943.26. Esta diferencia positiva entre los beneficios y los costos indica que la inversión en la mejora de la gestión del agua en la región es financieramente viable. Esta conclusión es esencial tanto para el lugar de estudio como para la ciencia económica y la gestión ambiental, ya que respalda la implementación de políticas y proyectos que promuevan la sostenibilidad económica y ambiental.

Segundo: Se determinó que el proceso empleado en la reutilización de las aguas de la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024 beneficia significativamente la calidad del agua y el medio ambiente. El análisis de los costos totales y los beneficios económicos y ambientales indica que el proceso es efectivo en la mejora de la gestión del agua en la región. Este hallazgo es significativo para el lugar de estudio, ya que proporciona una solución sostenible para la conservación de los recursos hídricos locales. Además, contribuye al avance de la ciencia al demostrar la eficacia de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales en entornos naturales.

Tercero: Se halló que la viabilidad económica para la reutilización de aguas de la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024 es adecuada. El análisis costo-beneficio muestra que los ingresos generados por la mejora en la calidad del agua superan los costos totales del proyecto. Esta conclusión es relevante para el lugar de estudio, ya que respalda la inversión en infraestructura de tratamiento de aguas y promueve la sostenibilidad financiera a largo plazo. Además, contribuye al campo de la economía al destacar la importancia de considerar los beneficios ambientales al evaluar proyectos de desarrollo.

Cuarto: Se determinó que la valoración económica demuestra la eficiencia en la reutilización de aguas de la laguna San Camilo en Arequipa para el año 2024. El análisis de la disposición de la población a pagar por los beneficios ambientales muestra un reconocimiento y valoración de la importancia de la gestión sostenible del agua en la comunidad. Esta conclusión es significativa para el lugar de estudio, ya que respalda la implementación de políticas y proyectos de conservación del agua. Además, contribuye al avance de la ciencia económica al proporcionar un enfoque práctico para evaluar los beneficios ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MINAM. *Ley de recursos hídricos*. s.l. : Ministerio del ambiente, 2024.
2. FAO. *Evaluación de la contribución de la FAO al Objetivo de Desarrollo Sostenible 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Roma : FAO, 2022. pág. 13.
3. MONTOJO, Nicolás. Reciclar agua como fórmula para acabar con el hambre en el mundo. *El Ágora*. El Ágora, 2019.
4. FAO. International Symposium on Agroecology at FAO . FAO. [En línea] 19 de Septiembre de 2014. [Citado el: 8 de Septiembre de 2023.] <https://www.fao.org/about/meetings/afns/es/>.
5. ONU. El valor del agua y su papel esencial en el apoyo al desarrollo sostenible. *Crónicas ONU*. ONU, 18 de Marzo de 2021.
6. DIARIO VIRAL. ¿Sabías que en Arequipa hay una laguna artificial generada en la Panamericana? *Diario Viral*. 10 de Julio de 2023.
7. ONU. El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático . *Noticias ONU: Mirada global historias humanas*. 2020.

8. VALENTIN, Henry. *Valoración económica del servicio ecosistémico hídrico de la laguna Chichurraquina, distrito de Santa Ana de Tusi, provincia Daniel Carrión, región Pasco 2019*. Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería, 2019. Tesis de grado.
9. RIVERA, Ludwig. *Valoración económica ambiental para el tratamiento de las aguas residuales en el río Ichu - Huancavelica*. Lima : Universidad ESAN, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, 2019. Tesis de grado.
10. CHINGAY, Evelin. *Valoración económica del impacto ambiental de los servicios ecosistémicos de la Laguna Patarcocha, aplicando el método de valoración contingente, Pasco, 2021*. Callao : Universidad Nacional del Calleo, Facultad de Ingeniería Ambiental y de recursos, 2021. Tesis de grado.
11. MINAM. *Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales*. Lima : MINAM, 2017. pág. 57.
12. *Viabilidad económica de la reutilización de aguas residuales: valoración económica de los beneficios ambientales*. MOLINOS, María, HERNÁNDEZ, Francesc y SAL, Ramón. 18, s.l. : Anales de ASEPUMA, 2010.
13. MINAM. *Manual de valoración económica del patrimonio natural*. Lima : Ministro del Ambiente, 2015. pág. 85.
14. CEPAL. *Método de Valoración Contingente*. Unión Europea : CEPAL, 2017.
15. ORTIZ, María. *Estudio de la viabilidad y beneficio económico sobre la instalación de un sistema de recirculación de aguas grises y aguas lluvias*. Bogotá : Universidad de Los Andes, 2018.
16. ROSALES, Constanza. *Evaluación económica de la aplicación de un sistema de reutilización de aguas grises caso aplicado a Pan de Azúcar*. Santiago : Universidad Técnica Federico Santa María, 2018.
17. OBANDO, Xochilt. *Valoración financiera implementación de sistema de reciclaje de aguas grises en Grupo Monge S.A. en el periodo 2020-2025*. Managua : Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2019.
18. BERMÚDEZ, Juan y PRADA, José. *Valoración económica ambiental de la Laguna de Tota un componente para la conservación de la cuenta hídrica y*

evaluar la importancia del bien ambiental en caso de una amenaza de deterioro.
Bogotá : Universidad de La Salle, 2021.

19. TORRES, Rafaela. *Valor social, económico y ambiental de las lagunas interdunarias de la ciudad de Veracruz, México.* Veracruz : Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, 2022.

20. *La reutilización del agua en el ámbito de la economía circular y sostenibilidad.*
DA SILVA, María y PASOLD, César. 2, 2019, Revista Chilena de Derecho y Ciencia Política, Vol. 10, págs. 155-172.

21. *Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal.*
MELÉNDEZ, Julisse, y otros. 1, 2019, Revista UIS Ingeniería, Vol. 18, págs. 223-236.

22. *Economic valuation of Blue Lagoon Tourism Village Widodomartani Sleman.*
NURRACHMAN, Kikri y HARINI, Rika. 2020, E3S Web of Conferences, Vol. 200, págs. 1-6.

23. *The valuation of ecosystem services in the Venice lagoon: a multicriteria approach.* D'ALPAOS, Chiara y D'ALPAOS, Andrea. 17, 2021, Sustainability, Vol. 13, págs. 1-15.

24. *Valoración económica ambiental con fines turísticos del Área de Conservación Municipal “Asociación Hídrica Aguajal Renacal Alto Mayo.*
REQUEJO, Maritza, y otros. 4, 2021, Revista Económica e Sociología Rural, Vol. 59, págs. 1-20.

25. *Environmental Benefits and Economical Sustainability of Urban Wastewater Reuse for Irrigation—A Cost-Benefit Analysis of an Existing Reuse Project in Puglia, Italy.* ARENA, Claudio, GENCO, Mario y MAZZOLA, Mario. 10, 2022, Water, Vol. 12, págs. 1-17.

26. *Reutilización de aguas en España y el Perú: avances y desafíos.* PAUCAR, Flor y REAL, Gabriel. 4, 2022, Sostenibilidad Económica, Social y Ambiental, págs. 75-100.

27. *The Potential of Wastewater Reuse and the Role of Economic Valuation in the Pursuit of Sustainability: The Case of the Canal de Isabel II*. DEL VILLAR, Alberto y GARCÍA, Marcos. 1, 2023, Sustainability, Vol. 15, págs. 1-21.
28. *Valoración económica ambiental de la Bahía Interior de Puno mediante experimentos de elección*. TUDELA, Juan, y otros. 2, 2023, Revista de Investigaciones Altoandinas, Vol. 25, págs. 99-108.
29. PARI, Pedro. *Reutilización de aguas grises domesticas ante la insuficiencia de agua potable en edificios multifamiliares – Lima*. Lima : Universidad Peruana Los Andes, 2018.
30. VALENTÍN, Henry. *Valoración económica del servicio ecosistémico hídrico de la laguna Chichurraquina, distrito de Santa Ana de Tusi, provincia Daniel Carrión, región Pasco 2019*. Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019.
31. RODAS, Justo. *Impacto de la reutilización del agua gris en la sostenibilidad del agua potable de la ciudad de Huancayo, 2017*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019.
32. HUARACHI, Zaida. *Valoración económica del agua y los beneficios del proyecto sistema integral lagunillas en el distrito de Mañazo 2018*. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2019.
33. QUISPE, Marco. *Valoración económica del servicio de ecoturismo en los humedales de Pisco, a partir del método de valoración contingente*. Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2020.
34. *Estudio de viabilidad económica para el tratamiento de aguas residuales a través de un análisis coste beneficio*. HERNÁNDEZ Sancho, Francesc, MOLINOS Senante, María y SALA Garrido, Ramón. Valencia : s.n., 2010, Departamento de Estructura Económica , Vol. 11, págs. 1-25. 1575-605.
35. *Metodología para el análisis técnico-económico de los sistemas de regeneración y reutilización de las aguas residuales*. AMÓRTEGUI, Luis y ALFRANCA, Oscar. 2, Cataluña : Scielo, 2014, Vol. 5. 2007-2422.
36. *Viabilidad económica, social y financiera de proyectos urbanos frente al desarrollo territorial*. SEGURA, Juan. 2, 2015, Vol. 13.

37. MELGAREJO, Joaquín. *Efectos ambientales económicos de a reutilización del agua en España*. Alicante : Universidad de Alicante, 2009. pág. 26. 245 - 270.
38. BELZONA. *Tratamiento de Aguas Residuales*. s.l. : Alejandra Troconis, 2010. pág. 50.
39. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. *Reutilización de las aguas residuales*. s.l. : IGME, 2013. Manual informativo.
40. *Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España*. MELGAREJO, Joaquín. s.l. : CLM Economía, 2009.
41. COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA. *Análisis de Viabilidad Económica y Financiera*. s.l. : Sistema Integral Hídrico San Quintín, 2013. Manual informativo.
42. WINPENNY, James, HEINZ, Ingo y KOO-OSHIMA, Sasha. *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* Roma : Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013.
43. *Metodología para el análisis técnico-económico de los sistemas de regeneración y reutilización de las aguas residuales*. SEGUÍ, Luis, ALFRANCA, Oscar y MOELLER, Gabriela. 2, s.l. : Tecnología y Ciencias del Agua, 2014, Vol. 5.
44. UNESCO. *Aguas residuales El recurso desaprovechado*. s.l. : UNESCO, 2017.
45. *Valoración económica de los servicios ecosistémicos de recreación de la laguna de Chacas -Juliaca*. NÚÑEZ, José y CUTIPA, Karen. 2, s.l. : Revista de Investigación Universitaria, 2021, Vol. 11, págs. 558 –570.
46. *Economic valuation of coastal lagoon environmental restoration: Mar Menor (SE Spain)*. PERNI, A., MARTÍNEZ, F. y MARTÍNEZ, J.M. 2, s.l. : Ciencias Marinas, 2011, Vol. 37.
47. *Valoración económica de costos ambientales: marco conceptual y métodos de estimación*. OSORIO, Juan David y CORREA, Francisco. 13, Medellín : Universidad de Medellín, 2004, Vol. 7. 0120-6346.

48. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Guía de la aplicación de la valoración económica ambiental*. s.l. : Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles, 2013. págs. 8-40.
49. *Valoración económica ambiental: el problema del costo social*. RAFFO, Eduardo. 1, Lima : Industrial Data, 2015, Vol. 18.
50. *Valoración económica y disponibilidad a pagar por el agua en comunidades rurales*. RAMÍREZ, Adán, y otros. 1, s.l. : Económicas CUC, 2022, Vol. 44.
51. INECC. *Revisión y análisis de documentos sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos de México de 1990 a 2019*. Ciudad de México : Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2020. Manual informativo.
52. MURILLO, Luis Gilberto y GUEVARA, Willer. *Guía de aplicación de la valoración económica ambiental*. Bogotá : Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles, 2016.
53. SOTO, Raquel y MEDRANO, Emilio. *Guía de Valoración Económica de Impactos Ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental*. Lima : s.n., 2022.
54. OSORIO, Juan David y CORREA, Francisco Javier. *Un análisis de la aplicación empírica del método de valoración contingente*. Medellín : Universidad de Medellín, 2009. págs. 11-30. Vol. 12. 0120-6346.
55. FRANCKE, Samuel. *La economía ambiental y su aplicación a la gestión de cuencas hidrográficas*. Santiago de Chile : Ministerio de Agricultura-Environmental Resources Management (ERM)-Department for International Development, 1997.
56. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. *Guía metodológica para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales*. Colombia : FAO, 2003.
57. RIERA, Pere. *manual de valoración contingente*. Brasil : Instituto de Estudios Fiscales, 1994.

58. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación*. Sexta. México : Mc Graw Hill Education, 2014. pág. 634. 978-1-4562-2396-0.
59. TACILLO, Elvis. *Metodología de la investigación científica*. Lima : Universidad Jaime Bautista y Meza, 2016.
60. ESPINOZA, Ciro. *Metodología de investigación tecnológica*. Huancayo : Imagen gráfica SAC, 2010.
61. BERNAL, César Augusto. *Metodología de la Investigación*. 3ra edición. Bogotá : Pearson Educación de Colombia Ltda., 2010. pág. 322.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Problema General: ¿Cuál es la viabilidad económica de la reutilización del agua de la Laguna San Camilo para riego agrícola en Arequipa? Problemas Específicos: ¿Qué procesos son necesarios para la reutilización efectiva de las aguas de la Laguna San Camilo, considerando su impacto	Objetivo General: Determinar la viabilidad económica de la reutilización del agua de la Laguna San Camilo para riego agrícola en Arequipa. Objetivos Específicos: Explicar el proceso de reutilizar las aguas	Hipótesis General: La reutilización del agua de la Laguna San Camilo para riego agrícola generará beneficios ambientales en Arequipa. Hipótesis Específicas: El proceso empleado contribuye de manera significativa la reutilización de las aguas de la laguna San Camilo en Arequipa.	Variable La viabilidad económica de la reutilización de aguas. La valoración económica de los beneficios ambientales.	Tipo de Investigación: Básica Nivel de Investigación: Descriptivo - explicativo Método General: Método científico Diseño:	Población y Muestra: La laguna San Camilo - Arequipa.	Técnicas: Observación, encuesta. Instrumentos: Ficha de recolección de datos, cuestionario.

en la viabilidad económica? • ¿Cuál es la factibilidad económica de implementar la reutilización de aguas de la Laguna San Camilo, en términos de costos y beneficios? • ¿Cuál es el valor económico de los beneficios ambientales que resultan de la reutilización de las aguas de la Laguna San Camilo?	de la laguna San Camilo. • Estimar es la viabilidad económica de la reutilización de aguas de la laguna San Camilo. • Realizar la valoración económica de la laguna San Camilo y de los beneficios ambientales.	• La viabilidad económica es adecuada para la reutilización de aguas de la laguna San Camilo en Arequipa. • La valoración económica demostrará la eficiencia en la reutilización de las aguas y los beneficios ambientales que generará la Laguna San Camilo en Arequipa.		No experimental, transversal.		
---	---	--	--	--------------------------------------	--	--

Anexo2: Matriz de Operación de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Viabilidad económica de la reutilización de aguas	Consiste en definir si el proyecto es viable, desde el punto de vista económico, si, con los recursos que somos capaces de conseguir, es capaz de generar beneficios y tener una rentabilidad suficiente que compense los	En el caso de proyectos que buscan reutilizar agua tratada en vez de desecharla, se realiza un análisis de viabilidad económica para determinar si los beneficios económicos de la reutilización (como ahorros en costos de tratamiento de agua y	Pretratamiento	Retención de solidos	No aplica
			Tratamiento primario	Tanques sépticos con zanjas de infiltración	
				Tanques Imhoff	
			Tratamiento secundario	Filtro percolador	
				Humedales artificiales	
				Lodos activados de aireación extendida.	
				Lagunas de estabilización	
				Lagunas aireadas	
				Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA)	
				Experiencias del RAFA + Postratamiento	
			Tratamiento terciario	Recarga de acuíferos	
				Recarga industrial	

	riesgos en los que se va a incurrir (11).	suministro de agua potable) superan los costos de implementación y operación (12).			
Valoración económica de beneficios ambientales	Asigna valores cuantitativos referidos a los beneficios ambientales de los recursos naturales (13).	Está conformado por la metodología de valoración contingente (14).	Aspectos socioeconómicos	Edad	1
				Sexo	2
				Nivel de educación	3
				Actividad principal	4
				Nivel de ingresos	5
			Beneficios ambientales	Estado de la laguna	6, 7, 8, 9
				Usos de la laguna	10
				Beneficios ambientales	11, 12, 13, 14
			Disposición a pagar	Disposición a pagar	15, 16, 17, 18

Anexo 3: Instrumento de investigación

 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERÍA AMBIENTAL												
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS												
PROYECTO:		VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS Y VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA LAGUNA SAN CAMILO AREQUIPA, 2023										
INVESTIGADOR:												
VIABILIDAD ECONÓMICA												
Pretratamiento	Tratamiento primario		Tratamiento secundario							Tratamiento terciario		Observación
Retención de sólidos	Tanques sépticos con zanjas de infiltración	Tanques Imhoff	Filtro percolador	Humedales artificiales	Lodos activados de aireación extendida.	Lagunas de estabilización	Lagunas aireadas	Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA)	Experiencias del RAFA + Postratamiento	Recarga de acuíferos	Recarga industrial	
SI ()	SI ()	SST (%)	DBO (%)	M.O.	Proporción de alimentos: microorganismos	Anaerobias ()	Oxidación biológica de las aguas residuales	DQO (%)	Volumen de reactor	Permeabilidad	SI ()	
NO ()	NO ()			SI () NO ()	SI () NO ()					SI ()	NO ()	
Densidad (kg/m3)	DQO (%)	DBO (%)	DQO (%)	Nutrientes	Tiempo de residencia celular	Facultativas ()		DQO (%)	Área de reactor ()	NO ()	Oxígeno (%)	
			Coliformes totales y fecales	SI () NO ()				SI ()	SST % ()	Flujo másico ()	Grietas	
			SI () NO ()	SST % ()	Flujo de lodos activados de retorno ()	Aerobias ()	NO ()	Carga orgánica volumétrica ()	Carga hidráulica ()	SI () NO ()		

Anexo 4: Instrumento

CUESTIONARIO DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA LAGUNA

Buenos días, marque con un aspa (X) según considere conveniente.

N°	Items
ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	
1	Edad:
	a) menos de 18 años b) 18 - 29 años c) 30 - 39 años d) 40 - 49 años e) Más de 50 años
2	Sexo:
	a) Masculino B) Femenino
3	Nivel de educación:
	a) Sin educación b) Primaria c) Secundaria d) Técnico e) Superior universitario
4	Actividad principal: ¿Cuál es su principal actividad?
	a) Agricultura b) Turismo c) Minería d) Otras
5	Nivel de ingresos: ¿Cuál es su nivel de ingreso familiar al mes?
	a) Menos de 1025 soles b) 1025 - 1500 c) 1501 - 2000 d) 2001 - 2500 e) Más de 2501
BENEFICIOS AMBIENTALES	
6	En su opinión, ¿Cuál es el estado actual de la Laguna San Camilo?
	a) Agua limpia b) Poco limpia c) Contaminada d) Muy contaminada
7	Usted, ¿qué cambios ha notado en los últimos años en la laguna?
	a) Ningún cambio b) Creció y se desbordó c) Está mas contaminada d) Cambios en la coloración del agua e) Otros:
8	Usted, ¿qué riesgos considera que puede ocasionar el crecimiento de la laguna?
	a) Desbordes b) Dañar la infraestructura vial y la carretera c) Reducción de la calidad visual y estética del entorno d) Afectar las actividades económicas e) Perjudicar la movilidad de la población
9	Para Usted, ¿cuál es el principal problema que tiene la laguna?
	a) Es inaccesible b) Inseguridad c) Falta de limpieza y mantenimiento d) Riesgo de desbordes e) Otros:
10	¿Qué uso sería el más beneficioso que se le puede dar a la laguna?
	a) Riego agrícola b) Recreación c) Atracción turística d) Ninguno e) Otros:
11	Considerando las características actuales de la laguna, ¿considera que reutilizar el agua de la laguna para la agricultura contribuiría al bienestar de la comunidad y del entorno?
	a) Si b) No
12	¿Cuál es el principal beneficio ambiental que la laguna aportaría en la comunidad?
	a) Reutilización de aguas para la agricultura b) Prevención de desbordes c) Reducción de erosión del suelo d) Reducción de contaminación e) Mejorar la calidad paisajística f) Otros
13	¿Considera que después de un proceso de tratamiento el agua de esta laguna se podría reutilizar para la agricultura local?
	a) Si b) No
14	Considera que, ¿la presencia de la laguna ha impactado positivamente en el entorno?
	a) Si b) No
DISPOSICIÓN A PAGAR	
15	Para Usted, ¿es importante la existencia de esta laguna para ser utilizada en la agricultura?
	a) No es importante b) Poco importante c) Neutral d) Importante e) Muy importante
16	Para Usted, ¿cuál es la solución más adecuada para abordar los problemas identificados de la laguna?
	a) Construir una vía alterna b) Captar aguas de riego para la agricultura c) Elevar la altura de la carretera d) Otras:
17	¿Estaría dispuesto(a) a contribuir económicamente para reutilizar el agua de la laguna en la agricultura?
	a) Si B) No
18	¿Cuánto estaría dispuesto(a) a pagar?

Anexo 5: Ubicación de la laguna San Camilo



Anexo 6: Panel Fotográfico

Foto 1. Visita a la laguna San Camilo para toma de muestra de agua



Foto 2. Coordenadas de la toma de muestra en P-2

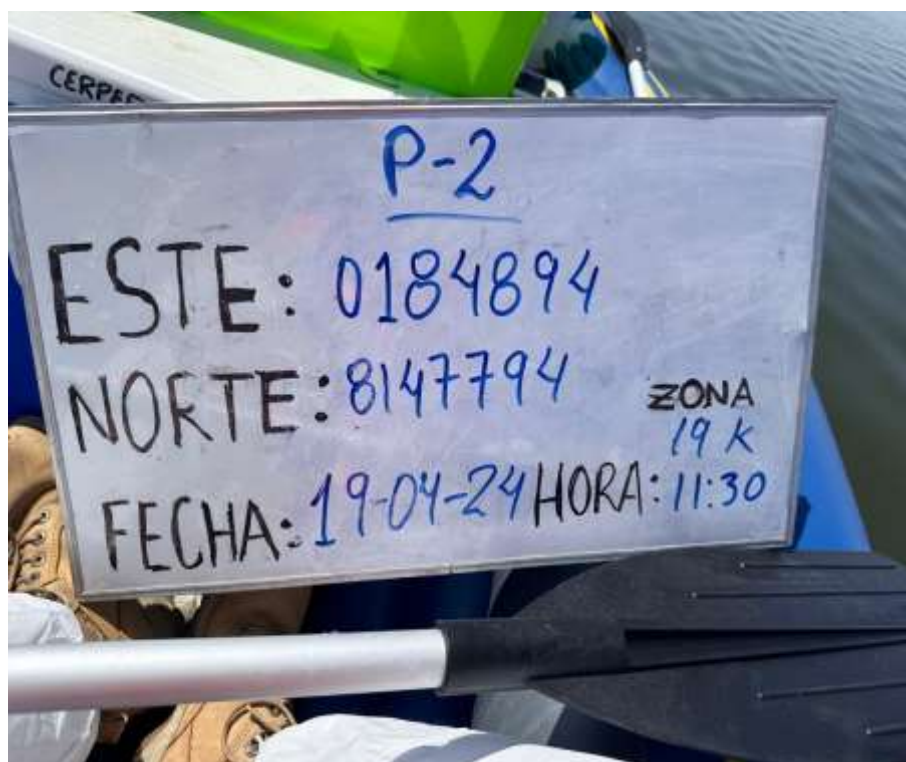


Foto 3. Toma de muestra de agua



Foto 4. Muestras de agua

