

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

Departamento de Ingeniería Comercial

Departamento de Obras Civiles

**PLAN DE RESILIENCIA DE SISTEMAS
PRODUCTIVOS DE AGUA POTABLE EN LAS
LOCALIDADES DE LA TIRANA E ILOCA**

Emilio Enrique Astete Márquez

MAGISTER EN GESTION DEL AGUA

septiembre 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA
MWM MASTER OF WATER MANAGEMENT

Departamento de Ingeniería Comercial

Departamento de Obras Civiles

PLAN DE RESILIENCIA DE SISTEMAS PRODUCTIVOS DE AGUA POTABLE EN LAS LOCALIDADES DE LA TIRANA E ILOCA

Tesis de magister presentada por

Emilio Enrique Astete Márquez

Como requisito para optar al Grado de

MAGISTER EN GESTION DEL AGUA

Director de Tesis:

Dr. Patricio Rubio Romero

Septiembre 2024

TITULO DE TESIS:

“Plan de resiliencia de sistemas productivos de agua potable en las localidades de la tirana e Iloca”

AUTOR:

EMILIO ENRIQUE ASTETE MÁRQUEZ

TRABAJO DE TESIS, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de MAGISTER EN GESTION DEL AGUA de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones:

Dr. Patricio Rubio Romero

Director de Tesis

Mg. Marcelo Bravo Fortune

Correferente Interno

Mg. Juan Agustín Carrasco Muñoz

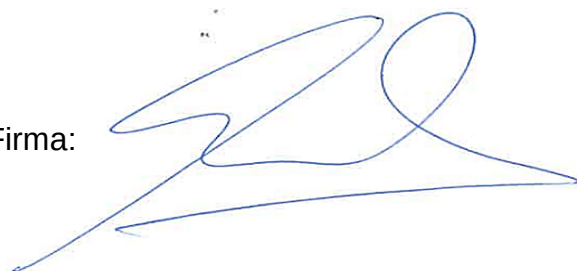
Correferente Externo

Santiago, septiembre 2024

Todo el contenido, análisis, conclusiones
y opiniones vertidas en este estudio son
de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: Emilio Enrique Astete Márquez

Firma:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'E' followed by a large loop and a long horizontal stroke.

Fecha: Santiago, septiembre de 2024

AGRADECIMIENTOS

A mi editora en jefe, asesora permanente y, por, sobre todo, compañera de vida, Francisca Veas Bravo, por tu infinita paciencia, inagotable apoyo e incommensurable amor. Esto es tan mío como tuyo, porque no habría sido posible sin ti y sin mi asistente personal y acompañante ineluctable en las largas noches de estudio, la pequeña Sami que completa nuestra hermosa familia.

A mis padres, quienes desde que tengo uso de razón cultivaron mi inagotable curiosidad y me dieron los espacios para llegar a ser quien soy, “si he visto lejos, es porque estoy sentado sobre los hombros de gigantes” y hoy estoy, como decía el abuelo, un peldaño más arriba.

A ECONSSA Chile S.A., empresa que ha sido mi hogar desde hace 6 años, gracias a quienes descubrí una vocación por el agua que desconocía en mí y que no dudaron un segundo en apoyarme en esta aventura.

RESUMEN EJECUTIVO

El acceso a agua potable y al saneamiento adecuado es un derecho humano fundamental y un pilar esencial para el desarrollo sostenible de cualquier sociedad. En ese contexto, una eficiente gestión de los recursos hídricos es una prioridad y parte clave de esto es la gestión del riesgo, especialmente en localidades que enfrentan desafíos significativos debido a factores climáticos, demográficos y de infraestructura.

La metodología se estructura en varias fases, comenzando con una revisión bibliográfica y web para identificar estudios y propuestas existentes sobre análisis de riesgos en sistemas productivos de agua potable. Se sistematiza la información en fichas bibliográficas y se complementa con entrevistas a expertos en la materia. Posteriormente, se identifican y caracterizan las infraestructuras críticas de las localidades seleccionadas. La metodología incluye la evaluación de riesgos específicos y la formulación de propuestas de mitigación, adaptadas a las realidades de cada localidad.

El análisis se centra en dos localidades con características distintas: La Tirana e Iloca. Se realiza un estudio detallado de la infraestructura de agua potable y alcantarillado, así como de los riesgos específicos que enfrenta cada localidad. Se identifican las vulnerabilidades y se evalúa la capacidad de respuesta ante situaciones de crisis. Este análisis permite comprender las dinámicas locales y las interacciones entre la infraestructura y las comunidades, lo que es crucial para el desarrollo de un modelo de gestión de riesgos efectivo.

Las conclusiones del estudio subrayan la necesidad urgente de implementar un sistema de gestión de riesgos en los sistemas productivos de agua potable de las concesiones bajo la administración de ECONSSA Chile S.A. Se concluye que la falta de un sistema estructurado ha llevado a reacciones tardías ante situaciones que afectan la continuidad del servicio. Las recomendaciones incluyen:

1. **Desarrollo de un Modelo de Gestión de Riesgos:** Implementar un modelo que permita identificar, evaluar y mitigar riesgos específicos en cada localidad.
2. **Capacitación y Concienciación:** Fomentar la capacitación del personal y la concienciación de las comunidades sobre la importancia de la gestión del agua y la resiliencia ante desastres.
3. **Inversión en Infraestructura:** Priorizar la modernización y mantenimiento de la infraestructura crítica para asegurar la calidad y continuidad del suministro de agua potable.
4. **Colaboración Interinstitucional:** Promover la colaboración entre ECONSSA, autoridades locales y comunidades para fortalecer la gestión del agua y la respuesta ante emergencias.

ABSTRACT

Access to potable water and adequate sanitation is a fundamental human right and an essential pillar for the sustainable development of any society. In this context, efficient management of water resources is a priority, and a key part of this is risk management, especially in places facing significant challenges due to climatic, demographic, and infrastructure factors.

The methodology is structured in several phases, starting with a bibliographic and web review to identify existing studies and proposals on risk analysis in potable water production systems. The information is systematized in bibliographic records and complemented with interviews with experts in the field. Subsequently, the critical infrastructures of the selected localities are identified and characterized. The methodology includes the evaluation of specific risks and the formulation of mitigation proposals, adapted to the realities of each place.

The analysis focuses on two cities with different characteristics: La Tirana and Iloca. A detailed study of the potable water and sewerage infrastructure is carried out, as well as the specific risks faced by each place. Vulnerabilities are identified, and the response capacity to crisis situations is evaluated. This analysis allows understanding the local dynamics and the interactions between the infrastructure and the communities, which is crucial for the development of an effective risk management model.

The study's conclusions underline the urgent need to implement a risk management system in the potable water production systems of the concessions under the administration of ECONSSA Chile S.A. It is concluded that the lack of a structured system has led to delayed reactions to situations affecting service continuity. The recommendations include:

1. **Development of a Risk Management Model:** Implement a model that allows identifying, evaluating, and mitigating specific risks in each locality.

2. **Training and Awareness:** Promote staff training and community awareness about the importance of water management and disaster resilience.
3. **Investment in Infrastructure:** Prioritize the modernization and maintenance of critical infrastructure to ensure the quality and continuity of potable water supply.
4. **Interinstitutional Collaboration:** Promote collaboration between ECONSSA, local authorities, and communities to strengthen water management and emergency response

INDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCION	14
CAPÍTULO II ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCES DEL ESTUDIO	16
2.1. ORIGEN Y PROPÓSITO.....	16
2.2. LÍMITES DEL ESTUDIO.....	21
2.3. ALCANCE CIENTÍFICO DEL ESTUDIO.....	24
CAPÍTULO III OBJETIVOS.....	26
3.1. OBJETIVO GENERAL	26
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
CAPÍTULO IV ESTADO DEL ARTE.....	29
4.1. ANTECEDENTES Y REVIEW BIBLIOGRÁFICO	29
4.2. SISTEMATIZACIÓN DE PALABRAS CLAVE/CONCEPTOS (EXCEL) ...	37
4.3. SITUACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	51
4.4. SUJETO DE ESTUDIO: SPAP DE LA TIRANA E ILOCA.	57
4.5. MARCO TEÓRICO.....	71
CAPÍTULO V PROPUESTA METODOLÓGICA.....	75
5.1. DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y ESTIMACIÓN DE LAS FASES	75
5.2. PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	80
CAPÍTULO VI APLICACIÓN METODOLÓGICA.....	81
6.1. FASE 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y WEB.....	81
6.2. FASE 2: CARACTERIZACIÓN DEL SUJETO	82
6.3. FASE 3: MARCO TEÓRICO.....	83
6.4. FASE 4: PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO	84
6.5. FASE 5: METODOLOGÍA ESPECÍFICA	85
6.6. FASE 6: MATRIZ DE RIESGOS	98
CAPÍTULO VII RESULTADOS	100
7.1. LA TIRANA	100

7.2. ILOCA	102
CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES.....	105
CAPÍTULO IX RECOMENDACIONES APLICADAS/PROFESIONALES	107
CAPÍTULO X BIBLIOGRAFÍA.....	110
CAPÍTULO XI WEBGRAFÍA.....	114
CAPÍTULO XII GLOSARIO Y ACRÓNIMOS	115
CAPÍTULO XIII ANEXOS.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Validación SMART	20
Tabla 2 Review bibliográfico.....	29
Tabla 3 Palabras clave	37
Tabla 4 Niveles de Atención Servicio de Agua Potable Situación Actual (Año 2018)	61
Tabla 5 Niveles de Atención Servicio de Agua Potable Situación Futura (Año 2022)	62
Tabla 6 Captaciones La Tirana	63
Tabla 7 Proyección de Caudales de Agua Potable La Tirana	66
Tabla 8 Proyección de Demanda de Agua Potable Dentro del Territorio Operacional Iloca.....	71
Tabla 9 Niveles de impacto del riesgo.....	96
Tabla 10 Riesgos Captación La Tirana	97
Tabla 11 Riesgos Planta Osmosis Inversa La Tirana.....	97
Tabla 12 Riesgos Planta Tratamiento Agua Potable La Tirana.....	97
Tabla 13 Riesgos Captación abierta Iloca	98
Tabla 14 Riesgos Drenes Iloca	98
Tabla 15 Riesgos Planta Osmosis Inversa Iloca	98
Tabla 16 Riesgos Planta Tratamiento Agua Potable Iloca	98
Tabla 17 Matriz de Riesgos SPAP La Tirana	99
Tabla 18 Matriz de Riesgos SPAP Iloca.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación localidad de La Tirana	22
Figura 2: Ubicación Iloca.....	24
Figura 3: Pampa del Tamarugal	59
Figura 4: Territorio Operacional La Tirana.....	61
Figura 5: Sondaje La Tirana	63
Figura 6: Planta de tratamiento de agua potable La Tirana	64
Figura 7: Planta de Osmosis inversa La Tirana.....	65
Figura 8: Captación abierta Iloca.....	68
Figura 9: Drenes Punteras Rancura, Iloca	68
Figura 10: Planta de Tratamiento de Agua Potable Iloca	69
Figura 11: Territorio Operacional de Iloca.	70
Figura 12: Esquema Marco Teórico	74
Figura 13: Cronograma de la investigación	80
Figura 14: Esquema de amenazas identificadas.....	82

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

El acceso a agua potable y al saneamiento adecuado es un derecho humano fundamental y un pilar esencial para el desarrollo sostenible de cualquier sociedad. En ese contexto, una eficiente gestión de los recursos hídricos es una prioridad y parte clave de esto es la gestión del riego, especialmente en localidades que enfrentan desafíos significativos debido a factores climáticos, demográficos y de infraestructura.

La investigación se estructura en torno a un análisis exhaustivo de los sistemas productivos de agua potable, identificando las amenazas y vulnerabilidades que pueden afectar la continuidad del servicio. A través de un enfoque metodológico riguroso, se busca no solo evaluar el estado actual de la infraestructura, sino también proponer un sistema de gestión de riesgos que permita anticipar y mitigar posibles interrupciones en el suministro de agua. Este sistema se fundamenta en la recopilación de información a partir de revisiones bibliográficas, entrevistas con expertos y la evaluación de experiencias internacionales en la gestión del agua.

El documento se divide en varias secciones que abordan desde la revisión del estado del arte hasta la formulación de un marco teórico que sustente la investigación. Se presentan fases específicas que incluyen la identificación de la infraestructura crítica y la planificación de las etapas de implementación. Además, se considera la importancia de las políticas públicas en la gestión del agua, destacando la reciente emisión de la Guía Metodológica por parte de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), que proporciona herramientas para evaluar el impacto de las interrupciones en los servicios de agua potable y saneamiento.

A medida que se avanza en la investigación, se pone especial énfasis en la necesidad de un enfoque integral que contemple no solo la gestión de riesgos, sino también la promoción de la resiliencia en las comunidades afectadas. La

identificación de amenazas naturales, antrópicas y mixtas, así como la caracterización de los componentes de los sistemas de agua potable, son elementos clave para desarrollar estrategias efectivas que aseguren la continuidad operativa y la calidad del servicio.

CAPÍTULO II

ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCES DEL ESTUDIO

Como parte de la planificación estratégica de ECONSSA Chile S.A. se definió una función objetivo para el 2026, esto es: “Asegurar el abastecimiento de agua potable y saneamiento de aguas servidas mediante el control del cumplimiento de los contratos de transferencia de derechos de explotación de concesiones sanitarias (CTDECS)”. Por otra parte, producto del evento de interrupción acontecido en Antofagasta que dejó a la ciudad sin suministro por 5 días, junto al constante surgimiento de nuevos problemas y conflictos asociados a las fuentes productivas en distintas zonas del país vinculadas a ECONSSA Chile S.A. quedó en evidencia la necesidad de tener un sistema de gestión de riesgos específicos para los sistemas productivos.

2.1. ORIGEN Y PROPÓSITO

El propósito de esta investigación es proponer medidas de mitigación, adaptación y resiliencia para mejorar la gestión de los riesgos asociados a la producción y la calidad del servicio de agua potable en dos localidades con problemas y características muy distintas.

En la actualidad no existe en ECONSSA Chile S.A., para los sistemas productivos de agua potable (SPAP) en las regiones donde operan los Contratos de Transferencia de Derechos de Explotación de Concesiones Sanitarias (CTDECS), un sistema de gestión que permita identificar, evaluar y proponer medidas para mitigar los riesgos específicos a cada fuente productiva en las localidades. Esto resulta en una tardía reacción por parte de la empresa frente a situaciones que afectan la continuidad de los servicios sanitarios en estos lugares.

Si bien el alcance de influencia y acciones que puede tomar la compañía frente a estos eventos es limitado. La realidad global y a nivel país respecto de la escasez hídrica, además de la exposición a desastres naturales, sumado a la proximidad del término de los contratos CTDECS y la planificación estratégica definida por

ECONSSA Chile S.A. de cara a este último tercio de duración de los mismos, hacen imperativo para la empresa poder estar preparados y más involucrados en las acciones requeridas a nuestros operadores.

Desde mi llegada a ECONSSA Chile S.A. siempre he estado principalmente involucrado en dos áreas del negocio, la gestión de proyectos de ampliación en el contrato BOT con la empresa Sacyr Aguas Norte en la disposición final de aguas servidas de Antofagasta y el control y monitoreo del estado de la infraestructura entregada en comodato a los operadores de los sistemas sanitarios en 9 regiones del país por medio de los contratos CTDECS.

Hoy por hoy el equipo y en general la empresa se encuentran en una etapa de expansión y preparación para el término de los contratos antes mencionados, es por lo mismo que, en búsqueda de un mayor protagonismo, nuevas áreas de desarrollo y sacar partido de los nuevos conocimientos adquiridos en este magister, quiero involucrarme más en la resiliencia de las fuentes productivas y aportar desde las nuevas aristas que se están generando dentro de la misma compañía.

El objetivo resulta realista ya que, en primer lugar, es parte de la planificación estratégica de la compañía a nivel de idea, además, en la actualidad existen antecedentes repartidos en distintos documentos y requerimientos a las sanitarias que, con un trabajo de recopilación, sistematización y selección podrían servir de insumo para el desarrollo de este sistema y su calibración en algunas localidades específicas y, fuera del alcance de este estudio, diseñar e implementar un modelo que sea aplicable a todas las localidades bajo las concesiones sanitarias de la compañía.

El desarrollo de un sistema de análisis y gestión de riesgos en infraestructura productiva de agua potable en empresas sanitarias vinculadas a ECONSSA Chile S.A. por medio de contratos CTDECS representa un importante paso hacia la gestión inteligente de los recursos y la inversión futura, esto ya que permitiría, de manera más eficiente, planificar y dirigir los esfuerzos e inversión en la continuidad

y calidad de la producción de agua potable dándole prioridad a aquellos proyectos que busquen entregarle mayor seguridad a la infraestructura y que mitiguen los riesgos que tengan el mayor impacto en ellas.

Por otra parte, al incorporar los factores climáticos dentro del análisis, se logra obtener un modelo más actualizado que considere el cambio climático y la eficiencia en la gestión del agua.

En específico, los principales módulos a aplicar serán:

- Gestión y planificación de recursos hídricos (MWM 100)
- Riesgo y conflictos en la gestión de los recursos (MWM 140)
- Gobernanza y economía del agua (MWM 500)
- Gestión de clientes (MWM 540)
- Eficiencia hídrica (MWM 130)
- Gestión de la Captación y Tratamientos del agua (MWM 120)
- Planificación y Dirección Estratégica (MWM 510)

Hoy por hoy ECONSSA Chile S.A. y en consecuencia, el estado de Chile, no tienen las herramientas para tomar decisiones sobre la inversión de las empresas concesionarias, las que, además tienen limitada su inversión a lo que, por aumento de tarifa, autorice la Super Intendencia de Servicios Sanitarios (SISS) quien, por mandato debe siempre optar por aquellas soluciones que, en lo inmediato, resulten en el menor impacto monetario al usuario final, es así que las empresas privadas invierten sólo en mantener o expandir su capacidad productiva, mas no en hacerla más eficiente o segura a menos que deban hacerlo.

Con este instrumento, ECONSSA Chile S.A. podría, por medio de figuras similares a las ocupadas en la construcción de la desaladora de Atacama, financiar la construcción de obras innovadoras que aseguren la resiliencia de los sistemas productivos sin impactar la tarifa del usuario final.

Tabla 1: Validación SMART

VALIDACIÓN SMART	
CRITERIO DE EVALUACIÓN	DESCRIPTOR
TEMA ESPECÍFICO	El estudio se enfoca en diseñar un plan de resiliencia para los sistemas productivos de agua potable en las localidades de La Tirana e Iloca, con el objetivo de identificar, evaluar y gestionar los riesgos asociados a la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, así como a la infraestructura y operación de los sistemas. Se busca caracterizar detalladamente las localidades objeto de análisis, identificar los sistemas productivos de agua potable, las amenazas inherentes a cada etapa de los sistemas, y evaluar la exposición y vulnerabilidad de cada localidad frente a las amenazas caracterizadas
TEMA MEDIBLE	Se propone establecer un marco teórico, proponer medidas de mitigación, ordenar y sistematizar los resultados obtenidos, y elaborar una matriz de riesgos para cada localidad estudiada. Se plantea la aplicación de una metodología específica con pasos definidos para obtener resultados parciales y finales.
TEMA ALCANZABLE	El estudio se enfoca en dos localidades específicas, La Tirana e Iloca, lo que permite una delimitación clara del alcance del proyecto. Se proponen objetivos específicos y una metodología detallada para alcanzar el objetivo general del estudio.
TEMA RELEVANTE	El estudio es relevante para mejorar la gestión de riesgos en los sistemas productivos de agua potable, lo cual es crucial para garantizar el abastecimiento de agua potable y el saneamiento en las comunidades estudiadas. Las medidas de mitigación y adaptación propuestas buscan fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos de agua potable frente a las amenazas identificadas, lo cual es de

	gran importancia para la seguridad hídrica de las comunidades.
TIEMPO ACOTADO	En este estudio se propone llevar a cabo todos los pasos metodológicos necesarios para obtener resultados parciales y avanzar en la investigación. Esta propuesta implica seguir una estructura temporal definida y específica, lo cual nos permitirá avanzar de manera organizada y sistemática. Al seguir esta metodología, aseguramos obtener información y datos parciales de manera efectiva, acercándonos así a alcanzar nuestros objetivos planteados en el estudio. La estructura temporal definida nos brinda una visión clara de cómo se desarrollará el proceso de investigación, facilitando la planificación de cada etapa y la asignación adecuada de recursos. En resumen, al establecer una estructura temporal definida y seguir los pasos metodológicos mencionados, garantizamos el éxito y la efectividad de nuestro estudio.

Fuente: Elaboración propia.

2.2. LÍMITES DEL ESTUDIO

Este estudio se enfocará inicialmente en el desarrollo de un modelo de gestión de riesgos para sistemas productivos de agua potable. Si bien la idea del modelo final dentro de ECONSSA Chile S.A. es que pueda ser implementado en todas las localidades comprendidas en los contratos CTDECS en los que actúa como dueño de las concesiones. El alcance efectivo de este estudio se limitará al desarrollo y calibración de este modelo pensando en dos localidades de distintos operadores con realidades y riesgos diametralmente opuestos.

La Tirana

En primer lugar, se realizará un estudio detallado de La Tirana, una localidad ubicada en la región de Tarapacá, específicamente en la comuna de Pozo Almonte, provincia del Tamarugal. Se encuentra a unos 72 kilómetros al este de Iquique. En lo que respecta al servicio de agua potable y alcantarillado, el encargado es Aguas

del Altiplano, una empresa que forma parte del grupo Aguas Nuevas. En cuanto a su población, La Tirana cuenta con alrededor de 800 habitantes de manera permanente. Sin embargo, cada año, durante los días cercanos al 16 de julio, esta cifra se incrementa de manera exponencial, superando las 200.000 personas. Este aumento se debe a la celebración religiosa en honor a la Virgen del Carmen, una festividad que se extiende por aproximadamente una semana.

Figura 1: Ubicación localidad de La Tirana



Fuente: Google Earth.

Todo esto, sumado a su ubicación estratégica en el desierto más árido y extenso del mundo, conocido como el Desierto de Atacama, y su constante exposición a fenómenos climáticos extremos como el invierno altiplánico, genera una combinación única de desafíos y riesgos a los que esta zona se enfrenta de forma cotidiana. El clima de la zona es árido, la nula caída de precipitaciones, una gran oscilación térmica entre el día y la noche, temperaturas extremas, suelo altamente salino y la ausencia de vegetación.

Además, la alta radiación solar que afecta la zona incrementa la probabilidad de sucesos como los golpes de calor y los problemas de salud relacionados. La carencia de agua potable y los problemas de abastecimiento también son

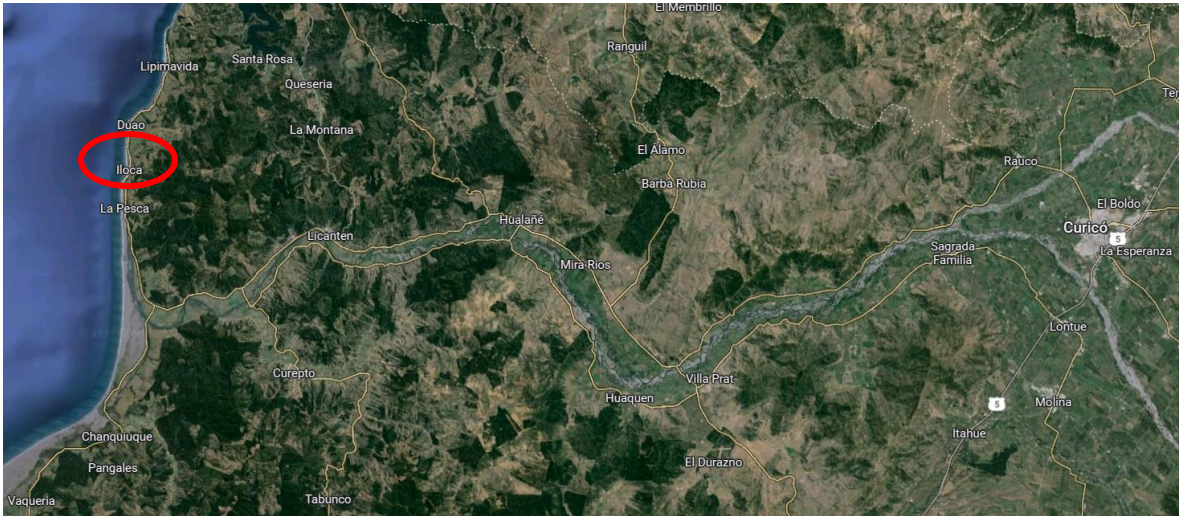
preocupaciones constantes en esta área, lo cual demanda soluciones innovadoras y sostenibles para asegurar la supervivencia de las comunidades locales.

La preservación del patrimonio natural y cultural también se convierte en algo crucial dentro de este escenario. La gran cantidad de minerales presentes en el suelo de esta región ha llevado a una intensa actividad minera, lo cual representa un desafío en términos de la protección del entorno natural y el equilibrio ecosistémico. Asimismo, la preservación de la rica historia y cultura de las comunidades indígenas que habitan esta zona es primordial para mantener la diversidad y la identidad cultural de la región.

Iloca

Siguiendo con el tema, ahondaremos en la localidad de Iloca, que es un pequeño rincón de recreo en el litoral ubicado en la comuna de Licantén, al noroeste de la capital regional, Talca y directamente en la costa a la altura de Curicó, en la región del Maule. Al estar situada en las costas del océano Pacífico, su clima es templado cálido, con estación seca prolongada durante el verano, las temperaturas varían entre 8° y 20°. Es un clima mediterráneo con inviernos lluviosos y veranos calurosos. Con relación a los servicios sanitarios, Aguas Nuevo Sur es el organismo encargado de su administración en esta área. La población de Iloca está compuesta por aproximadamente 350 habitantes, aunque durante los meses de verano esta cifra puede aumentar considerablemente, sobrepasando las 1000 personas.

Figura 2: Ubicación Iloca.



Fuente: Google Earth.

Durante las fuertes precipitaciones ocurridas en el año 2023, Iloca sufrió graves consecuencias debido al desbordamiento de los ríos. Asimismo, por estar ubicada en la costa, enfrentó diversos desafíos relacionados con la intrusión de agua salada y otros problemas que serán exhaustivamente analizados durante esta investigación. Es de vital importancia comprender la envergadura de las dificultades que Iloca enfrenta como resultado de estas adversidades climáticas, con el objetivo de buscar soluciones efectivas que protejan a esta comunidad vulnerable y fomenten su resiliencia frente a futuros eventos similares.

2.3. ALCANCE CIENTÍFICO DEL ESTUDIO

Desde una perspectiva exploratoria, este estudio se centrará en la recopilación exhaustiva de información disponible, abordando una amplia variedad de amenazas que pueden afectar los sistemas productivos de agua potable. Se considerarán amenazas de origen climático, geológico, antropogénico e industrial, así como combinaciones de estas, con el objetivo de construir una visión global e integradora de los desafíos que enfrentan estos sistemas vitales. Además, se explorarán métodos para fomentar el pensamiento innovador y la generación de soluciones modernas y efectivas para mitigar dichas amenazas.

En un enfoque descriptivo, el estudio se orientará hacia la caracterización detallada de las localidades objeto de análisis. Se examinarán aspectos como la demografía, los comportamientos de la población, los patrones de consumo de agua, las necesidades locales y otros factores relevantes. Asimismo, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los sistemas productivos de agua potable, desde la identificación de las fuentes de agua hasta los procesos de potabilización, con el propósito de comprender plenamente la infraestructura y los recursos disponibles.

A nivel correlacional, se procederá a integrar la información recopilada sobre las amenazas y la vulnerabilidad de las localidades estudiadas. Este análisis permitirá identificar los diferentes factores y tipos de riesgo que podrían impactar en cada sistema productivo de agua potable, clasificándolos según su origen, naturaleza, nivel de afectación y potencial impacto. Este enfoque contextualizado proporcionará una comprensión más profunda de los desafíos específicos que enfrenta cada comunidad en términos de seguridad hídrica.

Finalmente, a nivel explicativo, una vez que se hayan identificado y clasificado los riesgos más relevantes en cada localidad, se desarrollarán medidas de mitigación del riesgo adaptadas a las necesidades y características únicas de cada contexto. Estas medidas se concebirán con una perspectiva integradora e innovadora, buscando soluciones prácticas y factibles que puedan implementarse de manera efectiva en el ámbito local, contribuyendo así a fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos de agua potable frente a las amenazas identificadas.

CAPÍTULO III

OBJETIVOS

El capítulo presenta el objetivo general y los objetivos específicos que orientarán el desarrollo del plan de resiliencia para los sistemas productivos de agua potable (SPAP) en las localidades de Iloca y La Tirana, sentando las bases para un abordaje integral y efectivo de los desafíos hídricos que enfrentan estas comunidades.

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de resiliencia para los sistemas productivos de agua potable, en las localidades de La Tirana e Iloca; caracterizando a las localidades a estudiar, también realizando un diagnóstico de los riesgos existentes y potenciales y proponiendo medidas de mitigación estableciendo mecanismos de seguimiento y evaluación del plan. Esto para identificar, evaluar y gestionar los riesgos asociados a la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, así como a la infraestructura y operación de los sistemas.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

(Sobre el Estado del Arte)

Identificar y conocer, a nivel web y bibliográfica todas aquellas materias específicamente relacionadas con a los sistemas productivos de agua potable. Sistematizando la información en fichas bibliográficas y en un documento Excel de conexión entre conceptos, preguntas de la investigación y aspectos relevantes.

Presentar y comprender las principales características de las localidades y los sistemas de producción de agua potable en las localidades de La Tirana e Iloca.

(Sobre el Marco teórico del Estado del Arte)

Establecer un marco teórico fundamentado en los antecedentes del estado del arte analizado, la caracterización de las localidades y los objetivos. El mapa mental debe considerar las siguientes etapas del modelo real.

(Sobre la Propuesta metodológica específica)

Proponer todos los pasos pertinentes para alcanzar el objetivo general definido para este estudio, determinando en una carta Gantt los tiempos empleados para cada etapa (recordar los plazos establecidos).

(Sobre la Aplicación metodológica y resultados parciales)

Realizar los 6 pasos, descritos a continuación, que logran satisfacer la aplicación metodológica obteniendo resultados parciales.

- Identificar los sistemas productivos de agua potable desde sus fuentes de extracción hasta los tratamientos de potabilización con los que cuentan las localidades a estudiar.
- Caracterizar las amenazas inherentes a cada etapa de los sistemas productivos de agua potable.
- Identificar y analizar los factores más relevantes de cada localidad que tengan relación con la producción de agua potable.
- Evaluar la exposición y vulnerabilidad de cada localidad frente a las amenazas caracterizadas.
- Valorar el riesgo de cada amenaza en los sistemas instalados en las localidades estudiadas.
- Elaborar una tabla de resultados parciales.

(Sobre los Resultados finales)

Objetivo específico 6

Ordenar y sistematizar los resultados parciales obtenidos anteriormente para obtener un resultado final, con esto se elaborará una matriz de riesgos propia del sistema de producción de agua potable de cada localidad.

Proponer medidas de adaptación y mitigación para los riesgos identificados en cada sistema de producción de agua potable de las localidades estudiadas.

(Sobre las Conclusiones)

Elaborar conclusiones en base a los resultados parciales y generales obtenidos en la investigación, proponiendo planes de acción tendientes a mejorar las condiciones de riesgo en los sistemas productivos de agua potable de las localidades estudiadas.

(Sobre las Recomendaciones)

Proponer recomendaciones desde el punto de vista profesional y académico (nivel de conocimientos para investigar) y recomendaciones a nivel personal incluyendo las consideraciones y limitaciones del estudio para ser aplicado en otras localidades.

CAPÍTULO IV

ESTADO DEL ARTE

La importancia de un plan de resiliencia en los sistemas de distribución de agua potable cobra especial atención hoy día. Este enfoque crítico implica la valoración de posibles amenazas que podrían comprometer tanto la calidad como la accesibilidad del agua en las localidades estudiadas. Se examinan tanto peligros de origen natural, como terremotos, tsunamis, aluviones y sequía, como aquellos de índole antrópica, incluyendo contaminación por agentes químicos o el descuido en el cuidado de las estructuras existentes. La finalidad es discernir y administrar dichos peligros con eficacia, asegurando así un abastecimiento fiable y puro de agua potable para el consumo público.

4.1. ANTECEDENTES Y REVIEW BIBLIOGRÁFICO

Tabla 2: Review bibliográfico

Ficha (número) caracteriza da	TIPO	Cita bibliográfica (referencia APA 7)	Título	Descriptor de la ficha
Ficha 44	MWM	MWM 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos	Profesor Carlos Gómez, octubre 2023	Plan de Seguridad del Agua, Recurso crítico, gestión de riesgos
Ficha 45	MWM	MWM 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos	Profesor Carlos Gómez, octubre 2023	Gestión de riesgos de desastres
Ficha 46	MWM	MWM 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos	Compendio de clases	Riesgo, amenaza, exposición y vulnerabilidad, seguridad hídrica, administración estratégica.
Ficha 47	MWM	MWM 510 - Planificación y Dirección Estratégica	Profesor Alberto Kresse Zamorano	Planificación estratégica, planificación para el cambio, organización y gobernanza
Ficha 48	MWM	MWM 510 - Planificación y Dirección Estratégica	Compendio de clases	

Ficha 49	MWM	MWM 500 - Gobernanza y economía del agua	Profesor Hugo Castro	Políticas públicas
Ficha 50	MWM	MWM 500 - Gobernanza y economía del agua	Profesor Hugo Castro	Gobierno corporativo
Ficha 51	MWM	MWM 500 - Gobernanza y economía del agua	Compendio de clases	
Ficha 52	MWM	MWM 130 Eficiencia Hídrica	Compendio de clases	
Ficha 53	MWM	MWM 130 Eficiencia Hídrica	Profesor Edward Johns Neumann	Lean Management, Gemba Kaizen
Ficha 54	MWM	MWM 130 Eficiencia Hídrica	Profesor Cristian Carvallo González	Excelencia operacional
Ficha 55	MWM	MWM 540 Gestión de Clientes	Compendio de clases	
Ficha 56	MWM	MWM 120 Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua	Profesora Ximena Molina Paredes	Evaluación de calidad del agua
Ficha 57	MWM	MWM 120 Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua	Profesor Jacovo Homsí	
Ficha 58	MWM	MWM 120 Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua	Profesor P. Kamann	
Ficha 59	MWM	MWM 120 Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua	Compendio de clases	
Ficha 60	MWM	MWM 120 Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua	Profesora Ximena Molina Paredes	Vulnerabilidad, Cambio climático, Resiliencia, Riesgo, Gobernanza Agua Potable, Calidad de aguas subterráneas, irrigación, rellenos sanitarios
Ficha 2 (Fundamental)	Fundamenta l	Adger, W. N. (2006).	Vulnerability. Global Environmental Change, 16(3), 268-281.	
Ficha 4 (Fundamental)	Fundamenta l	Krishna, B., & Achari, V. S. (2024).	A comprehensive health risk assessment and groundwater quality for irrigation and drinking purposes around municipal solid waste sanitary landfill: a case study in Morocco. *Journal of Environmental Management, 18*, 100698.	

Ficha 5 (Fundamental)	Fundamenta l	Molinos-Senante, M., Chamorro, A., Contreras, M., & Echaveguren, T. (2023).	Natural hazard risk management in the Chilean drinking water industry: Diagnosis and recommendations. Utilities Policy, 82, 101553. https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101553	gestión de riesgos, evaluación de riesgos, análisis de riesgos, mitigación de riesgos, vulnerabilida d, exposición, eventos naturales extremos, infraestructur a de agua potable, protocolos, regulaciones, estándares técnicos, y monitoreo
Ficha 6 (Fundamental)	Fundamenta l	Karunanidhi, D., Aravinthasamy, P., Subramani, T., & Setia, R. (2021).	Groundwater suitability estimation for sustainable drinking water supply and food production in a semi-urban area of south India: A special focus on risk evaluation for making healthy society. Sustainable Cities and Society, 73, 103077. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103077	Riesgos para la salud, riesgos ambientales, riesgos hídricos, riesgos de contaminació n, riesgos de seguridad del agua.
Ficha 11 (Fundamental)	Fundamenta l	Karunanidhi, D., Aravinthasamy, P., Subramani, T., & Setia, R. (2021).	Groundwater suitability estimation for sustainable drinking water supply and food production in a semi-urban area of south India: A special focus on risk evaluation for making healthy society. Sustainable Cities and Society, 73, 103077. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103077	Sostenibilida d de aguas subterráneas, suministro de agua sostenible, evaluación de riesgos
Ficha 12 (Fundamental)	Fundamenta l	Aven, T. (2010).	On how to define, understand and describe risk. Reliability Engineering and System Safety, 95, 623–631.	Análisis de riesgo, incerteza, probabilidad, ingeniería de confiabilidad, seguridad de sistema, toma de decisiones
Ficha 13 (Fundamental)	Fundamenta l	Stoch Environ Res Risk Assess. (2013).	Integrated risk assessment of urban water supply systems from source to tap. https://doi.org/10.1007/s00477-012-0651-5	Evaluación de riesgos integrada
Ficha 15 (Fundamental)	Fundamenta l	Danneels, J. J., & Finley, R. E. (2009).	Assessing the vulnerabilities of U.S. drinking water systems. Journal of Contemporary Water Research and Education, Issue 129, 8-12.	Vulnerabilida des, Sistemas de agua potable,

Ficha 16 (Fundamental)	Fundamenta I	Programa de ONU- Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC).	La Gestión del Riesgo en el Agua y el Saneamiento	Amenazas, Evaluación de riesgos, Infraestructur a crítica, Seguridad, Protección de infraestructur as Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicació n en el marco del Decenio (UNW- DPAC). (s.f.). La Gestión del Riesgo en el Agua y el Saneamiento
Ficha 17 (Fundamental)	Fundamenta I	Leveque, B., Bichai, F., & El-Jabi, N. (2024).	Assessing the vulnerability of urban drinking water intakes to water scarcity under global change. Environmental Challenges, 15, 100885. https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100885	Cambio climático
Ficha 18 (Fundamental)	Fundamenta I	Garcia, L. D. (2022).	Análisis de resiliencia climática del proyecto sistema de agua potable en comunidad Huayrapata. Investigación & Desarrollo, 22(1), 63-76.	Resiliencia climática
Ficha 35 (Fundamental)	Fundamenta I	Grey, D., & Sadoff, C. W. (2007).	Water security for growth and development. Water Policy, 9, 545– 571.	Seguridad hídrica
Ficha 37 (Fundamental)	Fundamenta I	Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Chile. (2021).	Guía metodológica para el desarrollo de un índice de riesgo de amenazas naturales que afectan a los sistemas de producción de agua potable.	Amenazas naturales
Ficha 38	Fundamenta I	Aguas del Altiplano (2018).	Actualización Planes de Desarrollo La Tirana	Documento que levanta la realidad actual y planifica el crecimiento de la localidad tanto para agua potable como

Ficha 39	Fundamenta l	Aguas Nuevo Sur S.A. (2018).	Actualización Planes de Desarrollo Localidad de Iloca	alcantarillado y aguas servidas. Documento que levanta la realidad actual y planifica el crecimiento de la localidad tanto para agua potable como alcantarillado y aguas servidas. Documento que recopila en detalle las fuentes productivas de agua potable de la localidad.
Ficha 40	Fundamenta l	Aguas del Altiplano (2018).	Ficha de Antecedentes Técnicos	Documento que recopila en detalle las fuentes productivas de agua potable de la localidad.
Ficha 41	Fundamenta l	Aguas Nuevo Sur S.A. (2018).	Ficha de Antecedentes Técnicos	Documento que recopila en detalle las fuentes productivas de agua potable de la localidad.
Ficha 42	Fundamenta l	Ilustre Municipalidad de Licantén (2011)	Plan Regulador Comunal de Licanten	Estudio que describe en detalle la caracterizaci ón de Iloca considerando aspectos geográficos, climáticos, antropológico s, etc.
Ficha 43	Fundamenta l	Ilustre Municipalidad de Pozo Almonte (2015)	Plan De Desarrollo Comunal (PLADECO)	Estudio que describe en detalle la caracterizaci ón de La Tirana considerando aspectos geográficos, climáticos, antropológico s, etc.
Ficha 3 (específica)	específica	Huang, S., Wang, Y., Li, J., Zhang, L., & Xie, X. (2023).	Distribution, sources, and potential health risks of fluoride, total iodine, and nitrate in rural drinking water sources of North and East China. Science of the Total Environment, 898, 165561.	Fuentes de contaminació n, gestión de riesgos a la salud humana,

Ficha 19 (Específica)	específica	Lo, H.-W., Liou, J. J. H., & Huang, C.-N. (2020).	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.165561 A new soft computing approach for analyzing the influential relationships of critical infrastructures. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 28, 100336. A new soft computing approach for analyzing the influential relationships of critical infrastructures. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 28, 100336.	monitoreo de calidad de las aguas, riesgos sanitarios. Infraestructuras críticas Adaptación
Ficha 20 (Específica)	específica	Lo, H.-W., Liou, J. J. H., & Huang, C.-N. (2020).		
Ficha 21 (Específica)	específica	Alazaiza, M. Y. D., Albahnasawi, A., Al Maskari, T., & Nassani, D. E. (2022).	Benefits, challenges and success factors of water safety plan implementation: A review. Global NEST Journal, 24(3), 414-425.	Plan de Seguridad del Agua
Ficha 23 (Específica)	específica	Zamani, A. A., et al. (2022).	Drinking water resources criteria in emergencies. Environmental Health Engineering and Management Journal, 9(1), 15-21.	Agua potable en emergencias y desastres
Ficha 24 (Específica)	específica	Bijlsma, L., Ahrens, L., Wiberg, K., Hernández, F., Oskarsson, A., & Lundqvist, J. (2023).	Effect-based evaluation of water quality in a system of indirect reuse of wastewater for drinking water production. Water Research, 242, 120147.	Reutilización indirecta
Ficha 25 (Específica)	específica	Abdellatif, M., Atherton, W., Alkhaddar, R., & Osman, Y. (2015).	Flood risk assessment for urban water system in a changing climate using artificial neural network. Natural Hazards, 79(3), 1059-1077.	Red neuronal artificial
Ficha 26 (Específica)	específica	International Journal of Critical Infrastructure Protection. (2017).	Measuring the organizational resilience of critical infrastructure providers. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcip.2017.05.002	Resiliencia Organizacional
Ficha 27 (Específica)	específica	Noémie Neverre, Nicolas Surdyk, Cécile Hérivaux, & Nicole Baran. (2022).	Restoring groundwater quality at the drinking water catchment scale: A multidisciplinary and participatory approach. Journal of Environmental Management, 314, 115022. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115022	Prácticas agrícolas
Ficha 28 (Específica)	específica	Faramondi, L., Oliva, G., & Setola, R. (2020).	Multi-criteria node criticality assessment framework for critical infrastructure networks. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 28, 100338.	Calidad del agua

Ficha 30 (Específica)	específica	Esteller, Diaz-Delgado, (2002.).	Environmental Effects of Aquifer Overexploitation. Environmental Management Vol. 29, No. 2, pp. 266 –278	sobreexplotación de acuíferos, impacto ambiental, disminución del nivel freático, subsidencia, disminución del caudal de ríos, vulnerabilidad a la contaminación.
Ficha 1(Complementaria)	Complementaria	https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-19663.html		Gestión de riesgo de desastres en servicios de agua potable
Ficha 7 (Complementaria)	Complementaria	Ahumada Theoduloz, G. (2017).	Emergencias en Servicios de Agua Potable: Amenazas y Criterios de Seguridad. Revista AIDIS, (55), 4-7.	Nivel mínimo de servicio, criterios de seguridad, emergencias en servicios de agua potable
Ficha 8 (Complementaria)	Complementaria	Santelices C. (2017).	Aprendizajes para mejorar la gestión del riesgo. Revista AIDIS, (55), 11-17.	Modelo de gestión de riesgo de desastres, Desastre natural,
Ficha 9 (Complementaria)	Complementaria	Peña J. (2017). Gestión de emergencias bajo el Enfoque de continuidad de Negocio. Revista AIDIS, (55), 8-10.	Gestión de emergencias bajo el Enfoque de continuidad de Negocio. Revista AIDIS, (55), 8-10.	Continuidad del negocio, Gestión de emergencias, resiliencia del sistema, colaboración público privada
Ficha 10 (Complementaria)	Complementaria	Carrasco P. (2017).	Continuidad de los servicios sanitarios en contexto de emergencia y desastres. Revista AIDIS, (55), 26-32.	Desastre, Protección civil, Planes de abastecimiento alternativo
Ficha 14 (Complemento)	Complementaria	Saikrishna, Purushotham, Sunitha. (2023).	Deciphering groundwater quality. https://doi.org/10.1016/j.totert.2023.100035	Calidad del agua subterránea, Mecanismos geoquímicos, Química del agua, Parámetros fisicoquímicos, Normas de agua potable

Ficha 22 (Complemento)	Complementaria	Li, J., Wang, Y., Xie, X., Zhang, L., & Guo, W. (2013).	Hydrogeochemistry of high iodine groundwater: a case study at the Datong Basin, northern China. <i>Environmental Science: Processes & Impacts</i> , 15, 848–859. Risk assessment of urban drinking water supply system: A pilot scale study in Central India. <i>International Journal of Researches in Biosciences, Agriculture and Technology</i> , 1(1), 206-218. http://doi.org/10.29369/ijrbat.2023.010.1.0034	Hidrogeoquímica
Ficha 29 (Complemento)	Complementaria	Meshram, P., Sargaonkar, A., & R. S. (2023).		Calidad del agua
Ficha 31 (Complemento)	Complementaria	Spence, N., & Walters, D. (2012).	“Is it Safe?” Risk Perception and Drinking Water in a Vulnerable Population. <i>The International Indigenous Policy Journal</i> , 3(3). https://doi.org/10.18584/iipj.2012.3.3.9	agua segura, medio ambiente, salud, percepción del riesgo, comunicación del riesgo, gestión del riesgo, poblaciones vulnerables, raza/etnia, política social, desigualdad, Primeras Naciones
Ficha 32 (complemento)	Complementaria	Barrington, D. J., Green, K., & McMillan, A. (2012).	The Water Safety Plan Process: How to prepare Water Safety Plans for community-managed water supply systems in rural Nepal. <i>Nepal Water for Health</i> .	Plan de seguridad del agua
Ficha 33 (complemento)	Complementaria	Rogers, J. W., & Louis, G. E. (2008).	Risk and opportunity in upgrading the US drinking water infrastructure system. <i>Journal of Environmental Management</i> , 87, 26-36.	Evaluación de riesgos, Gestión de activos
Ficha 34 (complemento)	Complementaria	Verma, M., & Loganathan, V. A. (2023).	Water security and health risk assessment of an urban household-level drinking water and sanitation system, Punjab, India. <i>Environmental Monitoring and Assessment</i> , 195(750). https://doi.org/10.1007/s10661-023-11360-0	Seguridad del agua
Ficha 36 (Complemento)	Complementaria	Vázquez-Rowe, I., et al. (2017).	Natural disasters and climate change call for the urgent decentralization of urban water systems. <i>Science of the Total Environment</i> , 605–606, 246–250.	cambio climático, sistemas de agua urbanos, descentralización, Lima.

Fuente: Elaboración propia

4.2. SISTEMATIZACIÓN DE PALABRAS CLAVE/CONCEPTOS (EXCEL)

Tabla 3: Palabras clave

Palabra Clave: Riesgo	Autor	Que se entiende por Riesgo	como evalúa el riesgo	Que se entiende por amenaza	Que se entiende por vulnerabilidad
	Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Chile. (2021). Guía metodológica para el desarrollo de un índice de riesgo de amenazas naturales que afectan a los sistemas de producción de agua potable	el riesgo se entiende como la evaluación de la probabilidad de que ocurra un evento no deseado que pueda afectar a los sistemas de producción de agua potable frente a amenazas naturales.	través de un enfoque determinístico que consta de varios pasos: Cálculo del Índice de Riesgo (IR): Se calcula un índice de riesgo que combina la frecuencia de las amenazas naturales a las que está expuesta la infraestructura de producción de agua potable y la vulnerabilidad operacional del sistema frente a cada una de esas amenazas. Este índice proporciona una medida determinística del riesgo para cada amenaza y para el sistema en su conjunto. Matriz de riesgo: Una vez calculado el	un evento de origen natural que tiene el potencial de causar daños o impactos negativos en la infraestructura de producción de agua potable.	como la susceptibilidad o la fragilidad de los sistemas de producción de agua potable frente a las amenazas naturales identificadas

			Índice de Riesgo, se utiliza una matriz de riesgo-exposición para jerarquizar los diferentes niveles de riesgo en función de este índice y del nivel de exposición de la infraestructura analizada a las amenazas naturales. La matriz permite visualizar y comprender el nivel de riesgo al que se encuentra expuesto el sistema de producción de agua potable. Análisis de resultados: A través de la combinación del Índice de Riesgo y la matriz de riesgo-exposición, se obtiene una evaluación integral del riesgo en los sistemas de producción de agua potable. Esta evaluación permite		
--	--	--	---	--	--

			identificar las áreas de mayor riesgo, priorizar acciones de mitigación y adaptación, y tomar decisiones informadas para mejorar la resiliencia de los sistemas frente a las amenazas naturales.		
	Spence, N., & Walters, D. (2012). "Is it Safe?" Risk Perception and Drinking Water in a Vulnerable Population. The International Indigenous Policy Journal, 3(3). https://doi.org/10.18584/iipj.2012.3.3.9	el riesgo se refiere a la percepción que las personas tienen sobre la posibilidad de sufrir daños o consecuencias negativas relacionadas con el acceso al agua potable segura.			se refiere a la condición de estar expuesto a un mayor riesgo de sufrir daños o consecuencias negativas en relación con el acceso al agua potable segura.
	Leveque, B., Bichai, F., & El-Jabi, N. (2024). Assessing the vulnerability of urban drinking water intakes to water scarcity under global change. Environmental	se considera el riesgo como la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso y el impacto que dicho evento podría tener en las personas, el	El estudio emplea un enfoque bottom-up para evaluar el riesgo de escasez de agua en las tomas de agua potable urbanas, considerando tanto factores hidroclimáticos		como la susceptibilidad de las tomas de agua potable urbanas a sufrir los efectos de la escasez de agua, considerando tanto factores hidroclimáticos como características intrínsecas de las tomas de agua.

	Challenges, 15, 100885. https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100885	medio ambiente, los activos o la sociedad en general.	como características específicas de las tomas de agua. Se ha creado un índice de vulnerabilidad a la escasez de agua que toma en cuenta tanto la demanda de agua como los niveles de agua en el río. Se utilizan estadísticas de caudales bajos y proyecciones de cambios climáticos y antropogénicos para evaluar la vulnerabilidad actual y futura de las tomas de agua potable frente a la escasez de agua. Se han diseñado diferentes escenarios que abarcan distintos niveles de extracciones de agua cruda, y se han calculado subíndices de vulnerabilidad relacionados con		
--	---	--	--	--	--

			la demanda de agua y el nivel del agua en el río. Además, se aborda la incertidumbre asociada con la estimación de las estadísticas de caudales bajos, y se destaca la importancia de la participación activa de las partes interesadas en la definición de escenarios y planes de acción para hacer frente al riesgo de escasez de agua.		
	Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC). (s.f.). La Gestión del Riesgo en el Agua y el Saneamiento	la probabilidad de que ocurran desastres naturales, como inundaciones, sequías, tormentas, entre otros, y las consecuencias negativas asociadas a estos eventos en términos de impacto en la población, el medio ambiente			como la susceptibilidad de las comunidades, el medio ambiente y la infraestructura a sufrir daños o impactos negativos debido a la exposición a riesgos, como desastres naturales.

		y la infraestructura.			
	Aven, T. (2010). Reliability Engineering and System Safety, 95, 623–631.	una situación o evento en la que algo de valor humano está en juego y donde el resultado es incierto.			
	Stoch Environ Res Risk Assess. (2013). Integrated risk assessment of urban water supply systems from source to tap. https://doi.org/10.1007/s00477-012-0651-5	una medida que resulta de la combinación de la probabilidad de un peligro específico (probabilidad) y las consecuencias atribuidas a ese peligro, las cuales suelen ser proporcionales a las vulnerabilidades del sistema frente a esos peligros.	mediante un enfoque integrado de evaluación de riesgos que considera la probabilidad de los peligros, las consecuencias de los peligros y las vulnerabilidades de las instalaciones frente a estos peligros. Se utilizan herramientas de evaluación de riesgos para identificar amenazas, su probabilidad, consecuencias y vulnerabilidades de cada elemento de los sistemas de suministro de agua urbana	como eventos inciertos que pueden afectar tanto la cantidad como la calidad del agua en diferentes elementos de los sistemas de suministro de agua urbana. Estos eventos pueden ser de origen natural, humano o relacionados con la operación de los sistemas, y tienen el potencial de causar problemas tanto cuantitativos como cualitativos en los sistemas de suministro de agua urbana	como una medida de la susceptibilidad de un sistema a escenarios de amenazas

			contra los peligros. Además, se emplea un marco jerárquico para desglosar las infraestructuras de los sistemas de suministro de agua urbana en sus elementos interrelacionados con el fin de reducir la complejidad general del sistema		
	Molinos-Senante, M., Chamorro, A., Contreras, M., & Echaveguren, T. (2023). Natural hazard risk management in the Chilean drinking water industry: Diagnosis and recommendations. Utilities Policy 82, 101553	la posibilidad de que un evento natural extremo cause daños o impactos negativos en la infraestructura de producción de agua potable en Chile.		como la presencia o la posibilidad de ocurrencia de eventos naturales extremos que puedan afectar la infraestructura de producción de agua potable en Chile. Estas amenazas pueden incluir fenómenos como terremotos, tsunamis, aluviones, sequías, turbidez en el agua cruda, entre otros, que representan un riesgo para la disponibilidad y	como la susceptibilidad o la fragilidad de la infraestructura de producción de agua potable en Chile ante la ocurrencia de eventos naturales extremos.

				calidad del agua utilizada en las plantas de tratamiento de agua potable	
	Karunanidhi, D., Aravinthasamy, P., Subramani, T., & Setia, R. (2021). Groundwater suitability estimation for sustainable drinking water supply and food production in a semi-urban area of south India: A special focus on risk evaluation for making healthy society. Sustainable Cities and Society, 73, 103077. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103077	la posibilidad de implicaciones negativas para la salud humana debido a la exposición a contaminantes peligrosos en el entorno del agua, ya sea en el presente o en el futuro.	mediante la aplicación de modelos y metodologías específicas para determinar la exposición de la población a contaminantes en el agua subterránea y estimar los posibles efectos adversos en la salud. Algunas de las formas en que se evalúa el riesgo en el estudio incluyen: Análisis de la calidad del agua: Se realizan análisis químicos y físicos detallados del agua subterránea para identificar la presencia de contaminantes como flúor y nitrato.	como la presencia de contaminantes en el agua subterránea que representan un riesgo potencial para la salud humana y el medio ambiente. Estas amenazas pueden surgir tanto de actividades humanas como de procesos naturales, y se manifiestan a través de la presencia de sustancias como flúor y nitrato en el agua subterránea que pueden tener efectos adversos en la salud de la población expuesta	como la susceptibilidad de la calidad del agua subterránea a ser afectada por la contaminación debido a diversas fuentes, lo que puede resultar en riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

			Modelos de evaluación de riesgos: Se utilizan modelos de evaluación de riesgos para calcular la exposición de la población a los contaminantes y estimar los posibles efectos en la salud, centrándose en la ingestión y la exposición dérmica. Índices de calidad del agua: Se aplican índices de calidad del agua, como el IWQI, para evaluar la idoneidad del agua para consumo humano y determinar áreas adecuadas para el suministro de agua potable. Enfoque geoespacial: Se emplea un enfoque		
--	--	--	---	--	--

			geoespacial para mapear y delimitar zonas de calidad del agua subterránea, lo que ayuda a identificar áreas con riesgos potenciales para la salud.		
	Rogers, J. W., & Louis, G. E. (2008). Risk and opportunity in upgrading the US drinking water infrastructure system. Journal of Environmental Management, 87, 26-36.	la probabilidad de fallo de los sistemas de infraestructuras de agua potable ($p(f)$), combinada con los costos asociados de devolver el sistema a funcionamiento (C). Esta relación matemática se representa como $R = p(f) \times C$			
	García, L. D. (2022). Análisis de resiliencia climática del proyecto sistema de agua potable en comunidad Huayrapata. Investigación & Desarrollo, 22(1), 63-76.	el riesgo se refiere a la vulnerabilidad operacional del sistema de agua potable frente a amenazas naturales y climáticas.	a través de un análisis detallado de las amenazas climáticas identificadas para el proyecto de sistema de agua potable en la comunidad Huayrapata. Para evaluar el riesgo, se siguen los siguientes pasos:	como eventos o situaciones que representan un riesgo para el proyecto de sistema de agua potable en la comunidad Huayrapata	El estudio define vulnerabilidad como la susceptibilidad o la incapacidad de resistir, afrontar y recuperarse de los impactos negativos de las amenazas climáticas identificadas, como deslizamientos, granizadas intensas y vientos fuertes, sobre el proyecto de sistema de agua potable en la comunidad Huayrapata.

			Recopilación de datos sobre las amenazas climáticas presentes en la zona, como deslizamientos, granizadas intensas y vientos fuertes. Análisis de la frecuencia de ocurrencia de cada amenaza para determinar su impacto potencial en el proyecto. Evaluación de la exposición y sensibilidad de los componentes del proyecto frente a las amenazas climáticas. Determinación de la resiliencia física y funcional de cada componente del proyecto ante las amenazas identificadas. Priorización de las medidas de reducción de riesgos y adaptación al		
--	--	--	--	--	--

			cambio climático para mejorar la resiliencia del proyecto. Realización de un Análisis de Resiliencia en Inversiones (ARI) para evaluar la conveniencia de incorporar medidas resilientes al proyecto.		
	Danneels, J. J., & Finley, R. E. (2009). Assessing the vulnerabilities of U.S. drinking water systems. <i>Journal of Contemporary Water Research and Education</i>, Issue 129, 8-12.	la probabilidad de que ocurra un evento no deseado, como la contaminación del suministro de agua potable, y las consecuencias asociadas a dicho evento.	mediante la metodología RAM-WTM, que es un enfoque de evaluación de riesgos desarrollado por Sandia National Laboratories en colaboración con la EPA y AwwaRF. Esta metodología integra la descripción de amenazas, el análisis de contaminación del sistema de distribución de agua y los protocolos de respuesta para realizar una evaluación integral del riesgo en los	como cualquier evento o acción que pueda causar daño o poner en peligro la seguridad de los sistemas de agua potable. Esto puede incluir actos intencionales de contaminación, desastres naturales, fallos en la infraestructura, o cualquier otra situación que pueda comprometer la calidad y disponibilidad del suministro de agua potable.	como la susceptibilidad de los sistemas de agua potable a sufrir daños o ser afectados por una amenaza identificada. La vulnerabilidad puede estar relacionada con la falta de medidas de seguridad, debilidades en la infraestructura, limitaciones en los protocolos de respuesta, o cualquier otro factor que pueda facilitar la ocurrencia de un evento no deseado en los sistemas de agua potable.

			sistemas de agua potable. Además, se considera la probabilidad de amenazas específicas, las posibles consecuencias de la contaminación y la efectividad de las respuestas para determinar el nivel de riesgo y las recomendaciones de reducción del mismo.		
	Verma, M., & Loganathan, V. A. (2023). Water security and health risk assessment of an urban household-level drinking water and sanitation system, Punjab, India. <i>Environmental Monitoring and Assessment</i>, 195(750). https://doi.org/10.1007/s10661-023-11360-0	la posibilidad de sufrir efectos adversos para la salud debido a la exposición a contaminantes presentes en el agua potable a nivel de hogar urbano			

	Abdellatif, M., Atherton, W., Alkhaddar, R., & Osman, Y. (2015). Flood risk assessment for urban water system in a changing climate using artificial neural network. <i>Natural Hazards</i>, 79(3), 1059-1077.	la posibilidad de inundaciones para propiedades y sótanos en áreas bajas			
	Meshram, P., Sargaonkar, A., & R. S. (2023). Risk assessment of urban drinking water supply system: A pilot scale study in Central India. <i>International Journal of Researches in Biosciences, Agriculture and Technology</i>, 1(1), 206-218. http://doi.org/10.29369/ijrbat.2023.010.1.0034	la combinación de la probabilidad (o probabilidad de ocurrencia de un evento o peligro) y la gravedad de las consecuencias.	mediante un enfoque cuantitativo que implica la generación de una matriz de riesgos. Esta evaluación se basa en la cuantificación del riesgo como el producto de la probabilidad (o probabilidad de ocurrencia de un evento o peligro) y la gravedad de las consecuencias. Se utilizan modelos de simulación para identificar la ubicación exacta de las tuberías en mal estado en el sistema de		

			distribución de agua, lo que permite priorizar aquellas que necesitan reemplazo urgente y aquellas que requieren monitoreo y mantenimiento regular para garantizar la seguridad del agua potable. Además, se consideran diversas actividades en la cuenca, el mantenimiento inadecuado del sistema y la interrupción del suministro de agua como factores de riesgo que se caracterizan y abordan a través de esta evaluación cuantitativa.		
--	--	--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia.

4.3. SITUACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

A continuación, se desarrollan tópicos clave que buscan recoger y sintetizar el conocimiento recabado en el review bibliográfico en torno a la gestión de riesgos en sistemas productivos de agua potable.

4.3.1. Conocimiento actual

Se han realizado numerosos estudios que han proporcionado información valiosa y fundamental para comprender los desafíos que presenta este campo. Se han desarrollado modelos de evaluación de riesgos altamente sofisticados que utilizan datos científicos precisos y técnicas avanzadas para predecir y analizar con mayor precisión los posibles riesgos en los sistemas de agua potable. Estos modelos han demostrado ser de gran utilidad, ya que permiten identificar los escenarios de mayor riesgo y tomar medidas preventivas eficaces.

Además, se ha dedicado una considerable cantidad de investigación al estudio de los efectos de los contaminantes presentes en el agua potable en la salud humana. Se han logrado avances significativos en la comprensión de cómo estos contaminantes pueden afectar negativamente a las personas y se han desarrollado métodos cada vez más efectivos para mitigar y prevenir estos riesgos. Los estudios epidemiológicos han demostrado claramente la correlación entre la exposición a ciertos contaminantes y el aumento de los riesgos para la salud, lo que ha llevado a una mayor conciencia pública sobre la importancia de garantizar la calidad del agua potable.

A pesar de estos avances, aún existen áreas de investigación en las que se requiere un mayor desarrollo. Una de ellas es la evaluación de riesgos relacionados con el cambio climático. Es evidente que el cambio climático está teniendo un impacto significativo en los recursos hídricos y la disponibilidad y calidad de agua potable en muchas regiones del mundo y en particular en las localidades estudiadas. Es crucial comprender cómo estos cambios afectarán la calidad y la seguridad del agua potable, así como desarrollar estrategias adaptativas para gestionar estos riesgos.

Otro aspecto de investigación importante es la implementación de tecnologías más eficientes para el tratamiento del agua. Aunque se han desarrollado diversos métodos de tratamiento del agua potable, existen desafíos pendientes en términos de eficiencia y sostenibilidad. La búsqueda de tecnologías más efectivas y rentables

es crucial para mejorar la calidad y seguridad del agua potable, especialmente en regiones donde los recursos hídricos son cada vez más limitados.

4.3.2. Aproximaciones al tema

Este tema ha sido tratado desde diversas perspectivas. Varios son los estudios que analizan detalladamente los riesgos relacionados con la contaminación del agua por sustancias químicas altamente peligrosas, pesticidas de última generación o microorganismos patógenos altamente resistentes. Estos estudios se centran especialmente en identificar los mecanismos de transporte y dispersión de dichos contaminantes en el agua, así como en evaluar los posibles impactos en la salud humana y el medio ambiente.

Por otra parte, se han examinado detenidamente los riesgos relacionados con el mantenimiento inadecuado de las infraestructuras de agua potable, como las constantes y generalizadas fugas en las tuberías, los problemas de mantenimiento que pueden comprometer la integridad de las instalaciones o la falta de control efectivo de la calidad del agua. Estos riesgos, que en muchos casos son subestimados o ignorados, pueden dar lugar a una disminución en la disponibilidad y calidad de agua potable.

Además, se ha profundizado en la gestión de riesgos en situaciones de emergencia, como desastres naturales de gran magnitud, eventos climáticos extremos o epidemias altamente virulentas, que pueden causar daños significativos en la infraestructura de agua potable y comprometer seriamente el suministro de agua potable a la población. Estos escenarios de emergencia requieren una planificación y respuesta rápida y efectiva, así como la implementación de medidas preventivas y de mitigación de riesgos.

4.3.3. Tendencias actuales de la evaluación de riesgos en SPAP

Las tendencias se dirigen hacia una mayor integración y colaboración entre los distintos actores público, privados y comunidad, con el fin de asegurar una gestión segura y sostenible del agua para las comunidades. Se espera que se sigan

desarrollando modelos de evaluación de riesgos cada vez más precisos y sofisticados, que utilicen información en tiempo real y herramientas de análisis avanzadas. También se prevé un mayor énfasis en la prevención de riesgos, a través de la implementación de medidas de control y mitigación en las fuentes de contaminación y en los sistemas de distribución de agua.

También se espera fortalecer los sistemas de monitoreo y control existentes, con el fin de identificar de manera temprana cualquier posible riesgo o amenaza para la calidad del agua potable. Esto implica mejorar la capacidad de detección de sustancias contaminantes y adoptar tecnologías de tratamiento más avanzadas.

Asimismo, es importante considerar la participación de la comunidad en la identificación de posibles riesgos y en la toma de decisiones sobre la gestión del agua potable. Es necesario fomentar estrategias de educación y concienciación que promuevan el uso responsable del agua y la adopción de prácticas sostenibles en su tratamiento y distribución. Esto incluye la promoción de la conservación del agua, el fomento de la reutilización y el reciclaje de aguas residuales, y la implementación de políticas integrales de gestión del recurso hídrico.

4.3.4. Situación actual de la investigación

Es evidente la importancia y la creciente demanda en esta área. Hoy en día, existe un mayor conocimiento y preocupación acerca de los peligros relacionados con el suministro de agua potable, dado que se reconoce la vital importancia que tiene para la salud y bienestar de la población. Asimismo, tanto las autoridades como la sociedad en general están exigiendo cada vez más un acceso seguro, confiable y sostenible al agua.

Ante esta creciente demanda, varios países y organizaciones están implementando medidas y políticas para el manejo de riesgos en sistemas de agua potable. Estas medidas van desde la evaluación y monitoreo de la calidad del agua en todas las etapas del proceso de suministro, hasta la identificación y mitigación de posibles

riesgos y amenazas, así como el fortalecimiento de la infraestructura y la promoción de prácticas responsables y eficientes en el uso del recurso hídrico.

La creciente relevancia y demanda en el área están ofreciendo nuevas oportunidades para la investigación y el desarrollo de soluciones innovadoras. Es necesario estudiar e implementar tecnologías avanzadas, como sensores y sistemas de monitoreo en línea, que permitan detectar tempranamente posibles riesgos y amenazas en la calidad del agua. Además, la integración de modelos matemáticos y simulaciones computacionales puede ayudar a identificar los puntos críticos del sistema y evaluar diferentes escenarios de riesgo, lo cual facilitaría la toma de decisiones de manera más informada y eficiente.

La investigación en este campo también puede centrarse en la búsqueda de soluciones sostenibles y de bajo costo para mejorar la calidad y seguridad del agua potable. Esto implica desarrollar tecnologías de tratamiento y purificación del agua más eficientes y respetuosas con el medio ambiente, así como promover prácticas de conservación y reutilización del agua. Además, se puede investigar la implementación de políticas y programas educativos que fomenten una mayor conciencia sobre la importancia del agua potable y promuevan hábitos y comportamientos responsables en su uso.

4.3.5. Conceptos y Términos Claves que se deben conocer

Riesgo: Meshram, P., Sargaonkar, A., & R. S. (2023) define el riesgo como *“la combinación de la probabilidad (o probabilidad de ocurrencia de un evento o peligro) y la gravedad de las consecuencias.”* Una definición similar a la dada por Stoch Environ Res Risk Assess. (2013) quien señala que es *“una medida que resulta de la combinación de la probabilidad de un peligro específico (probabilidad) y las consecuencias atribuidas a ese peligro, las cuales suelen ser proporcionales a las vulnerabilidades del sistema frente a esos peligros.”*

Amenaza: Molinos-Senante, M., et al. (2023) entienden el riesgo como “como la presencia o la posibilidad de ocurrencia de eventos naturales extremos que puedan

afectar la infraestructura de producción de agua potable en Chile. Estas amenazas pueden incluir fenómenos como terremotos, tsunamis, aluviones, sequías, turbidez en el agua cruda, entre otros, que representan un riesgo para la disponibilidad y calidad del agua utilizada en las plantas de tratamiento de agua potable” mientras que Danneels, J. J., & Finley, R. E. (2009) entregan una definición más amplia al considerarlo como “como cualquier evento o acción que pueda causar daño o poner en peligro la seguridad de los sistemas de agua potable. Esto puede incluir actos intencionales de contaminación, desastres naturales, fallos en la infraestructura, o cualquier otra situación que pueda comprometer la calidad y disponibilidad del suministro de agua potable.”

Vulnerabilidad: el Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC) define el concepto “como la susceptibilidad de las comunidades, el medio ambiente y la infraestructura a sufrir daños o impactos negativos debido a la exposición a riesgos, como desastres naturales.” Similar definición comparte Molinos-Senante, M., et al. (2023) al considerarlo “como la susceptibilidad o la fragilidad de la infraestructura de producción de agua potable en Chile ante la ocurrencia de eventos naturales extremos.” Y Danneels, J. J., & Finley, R. E. (2009) quien toma una mirada más amplia al entenderlo “como la susceptibilidad de los sistemas de agua potable a sufrir daños o ser afectados por una amenaza identificada. La vulnerabilidad puede estar relacionada con la falta de medidas de seguridad, debilidades en la infraestructura, limitaciones en los protocolos de respuesta, o cualquier otro factor que pueda facilitar la ocurrencia de un evento no deseado en los sistemas de agua potable.”

4.3.6. Modelos o pautas de estudios similares

Hay varios enfoques y modelos para estudiar la resiliencia de los sistemas productivos de agua potable. Algunos, como Huang, S., et al. (2023) y Krishna, B., & Achari, V. S. (2024) se centran en evaluar los riesgos asociados a la calidad del agua, como la presencia de contaminantes químicos y biológicos, microorganismos patógenos y otros agentes dañinos para la salud. Otros modelos, como el propuesto

por Molinos-Senante, et al., (2023) Zamani, A. A., et al. (2022)., Leveque, B., et al. (2024), Garcia, L. D. (2022). Y Abdellatif, M., et al. (2015) se enfocan en evaluar los riesgos relacionados con la disponibilidad del agua, como sequías prolongadas o escasez de recursos hídricos. Estos modelos consideran factores climáticos, geográficos y utilizan tecnologías avanzadas para una evaluación precisa.

Además, existen modelos integrados que combinan la calidad y la disponibilidad del agua potable como los propuestos por Stoch Environ Res Risk Assess. (2013), Danneels, J. J., & Finley, R. E. (2009). Alazaiza, M. Y. D., et al. (2022) o Meshram, P., et al. (2023) Estos modelos holísticos permiten comprender de manera más completa los riesgos asociados a los sistemas de agua potable. Al considerar tanto los posibles contaminantes como las condiciones climáticas y de suministro, se obtiene una imagen más precisa de los escenarios de riesgo y se pueden tomar decisiones informadas para minimizarlos, mitigarlos o prevenirlos por completo.

4.4. SUJETO DE ESTUDIO: SPAP de La Tirana e Iloca.

A fines de los años 90, el Estado de Chile resolvió incorporar al sector privado como un actor relevante de la industria sanitaria, con el objetivo de modernizar la gestión en esta materia. En ese contexto, definió que las empresas sanitarias que aun pertenecían a la CORFO transfirieran sus derechos de explotación a nueve empresas operadoras privadas, a través de contratos que tienen una vigencia de 30 años.

Ese proceso de traspasar las antiguas concesiones a los nuevos operadores se desarrolló entre los años 2001 y 2004, y fue liderado por ESSAN S.A., compañía constituida en abril de 1990 que, además, cumplió el encargo estatal de fusionar las empresas CORFO en una sola: la Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios S.A., ECONSSA, que inició operaciones el año 2008 y que, al día de hoy, vela por el cumplimiento de las obligaciones establecidas en los diferentes contratos de transferencia a fin de que los operadores entreguen un servicio de calidad a las comunidades.

Entre las concesiones entregadas se cuentan las correspondientes a las regiones de Tarapacá, la que fue adjudicada a Aguas del Altiplano, parte del grupo Aguas Nuevas S.A. el año 2004 y de la que se ha seleccionado la localidad de La Tirana. y en la región del Maule a la empresa Aguas Nuevo Sur parte del grupo ESSBIO S.A. durante el año 2001, en esta región se seleccionó a la localidad de Iloca, en la costa central de la región

Estas localidades fueron escogidas por contar con características únicas y problemáticas particulares, además, su infraestructura es muy variada y permite abarcar una mayor cantidad de escenarios.

Para poder caracterizar estas localidades se obtuvo la información propia de estas desde las memorias descriptivas de los Planes de Desarrollo vigentes propios de cada localidad, y que son publicados por las sanitarias.

4.4.1. La Tirana

Con un promedio anual de agua caída de cerca de 8.7mm, el pueblo de La Tirana se sitúa en el desierto más árido del mundo, sin embargo, también está inserto en plena pampa del Tamarugal, una vasta llanura de 18.440 km² en la que se pueden encontrar verdaderos bosques de tamarugos *Prosopis tamarugo*.

Figura 3: Pampa del Tamarugal



Fuente: Juan Villalobos, CC BY-SA 4.0, vía Wikimedia Commons.

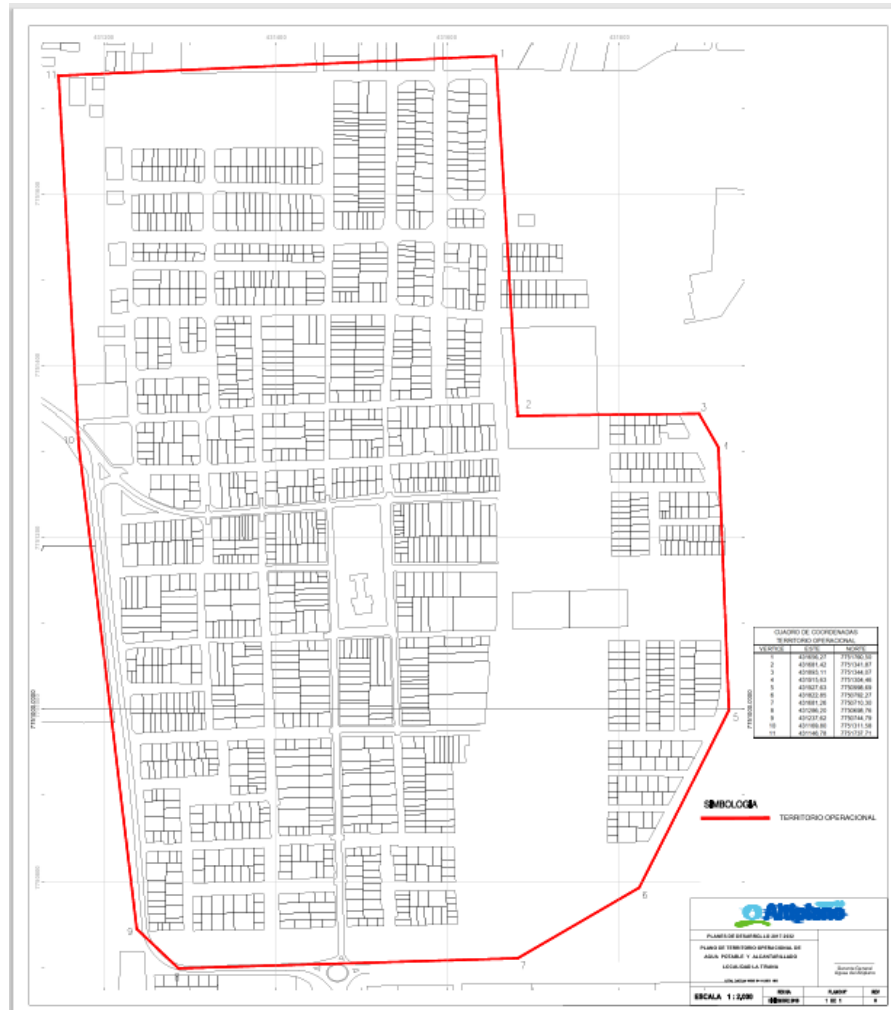
Con una recarga subterránea estimada en 1265 l/s y un volumen estimado de agua almacenada de 26.908 hm³, la Cuenca hidrográfica de la Pampa del Tamarugal se compone principalmente de aguas fósiles y termales por lo que tienen un alto contenido de minerales. El texto Fundación Chile. (2018). Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile. Santiago, Chile: Fundación Chile. Sitúa a la cuenca de la Pampa del Tamarugal en una brecha hídrica moderada con un uso cercano al 12% del agua disponible. Según los datos recolectados en el Censo del Instituto Nacional de Estadísticas, la comuna de Pozo Almonte, a la cual pertenece la localidad de La Tirana, posee una superficie de 13.761 km². El 61% de la población comunal es urbana y el 39% rural. Según la encuesta Casen 2006, un

6,1% se encuentra en condiciones de pobreza, lo que es significativamente menor al promedio nacional que alcanza el 16,1%.

Territorio operacional:

Según señala el Plan de Desarrollo de la localidad de La Tirana, las siguientes tablas muestran la situación del año 2018 y la proyectada para el año 2022. Es importante señalar que esta es la información más actualizada con la que se cuenta ya que la empresa sanitaria está actualmente trabajando en su nuevo Plan de desarrollo para los años venideros.

Figura 4: Territorio Operacional La Tirana



Fuente: Aguas del Altiplano

Tabla 4 Niveles de Atención Servicio de Agua Potable Situación Actual (Año 2018)

Sector	Superficie [Há]	Población [hab]	Nivel de Atención [l/hab/día]	Vol. Máx Mes por Cliente [m3/cliente/mes]
La Tirana	63,97	796	364	5,8

Fuente: Plan de desarrollo de La Tirana, Aguas del Altiplano

Tabla 5: Niveles de Atención Servicio de Agua Potable Situación Futura (Año 2022)

Sector	Superficie [Há]	Población [hab]	Nivel de Atención [l/hab/día]	Vol. Máx Mes por Cliente [m3/cliente/mes]
La Tirana	63,97	848	390	6,5

Fuente: Plan de desarrollo de La Tirana, Aguas del Altiplano

Catastro y diagnóstico de la infraestructura:

se presenta el catastro y diagnóstico del estado de la infraestructura sanitaria en operación para la producción de agua potable, para la localidad de La Tirana.

- **Fuentes de agua:** Desde el año 2001 el sistema de alimentación depende de sondajes propios de La Tirana ubicados en la Pampa del Tamarugal, en el sector oriente de la localidad. Durante el año 2002, la empresa construyó un segundo sondaje en el mismo recinto, uniéndose ambos en una sola impulsión, de tal forma de tener respaldo en el sistema de abastecimiento. Las aguas de ambos sondajes se impulsan hasta los estanques de regulación de La Tirana a través de una impulsión común de 3 km aproximadamente.

Figura 5: Sondaje La Tirana



Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 6: Captaciones La Tirana

Nombre Captación	Q derechos (l/s)	Prof.(m)	D (pulg)
La Tirana N° 1	55	110	16
La Tirana N° 2	25	113,7	16

Fuente: *Plan de desarrollo de La Tirana, Aguas del Altiplano*

- **Plantas Cloración y Fluoración:** En el recinto del estanque de distribución existe un centro de cloración para La Tirana. Este centro de cloración puede clorar hasta 43 L/s. Cabe destacar que el agua producida en los Sondajes de La Tirana tiene flúor natural, por lo que no hay que adicionar este elemento.
- **Planta de Tratamiento de Agua Potable:** La localidad de La Tirana cuenta con dos PTAP, la plata abatidora de arsénico “La Tirana” y la Planta de Osmosis Inversa “Planta Sulfatos La Tirana”, la cual además cuenta con una laguna de evaporación para la eliminación de las aguas de rechazo. El funcionamiento paralelo de ambas plantas permite bajar las concentraciones de sulfatos, arsénico y SDT, a niveles por debajo de los máximos exigidos

por la norma. Al final de proceso se cuenta con un estanque de hormigón de 150 m³ que almacena el agua tratada. Desde esta unidad, una planta elevadora, extrae el agua y la inyecta en la impulsión que va a los estanques de distribución.

Figura 6: Planta de tratamiento de agua potable La Tirana



Fuente: *Elaboración propia*

Figura 7: Planta de Osmosis inversa La Tirana



Fuente: *Elaboración propia*

Proyección de demanda dentro del territorio operacional:

Según señala la sanitaria, para la localidad en estudio, en la etapa de producción se estima una pérdida aproximada de 20.8%, lo que sumado a una pérdida en la

etapa de distribución de 35.3%, entrega una pérdida total de 48.8% del agua cruda extraída de las fuentes. Con esto y cálculos de consumo y crecimiento de la población, Aguas del Altiplano estima la siguiente proyección de caudales de agua potable:

Tabla 7: Proyección de Caudales de Agua Potable La Tirana

Año	Qm Consumo [l/s]	Qmax d [l/s]	Pérdidas				Caudal Salida Estanques		Caudal en Fuentes	
			Pérdidas Distribución		Pérdidas Totales		Qm Distrib [l/s]	Qmax d Distrib [l/s]	Qm Consumo [l/s]	Qmax Prod [l/s]
			%	[L/s]	%	[L/s]				
0 2017	3,2	8,5	35,3%	4,6	48,8%	8,1	5,0	13,2	6,3	16,6
1 2018	3,4	8,8	35,3%	4,8	48,8%	8,4	5,2	13,6	6,5	17,2
2 2019	3,5	9,1	35,3%	5,0	48,8%	8,7	5,4	14,1	6,8	17,8
3 2020	3,6	9,4	35,3%	5,1	48,8%	9,0	5,5	14,5	7,0	18,4
4 2021	3,7	9,7	35,3%	5,3	48,8%	9,3	5,7	15,0	7,2	19,0
5 2022	3,8	10,1	35,3%	5,5	48,8%	9,6	5,9	15,5	7,5	19,6
6 2023	4,0	10,4	35,3%	5,7	48,8%	9,9	6,1	16,1	7,7	20,3
7 2024	4,1	10,7	35,3%	5,9	48,8%	10,2	6,3	16,6	8,0	21,0
8 2025	4,2	11,1	35,3%	6,0	48,8%	10,6	6,5	17,2	8,2	21,7
9 2026	4,4	11,5	35,3%	6,3	48,8%	10,9	6,7	17,7	8,5	22,4
10 2027	4,5	11,9	35,3%	6,5	48,8%	11,3	7,0	18,3	8,8	23,1
11 2028	4,7	12,3	35,3%	6,7	48,8%	11,7	7,2	18,9	9,1	23,9
12 2029	4,8	12,7	35,3%	6,9	48,8%	12,0	7,4	19,6	9,4	24,7
13 2030	5,0	13,1	35,3%	7,1	48,8%	12,5	7,7	20,2	9,7	25,5
14 2031	5,1	13,5	35,3%	7,4	48,8%	12,9	8,0	20,9	10,0	26,4
15 2032	5,3	14,0	35,3%	7,6	48,8%	13,3	8,2	21,6	10,4	27,3

Fuente: Plan de desarrollo de La Tirana, Aguas del Altiplano

4.4.2. Iloca

Las características topográficas más significativas de la localidad de Iloca, es su ubicación en una zona litoral que incluye playas en el límite costero y lomajes hacia el borde oriental, los que se ubican entre las cotas 100 y 125 m.s.n.m. Las mayores alturas se encuentran hacia las cabeceras de los cauces, que escurren de oriente a poniente y que desembocan al mar en las cercanías de la localidad. La divisoria de

cuencas, que determina el límite oriental del área aportante del estero Iloca, incluye cerros cuyas alturas son del orden de 400 m.s.n.m. Los valles asociados a los esteros son reducidos, dado que sus cauces tienen recorridos inferiores a 10 Km, lo que determina un desarrollo escaso.

La red de drenaje de la zona de estudio está constituida por los esteros Iloca y La Capilla, ambos confluyen a unos 700 m de la costa para luego desembocar al mar. Hacia el sur en el sector de Roncura está la desembocadura del río Mataquito, que coincide con la descarga del estero Roncura.

Catastro y diagnóstico de la infraestructura:

se presenta el catastro y diagnóstico del estado de la infraestructura sanitaria en operación para la producción de agua potable, para la localidad de Iloca.

Fuentes de agua:

Actualmente la localidad cuenta con tres captaciones, la primera es la única superficial con derechos de agua por 10.3 l/s desde el estero Iloca, sin embargo, el caudal máximo extraído de esta fuente es de sólo 5.2 l/s. adicional a esta fuente, en el borde costero existen dos captaciones subterráneas de tipo punteras identificadas como Rancura y Rancura 2 con caudales de 4.5 l/s y 17.5 l/s respectivamente.

Figura 8: Captación abierta Iloca



Fuente: *Elaboración propia*

Figura 9: Drenes Punteras Rancura, Iloca



Fuente: *Elaboración propia*

Planta de Tratamiento de Agua Potable:

Si bien las aguas captadas desde el estero Iloca solo necesitan de tratamientos tradicionales para retirar sólidos y materia orgánica para luego agregar cloro y flúor, las aguas captadas por las punteras, al estar en el borde costero, se ven muy afectadas por la entrada de la cuña salina, situación que obligó a la sanitaria a construir y habilitar una planta de tratamiento por Osmosis Inversa que, actualmente, tiene capacidad de tratar hasta 26 l/s. para atender el incremento de la demanda durante la temporada estival.

Figura 10: Planta de Tratamiento de Agua Potable Iloca



Fuente: *Elaboración propia*

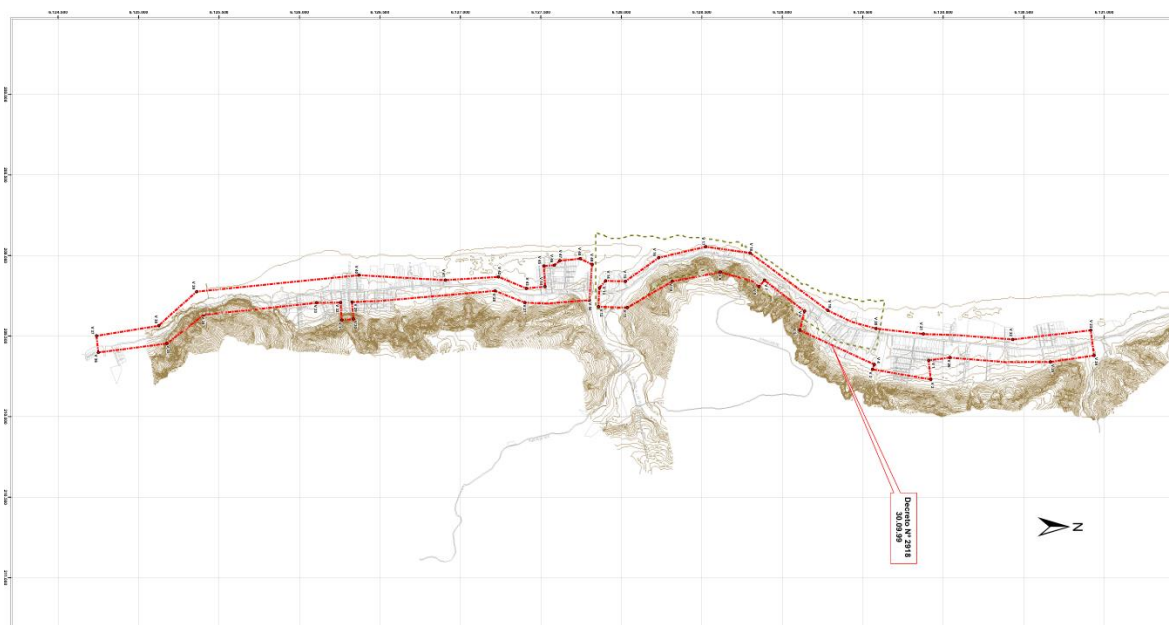
Proyección de demanda:

Coberturas de Agua Potable: La cobertura de agua potable para la localidad es de 100% en el año 2021.

Dotaciones de Consumo: La dotación de consumo para clientes dentro del territorio operacional y clientes 52 bis corresponde a 123,9 l/hab/día para el año 2021.

Pérdidas de Agua Potable: Las pérdidas de agua potable se estiman en un 20,3%, correspondiente a la registrada e informada en el año 2019 para la etapa de distribución, y de 5,0% para la etapa de producción la que se mantiene constante en todo el periodo de análisis. En el caso que exista planta de tratamiento de agua potable convencional se considera una pérdida del 5%.

Figura 11: Territorio Operacional de Iloca.



Fuente: Aguas NuevoSur

Proyección de demanda de agua potable dentro del territorio operacional:

Tabla 8: Proyección de Demanda de Agua Potable Dentro del Territorio Operacional Iloca

AÑO	Caudales Consumo			Pérdidas		Caudales de Producción		
	Q medio l/s	Q max diario l/s	Q max horario l/s	Producción %	Distribución %	Q medio l/s	Q max diario l/s	Q max horario l/s
2016	5,09	14,38	21,57	5%	6%	5,68	16,06	22,89
2017	5,35	15,13	22,70	5%	6%	5,98	16,90	24,08
2018	5,63	15,93	23,89	5%	6%	6,29	17,79	25,35
2019	5,91	16,72	25,07	5%	6%	6,60	18,67	26,60
2020	6,20	17,54	26,31	5%	6%	6,93	19,59	27,91
2021	6,51	18,39	27,59	5%	6%	7,27	20,54	29,27
2022	6,83	19,31	28,96	5%	6%	7,63	21,56	30,73
2023	7,14	20,19	30,28	5%	6%	7,98	22,55	32,13
2024	7,47	21,11	31,66	5%	6%	8,34	23,57	33,59
2025	7,82	22,09	33,14	5%	6%	8,73	24,68	35,16
2026	8,17	23,10	34,65	5%	6%	9,13	25,80	36,77
2027	8,53	24,10	36,16	5%	6%	9,52	26,92	38,36
2028	8,89	25,12	37,68	5%	6%	9,92	28,06	39,98
2029	9,26	26,17	39,26	5%	6%	10,34	29,23	41,66
2030	9,63	27,24	40,86	5%	6%	10,76	30,42	43,35
2031	10,03	28,37	42,55	5%	6%	11,21	31,68	45,14

Fuente: Plan de desarrollo de Iloca, Aguas NuevoSur

4.5. MARCO TEÓRICO

La investigación realizada por Molinos-Senante, et al. (2023) sobre la gestión de riesgos de desastres naturales en la industria del agua potable chilena proporciona un análisis exhaustivo y recomendaciones pertinentes que se alinean estrechamente con los objetivos de la investigación actual. Este estudio previo destaca la importancia crítica de evaluar y gestionar los riesgos a los que están expuestas las infraestructuras críticas, como los sistemas de agua potable, ante fenómenos naturales y antropogénicos (Molinos-Senante et al., 2023). La interrupción de estos servicios esenciales no solo afecta la seguridad y el funcionamiento de una nación, sino que también compromete el derecho básico humano al acceso al agua potable. Por otra parte, La investigación realizada por Danneels y Finley (2004) sobre la evaluación de las vulnerabilidades de los sistemas de agua potable en Estados Unidos ofrece una base sólida para comprender los desafíos asociados con la protección de la infraestructura hídrica. Este estudio destaca la importancia de analizar y comprender las vulnerabilidades dentro de la infraestructura del agua para proteger la salud y la seguridad de la población,

señalando que se requieren esfuerzos significativos para corregir varias vulnerabilidades identificadas (Danneels & Finley, 2004). En lo específicamente referido a los actuales escenarios de sequía que se viven en el país, La investigación realizada por Leveque et al. (2024) proporciona un análisis profundo de la vulnerabilidad de las tomas de agua potable urbana a la escasez de agua bajo el cambio global, empleando un enfoque bottom-up. Este estudio destaca la importancia de desarrollar planes de protección específicos para las tomas de agua potable, basados en evaluaciones locales, en lugar de depender exclusivamente de datos regionales o globales. La metodología propuesta por Leveque et al. (2024) permite una comprensión más precisa de cómo la urbanización y el cambio climático influyen en la vulnerabilidad de las tomas de agua potable, abarcando un amplio espectro de riesgos potenciales.

La investigación de Danneels y Finley (2004) subraya la importancia de comprender las vulnerabilidades dentro de la infraestructura del agua como un paso crucial para proteger la salud y la seguridad de los ciudadanos. Este enfoque se alinea con el primer objetivo específico de esta investigación, que implica identificar y conocer todas las materias relacionadas con los sistemas productivos de agua potable. La sistematización de la información recopilada, tal como lo sugiere este estudio, puede beneficiarse enormemente de las conclusiones de Danneels y Finley (2004), especialmente en lo que respecta a la identificación de vulnerabilidades y la necesidad de esfuerzos significativos para corregirlas.

La investigación de Leveque et al. (2024) subraya cómo los cambios antropogénicos tienen un impacto pronunciado en las amenazas de escasez de agua a escala local, lo que resalta la importancia de una mejor gestión del uso del suelo, especialmente en el contexto de la urbanización. Esta conclusión es especialmente pertinente para el objetivo de identificar y analizar los factores más relevantes de cada localidad que tienen relación con la producción de agua potable. Al integrar estos hallazgos en este marco teórico, es posible enfocarse en cómo la urbanización y los cambios en el uso del suelo influyen en la disponibilidad y calidad del recurso hídrico en La Tirana e Iloca. En esta misma línea, La comprensión de las vulnerabilidades

identificadas por Danneels y Finley (2004) puede informar nuestra evaluación de los riesgos existentes y potenciales en estas localidades, así como la propuesta de medidas de mitigación.

La identificación y análisis de las prácticas actuales de gestión de riesgos en Chile, como se describe en el estudio de Molinos-Senante et al. (2023), resalta la emergencia de la gestión de riesgos de eventos naturales extremos como un tema incipiente en el sector del agua. Esta observación es crucial para el objetivo de caracterizar las amenazas inherentes a cada etapa de los sistemas productivos de agua potable y evaluar la exposición y vulnerabilidad de las localidades de La Tirana e Iloca. Además, el reconocimiento de la disparidad en el desarrollo de metodologías formales de gestión de riesgos entre compañías de agua de diferentes tamaños subraya la necesidad de un sistema de gestión de riesgos práctico y aplicable a todas las compañías de agua, independientemente de su tamaño, lo cual es un aspecto central de esta propuesta metodológica.

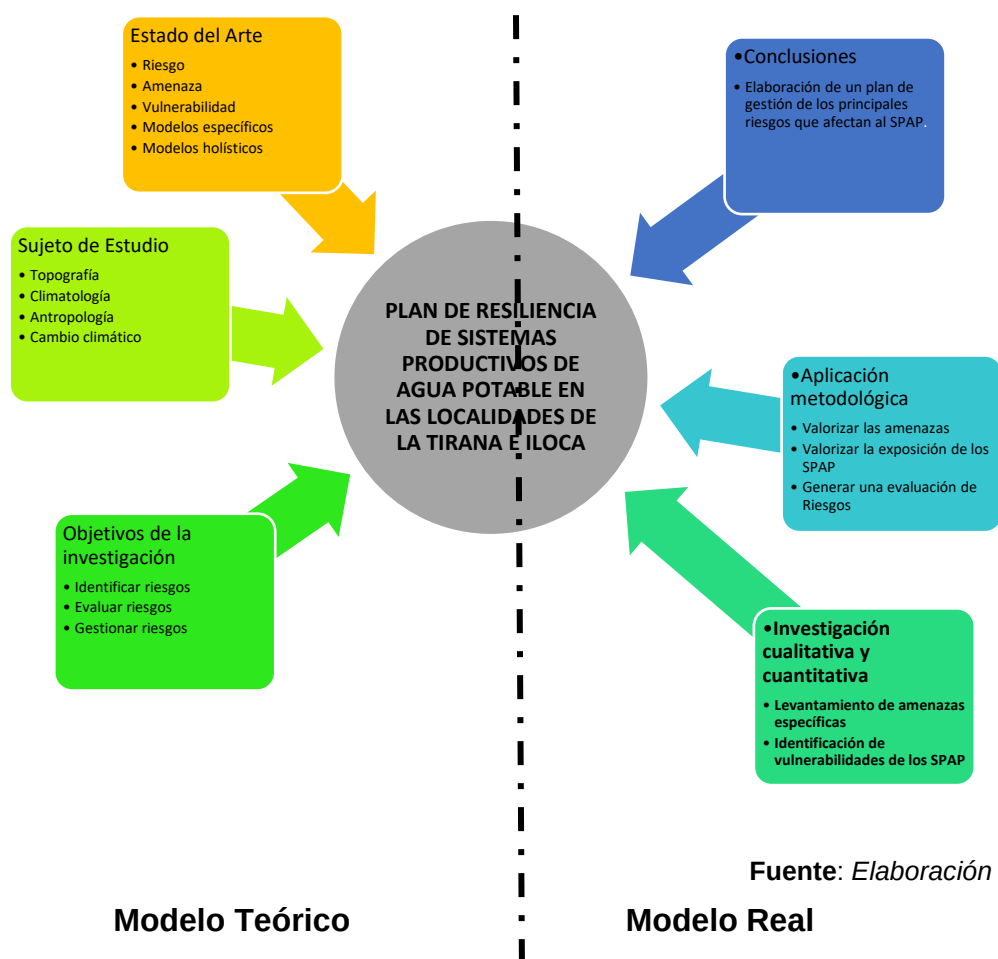
La investigación previa, también menciona la importancia de establecer regulaciones como motor de cambio en la gestión de riesgos, lo que resuena con el objetivo de proponer medidas de adaptación y mitigación para los riesgos identificados. La aplicación de una metodología para la gestión de riesgos y el cumplimiento de objetivos básicos en este tema, como sugiere Molinos-Senante et al. (2023), es fundamental para el enfoque hacia la mejora de las condiciones de riesgo en los sistemas productivos de agua potable de las localidades estudiadas.

Danneels y Finley (2004) resalta la necesidad de una inversión significativa para proporcionar incluso niveles mínimos de seguridad para los sistemas productivos de agua potable. Esta observación es particularmente relevante para el séptimo objetivo específico, que implica proponer medidas de adaptación y mitigación para los riesgos identificados en cada sistema de producción de agua potable de las localidades estudiadas. La comprensión de que la infraestructura del agua es una de las infraestructuras críticas más subestimadas, como señalan Danneels y Finley

(2004), refuerza la importancia de este estudio y la necesidad de desarrollar planes de acción efectivos.

Finalmente, Roozbahani et al. (2013), subraya la importancia de la participación de expertos en el proceso de evaluación de riesgos, lo cual es coherente con el enfoque metodológico de esta investigación al involucrar a partes interesadas locales en la identificación de riesgos y en la formulación de estrategias de mitigación. Este enfoque participativo no solo mejora la precisión de la evaluación de riesgos, sino que también fomenta la aceptación y el compromiso con las medidas de mitigación propuestas.

Figura 12: Esquema Marco Teórico



Fuente: *Elaboración propia.*

CAPÍTULO V

PROPUESTA METODOLÓGICA

A continuación, se presentan las diversas fases que articulan la propuesta metodológica de la investigación

5.1. DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y ESTIMACIÓN DE LAS FASES

Fase 1: Revisión bibliográfica y web

Se buscará en módulos del magíster en gestión del agua, páginas web, bibliotecas en línea y entrevistas a expertos, los estudios y propuestas existentes para el análisis de riesgos en los SPAP.

Se sistematizará la información en fichas bibliográficas, generando luego un review y Excel resumen con los conceptos y palabras clave del marco teórico. También, se evaluará la experiencia internacional en este tipo de estudios, lo que se reflejará en un cuadro o un resumen. Además, esta información del estado del arte se complementará con información recogida directamente en un taller de identificación de amenazas con 5 expertos de la materia, esto se sistematizará en un “Diagrama de Amenazas Identificadas”.

(Tiempo: 12 semanas)

Fase 2: Caracterización del sujeto

2.1 Infraestructura SPAP: Con la información entregada por las sanitarias, se describirán las partes que componen los SPAP de cada localidad.

Esto se hará por medio de texto y apoyándose en gráficos y figuras cuando sea necesario.

2.2 Caracterización de la localidad: Se recopilará información sobre las dos localidades a estudiar poniendo especial énfasis en sus características geográficas, climáticas y antropológicas de las zonas en las que se emplazan.

Esto se condensará en un capítulo completo que irá desde lo más general hasta lo más específico en cada localidad, poniendo especial atención en aquellas características que pudieran implicar un mayor nivel de exposición o vulnerabilidad para el estudio.

Fase 3: Marco teórico

Habiendo recopilado y analizado el estado del arte sobre la materia, identificado el sujeto y teniendo en vista los objetivos, se seleccionan aquellos estudios más útiles para definir un marco teórico.

En un mapa mental se graficarán los conocimientos teóricos anteriormente recogidos para el planteamiento central de la investigación más los pasos que definirán el modelo real de la investigación. Esto se acompañará con una explicación textual de unas dos páginas.

(Tiempo: 4 semanas)

Fase 4: Planificación

Se definen las etapas y se estima el tiempo destinado a completar cada una para alcanzar el objetivo general.

Para esto, se condensa la programación en una hoja de ruta describiendo cada una de las fases, las que se asocian a los objetivos específicos, señalando qué y cómo se hará para cumplirlo, por otra parte, la programación de ejecución se plantea en una carta Gantt.

(Tiempo: 1 semana)

Fase 5: metodología específica

5.1 Identificar la infraestructura: se caracterizará cada uno de los componentes de los sistemas productivos de agua potable de cada localidad.

La información se extraerá a partir de la información contenida en los planes de desarrollo, de cada una de las sanitarias que operan en cada región.

5.2 Caracterización de amenazas: De la revisión bibliográfica y consulta a panel de expertos se caracterizarán las principales amenazas que pueden afectar a los sistemas identificados.

La información levantada se clasificará en sus distintos orígenes y se graficará en un diagrama.

5.3 La caracterización del sujeto: con su análisis de factores más relevantes permitirá identificar y analizar la exposición y vulnerabilidad de cada localidad frente a las amenazas identificadas.

Esto se hará describiendo sus características más relevantes atendiendo los diversos factores que pueden estar asociados a las amenazas identificadas por medio de descriptores y con apoyo gráfico.

5.4 Valorización de factores: Con la información anterior se valorizarán las amenazas y la vulnerabilidad.

Basándose en el criterio de expertos y la bibliografía investigada se construirá una tabla que permita elaborar un ranking de las amenazas y las vulnerabilidades más relevantes para los SPAP de cada localidad.

5.5 Generación de factor de riesgo: Con la valorización obtenida anteriormente se generará un factor AxV denominado “exposición al riesgo”

Esto se logrará multiplicando cada amenaza con cada vulnerabilidad asociada del punto 5.4

5.6 Resultados parciales: Corresponden a la recopilación de todos los pasos anteriores.

Con estos valores se elaborará una tabla de resultados parciales que sistematice la información recopilada.

(Tiempo: 3 semanas)

Fase 6: Matriz de riesgos

Esta fase se alimenta con los resultados parciales obtenidos en la etapa anterior, habiendo caracterizado los sistemas productivos, identificado las amenazas más relevantes, evaluado la vulnerabilidad de cada localidad a las amenazas y valorizado el riesgo asociado a las combinaciones de amenaza/vulnerabilidades más relevantes de cada localidad, se construye una matriz de riesgos propia del sistema de producción de agua potable estudiado.

Para esto se utilizará una matriz de 6x4 (amenazas X subsistemas) que expresará a nivel cualitativo cada uno de los niveles de riesgo de las principales amenazas, asociadas a un constructo (valor numérico) que representa una escala de valor.

(Tiempo: 1 semana)

Fase 7: Gestión del Riesgo

Con la matriz de riesgo elaborada y evaluada, se hará una clasificación de los riesgos levantados y se propondrán medidas de adaptación, mitigación o disminución para los riesgos más relevantes.

Con el apoyo de un panel de expertos se definirán las alternativas más viables tendientes a manejar los principales riesgos identificados, esto se hará a través de un taller de media jornada y se condensará en un documento de propuestas de planes de acción.

(Tiempo: 2 semanas)

Fase 8: Conclusiones

En función a los resultados, tanto parciales como general, se establecerán o evidenciarán conclusiones, a partir de las propuestas de planes de acción tendientes a incrementar la resiliencia de los SPAP en las localidades estudiadas.

Se plantearán de modo textual con un orden establecido en función de prismas que representan la viabilidad de ejecución de los planes

(Tiempo: 1 semana)

Fase 9: Recomendaciones por escenarios

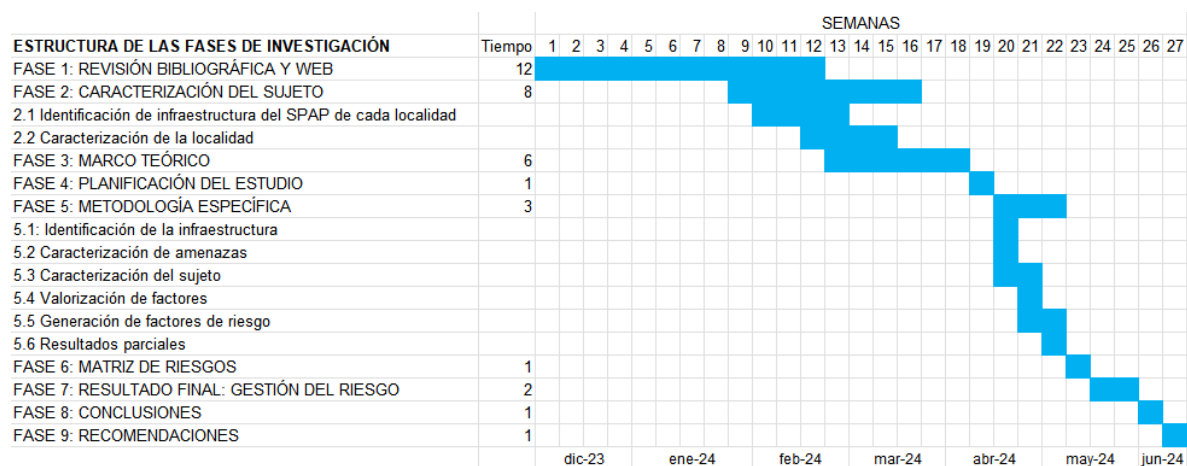
A partir de los resultados finales y de las conclusiones, se propondrán recomendaciones de conocimientos para investigar en el futuro y, por otra parte, se incluirán las limitaciones y recomendaciones del estudio de ser implementado en otros SPAP.

Se diseñará una cartilla de recomendaciones considerando como ente fundamental el sujeto y el SPAP. Las propuestas de recomendación se realizarán bajo escenarios climáticos, económicos y de política pública.

(Tiempo:1 semana)

5.2. PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Figura 13: Cronograma de la investigación



Fuente: *Elaboración propia*

CAPÍTULO VI

APLICACIÓN METODOLÓGICA

Para el desarrollo efectivo de esta investigación el proceso se ha separado en una serie de etapas, cada una orientada al cumplimiento de los objetivos específicos y el objetivo general. A continuación, se evidencia el desarrollo de cada una de estas fases.

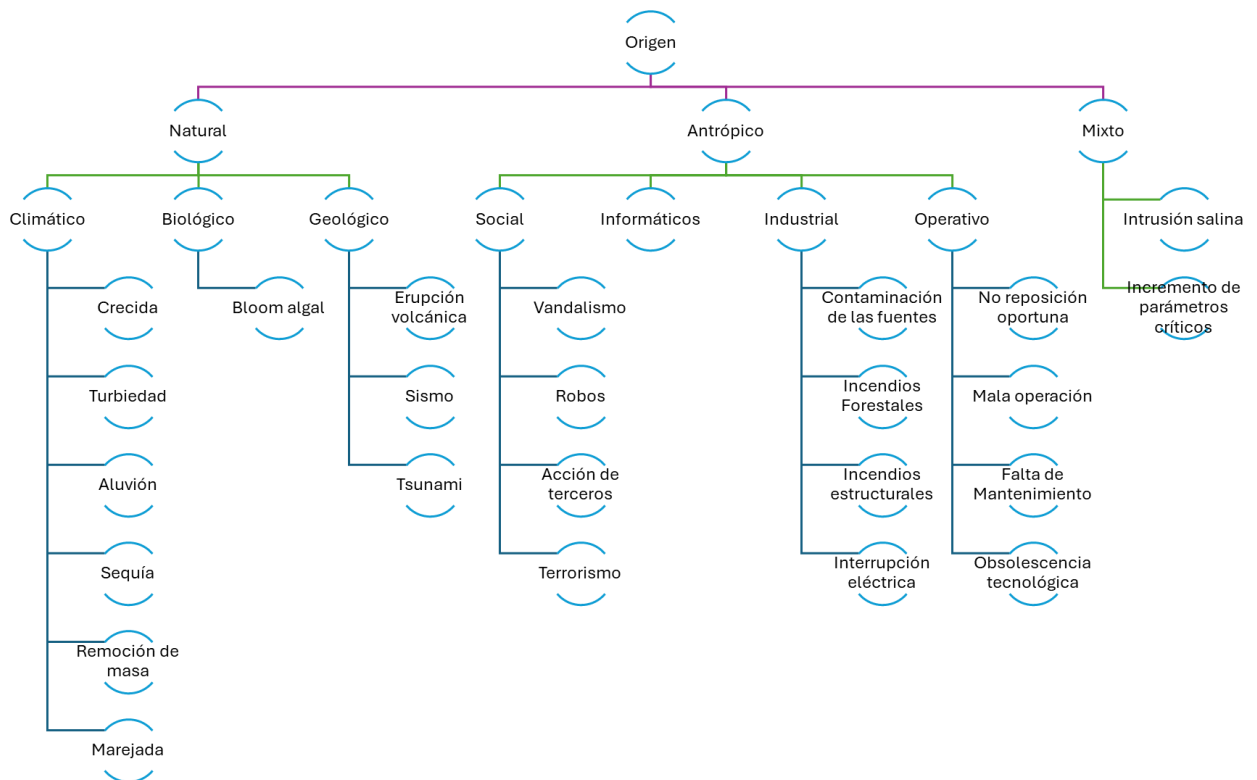
6.1. FASE 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y WEB

Se buscó en los módulos del magíster en gestión del agua, páginas web, bibliotecas en línea y entrevistas a expertos, los estudios y propuestas existentes para el análisis de riesgos en los SPAP.

Se sistematizo la información en fichas bibliográficas, generando luego un review y Excel resumen con los conceptos y palabras clave del marco teórico. También, se evaluará la experiencia internacional en este tipo de estudios, lo que se reflejará en un cuadro o un resumen. Además, esta información del estado del arte se complementará con información recogida directamente mediante entrevista a unos 5 expertos nacionales de la materia, esto se sistematizará en un cuadro con descriptor de la opinión de cada uno.

De la revisión bibliográfica y web, en conjunto con el taller realizado, se logró identificar la mayor cantidad de amenazas que, potencialmente, pueden afectar a los SPAP clasificándolos en su origen como naturales, antrópicos o mixtos.

Figura 14: Esquema de amenazas identificadas



Fuente: Elaboración propia

6.2. FASE 2: CARACTERIZACIÓN DEL SUJETO

La Tirana: Ubicada a 950 msnm, con un clima desértico que recibe un promedio anual de 8.7mm de lluvia e inserta en medio de la pampa del tamarugal y rodeado de volcanes. La localidad de La Tirana obtiene sus aguas con 2 fuentes subterráneas tratadas en una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) que tiene dos sistemas paralelos. Por una parte, un módulo de osmosis inversa y por otro, una planta de abatimiento de arsénico con un centro de cloración. Las aguas de ambos sistemas luego son mezcladas en un estanque de almacenamiento para ser distribuidas a la localidad.

Iloca: Ubicado a unos 120 km de Curicó, es uno de los principales balnearios de la región del Maule, recibe cerca de 200mm de lluvia anualmente. La localidad de Iloca se abastece desde 2 fuentes de distinto origen, por una parte, se encuentra la captación superficial del estero Iloca y la principal fuente corresponde a drenes enterrados en el borde costero. Ambas fuentes son conducidas hasta una PTAP que cuenta con dos sistemas paralelos. Por un lado, un módulo de osmosis inversa y por otro, una planta tradicional con filtros bicapa y un centro de cloración y fluoración. Las aguas de ambos sistemas luego son mezcladas en un estanque de almacenamiento para ser distribuidas a la localidad.

6.3. FASE 3: MARCO TEÓRICO

Habiendo recopilado y analizado el estado del arte sobre la materia, identificado el sujeto y teniendo en vista los objetivos, se seleccionan aquellos estudios más útiles para definir un marco teórico. Luego en un mapa mental se grafican los conocimientos teóricos ya recogidos para el planteamiento central de la investigación más los pasos que definirán el modelo real de la investigación.

6.5. FASE 5: METODOLOGÍA ESPECÍFICA

Fase 5: metodología específica

5.1 Identificar la infraestructura: se caracterizará cada uno de los componentes de los sistemas productivos de agua potable de cada localidad. La información se generó a partir de la información contenida en los planes de desarrollo, de cada una de las sanitarias que operan en cada región.

La Tirana: La localidad de La Tirana obtiene sus aguas desde 2 fuentes subterráneas las que son tratadas en una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) que cuenta con dos sistemas paralelos. Por una parte, un módulo de osmosis inversa y por otro, una planta de abatimiento de arsénico con un centro de cloración. Las aguas de ambos sistemas luego son mezcladas en un estanque de almacenamiento para ser distribuidas a la localidad.

Iloca: La localidad de Iloca se abastece desde 2 fuentes de distinto origen, por una parte, se encuentra la captación superficial del estero Iloca y la principal fuente corresponde a drenes enterrados en el borde costero. Ambas fuentes son conducidas hasta una PTAP que cuenta con dos sistemas paralelos. Por un lado, un módulo de osmosis inversa y por otro, una planta tradicional con filtros bicapa y un centro de cloración y fluoración. Las aguas de ambos sistemas luego son mezcladas en un estanque de almacenamiento para ser distribuidas a la localidad.

5.2 Caracterización de amenazas: De la revisión bibliográfica y consulta a panel de expertos se caracterizarán las principales amenazas que pueden afectar a los sistemas identificados. La información levantada se clasificó en sus distintos orígenes y se grafica en un diagrama.

Luego de la revisión bibliográfica y habiendo realizado un taller con expertos de la empresa ECONSSA Chile S.A. se pudieron identificar y clasificar 25 potenciales amenazas las que se ordenaron según su origen en Naturales y Antrópicas generando una tercera categoría mixta.

FUENTES DE AMENAZA DE ORIGEN NATURAL

Climático

- Crecidas de ríos (inundación fluvial)

Aumento repentino en la cantidad e intensidad de las precipitaciones, deriva en un aumento de los niveles de ríos y canales, excediendo incluso los límites del cause.

- Aumento de turbiedad

Acentuada en el último tiempo debido al cambio climático, específicamente por la modificación en las condiciones de las precipitaciones. Producto de un incremento de la cota donde se ubica la isoterma cero, precipita agua en forma de lluvia en lugares donde habitualmente cae nieve, esto genera arrastre de sedimentos, superando los límites de diseño de las plantas.

- Aluvión

Corresponde a un fenómeno de arrastre de material suelto, debido a la liberación repentina de un gran volumen de agua. Se asocia principalmente a sectores en los que la lluvia es menos común y se ha generado acumulación de materiales en quebradas y lechos sin tránsito superficial de aguas.

- Remoción en masa

Desplazamiento de un volumen de terreno. Este es un proceso geomorfológico por el cual el suelo, el material no consolidado y la roca se mueven cuesta abajo debido a la fuerza de la gravedad. Los tipos de remoción de masa incluyen fluencia, deslizamientos, flujos y caídas, con características propias, y que tienen lugar en escalas de tiempo que van de segundos a décadas.

Este fenómeno se diferencia al aluvión, debido a que es puntual en alguna ladera, afectando a una zona acotada, dejando las infraestructuras imposibilitadas de operar por un periodo prolongado.

- Sequia

Las fuentes de abastecimiento de agua potable están expuestas al cambio de las condiciones climáticas en los sectores donde están emplazadas. Fenómeno acentuado en el último tiempo por el cambio climático.

El resultado es que las fuentes subterráneas se ven afectadas por el descenso en los niveles freáticos, por otra parte, las fuentes superficiales sufren cambios tanto en las condiciones de escorrentía como en los caudales disponibles en ellas. Generando problemas en la operación, e incluso dejando muchas fuentes fuera de operación.

- Marejadas

La intensificación de los fenómenos atmosféricos asociados al cambio climático también genera una mayor reiteración e intensidad de los fenómenos de fuertes oleajes.

Biológico

- Bloom algal

El fenómeno de Bloom algal o de proliferación de algas es un incremento rápido de la población de algas en un sistema acuático, indiferente si es de agua dulce o salada.

Una de las primeras características es el color que toma el medio, a menudo la proliferación de algas es verde, pero también tonalidades marrón, amarillo o rojo, dependiendo de las especies de algas involucradas. Este aumento de las células pigmentadas es detectado cuando su concentración llega a un orden de cientos de

células por milímetro o incluso a valores de millones de células por milímetro según la virulencia del brote.

Geológico

- Volcánico

Dadas las condiciones geográficas de nuestro país, resulta necesario evaluar la amenaza de la infraestructura en las zonas aledañas a volcanes. Tanto para los eventos eruptivos como tal, así como también para las consecuencias posteriores ante un evento de este tipo, donde se pudiese ver afectada la infraestructura debido al fenómeno de flujos piroclásticos y aluviones los cuales destruirían las plantas dejándolas sin opción de operar.

- Sísmico

Amenaza inherente a lo largo de nuestro país, al que se ve afectada la estructura sanitaria por los movimientos telúricos generados al encontrarnos en una zona de subducción de placas. Dependiendo del nivel del evento telúrico se podría ver afectada la continuidad del servicio de forma parcial o total.

- Tsunami

Amenaza inherente a la infraestructura sanitaria de nuestro país, ubicada en zona costera (en cota menor a 30 msnm) debido a la potencial generación de maremotos causados por sismos de subducción bajo el mar. Dependiendo del nivel del evento telúrico, y su posterior tsunami, se podría ver afectada la continuidad del servicio de forma parcial o total.

FUENTES DE AMENAZA ANTRÓPICO

Industrial

- Incendios forestales

Amenaza asociada al fuego que se extiende sin planificación, sin gestión ni control en terreno silvestre, agrícola o forestal, afectando a los combustibles vegetales, flora y fauna del lugar. Un incendio de estas características se distingue de otros tipos de incendios por su amplia extensión además de la velocidad en que se puede extender desde su origen y su potencial para cambiar de dirección inesperadamente. Superando obstáculos físicos como carreteras, ríos o cortafuegos.

Existen proyecciones que debido al cambio climático se sufrirá un aumento en estos fenómenos por la generación de las condiciones ideales para su propagación como lo son; la disminución de la humedad relativa, aumento en las temperaturas y presencia de viento en el sector.

- Incendios estructurales

Ocurrencia de fuego generado de manera inesperada y no controlada. Estos pueden afectar tanto a equipos o estructuras no destinadas a quemarse. El origen de estos incendios es variado y puede ser por deficiencias en la mantención o en la operación de los sistemas internos.

Dependiendo del nivel del evento, se podría ver afectada la continuidad del servicio de forma parcial o total.

- Interrupción eléctrica

Como en toda instalación industrial, el suministro eléctrico resulta fundamental para su funcionamiento y operación. Si bien existen diversas alternativas para superar las interrupciones o el no contar con el suministro eléctrico, estas resultan ser paliativas ante una interrupción del suministro.

En este caso la afectación en la continuidad del servicio sanitario será proporcional a la interrupción eléctrica a menos que se cuente con dichos mecanismos alternativos de electricidad.

- Contaminación de la fuente

Eventos externos o internos a la operación de la empresa que pueden causar la contaminación de la fuente de agua cruda, generando afectación en el sistema productivo. El nivel de dicha afectación dependerá de la rapidez en que sea detectado, el agente contaminante y en la ubicación en que este se detecte.

Dependiendo del nivel del evento, se podría ver afectada la continuidad del servicio de forma parcial o total.

Socio – Organizativos

- Robos

Amenaza generada por un delito contra el patrimonio, consistente en el apoderamiento de bienes de la organización por otras personas de manera fraudulenta.

Dependerá del tamaño del evento la afectación en la continuidad del servicio, la cual puede que no se vea afectada, así como se afecte de forma parcial o total.

- Vandalismo

Corresponde a la amenaza generada por la destrucción parcial o total de la propiedad por la acción voluntaria por parte de un tercero. Existen distintos niveles de vandalismos que pueden afectar o no la operación de la infraestructura y estos abarcan desde el rayado con grafitis hasta la destrucción de la propiedad.

Si bien también se asocia a eventos no planificados y de ejecución aleatoria, en oportunidades estos tienen foco de ejecución debido a la génesis de la protesta que los origina.

- Acción de terceros

La amenaza identificada como “acción de terceros” corresponde a la generación de un daño en la propiedad debido a la acción involuntaria de un tercero que genera afectación en la infraestructura. Ejemplo de estos casos corresponde a problemas daños generados durante la construcción de obras aledañas, choques vehiculares contra la infraestructura, etc.

- Terrorismo

Según define la Real Academia Española (RAE), el terrorismo corresponde a una “sucesión de actos de violencia ejecutados para infundir terror”. Entre los cuales puede verse afectada la infraestructura sanitaria dada su impacto y transversalidad en la sociedad.

Dependiendo del nivel del evento, se podría ver afectada la continuidad del servicio de forma parcial o total.

- Fuentes de amenaza de origen informáticos

Actualmente la industria se ve enfrentada a sistemas cada vez más digitalizados, los cuales por una parte traen importantes beneficios tanto; económicos como operacionales. Pero estos sistemas deben ser resguardados ante una ciberdelincuencia cada vez más feroz. Por lo cual las compañías de agua se ven expuestas a amenazas significativos.

La amenaza asociada a temas informáticos va de la mano con el nivel de automatización y operación a distancia que tenga la infraestructura. Debido a ello, los sistemas informáticos se ven expuestos a vulnerabilidades no distintas a las sufridas en otras industrias o en el ámbito personal como lo son:

- Ranzomware: Ataque que niega el acceso a operaciones o datos críticos hasta que se pague un rescate.
- Phishing: Ataque que busca engañar a las víctimas para que revelen información sensible o permitan el acceso a sistemas.

- Ataque de “día cero”: Ataques a usuarios que carecen de las actualizaciones de seguridad de debido a que se aprovechan de vulnerabilidades originales del software previamente expuestas.
- Ataque de denegación de servicio: Ataque diseñado para denegar el acceso a servicios críticos aprovechando la vulnerabilidad de una aplicación o inundando un sistema con más datos o pedidos de los que puede gestionar. Otras versiones utilizan varias computadoras, las cuales envían muchos pedidos a los servidores y así desbordar su capacidad de funcionamiento.

Internos

- Mala operación

En la industria sanitaria nacional ya hay experiencia de como la mala operación en las plantas y recintos, por parte de los mismos operadores de las concesionarias han generado problemas en la continuidad del servicio, como fue el caso de Osorno en julio de 2020, donde un derrame de hidrocarburo dejó sin suministro de agua a la ciudad varios días.

- Falta de mantenimiento

Cualquier déficit de mantenimiento, expone a la infraestructura sanitaria a potenciales amenazas en la continuidad operacional de la infraestructura.

- No reposición oportuna

De igual manera que la falta de mantenimiento, la no reposición de manera oportuna de la infraestructura genera produce problemas en la continuidad operacional debido a componentes de la infraestructura que ya han cumplido su vida útil y resulta más probable su falla imprevista.

- Obsolescencia tecnológica

El avance de la tecnología genera que componentes industriales queden obsoletos a los pocos años, sin tener la capacidad de reemplazarlos de forma rápida puesto que los proveedores no los mantienen en stock y no dan soporte de ellos. Generando que las fallas generadas por estos componentes demoren más en su reparación porque abarcan, más que un cambio de componentes, en una mejora integral del sistema.

FUENTES DE AMENAZA DE ORIGEN MIXTO

- Intrusión salina

El fenómeno de intrusión salina se genera en acuíferos costeros, donde ya sea por una mala gestión de los recursos (origen antrópico) y/o por una baja recarga (origen natural) se mezcla el agua dulce, requerida como agua cruda para los sistemas productivos con la cuña salina proveniente del mar.

Si bien estos fenómenos son paulatinos, generan impactos en la capacidad de producción de las fuentes, disminuyendo los caudales disponibles y en situaciones límite dejándolas sin operación cuando las sales no son posibles de abatir o mientras se instala un sistema capaz de hacerlo.

- Aumento en parámetros críticos

En acuíferos que contienen parámetros críticos, por ejemplo, arsénico, se ve un aumento en este parámetro por un agotamiento mayor de los sondajes. Lo cual está asociado a un mal manejo de acuífero (origen antrópico) o por causas no precisables asociadas a las condiciones naturales del acuífero.

Si bien estos fenómenos son paulatinos, generan impactos en la capacidad de producción de las fuentes, disminuyendo los caudales disponibles y en situaciones límite dejándolas sin operación cuando las sales no son posibles de abatir o mientras se instala un sistema capaz de hacerlo.

5.3 La caracterización del sujeto: con el análisis de los factores más relevantes se identifican y analizan la exposición y vulnerabilidad de cada localidad frente a las amenazas identificadas.

Esto se hará describiendo sus características más relevantes atendiendo los diversos factores que pueden estar asociados a las amenazas identificadas por medio de descriptores y con apoyo gráfico.

La Tirana: ubicada a 950 msnm, con un clima desértico que recibe un promedio anual de 8.7mm de lluvia e inserta en medio de la pampa del tamarugal y rodeado de volcanes, cuenta con dos captaciones subterráneas que se alimentan de aguas prehistóricas y que tienen una recarga mayor al consumo, una planta de tratamiento de agua potable con dos sistemas independientes que combinan sus aguas en un estanque para alcanzar la calidad óptima para potabilizar. Su población permanente es cercana a los 800 habitantes, situación que se ve incrementada durante la fiesta religiosa de julio superando las 200.000 personas durante ese mes.

Iloca: Ubicado a unos 120 km de Curicó, es uno de los principales balnearios de la región del Maule, recibe cerca de 200mm de lluvia anualmente. Cuenta con dos captaciones, una superficial en el estero Iloca, estero que tiene una recarga estival por lo que la sanitaria ha construido pequeños embalses de acumulación y una red de drenes en la costa cercanos a la desembocadura del río Mataquito, para el tratamiento de las aguas crudas, Iloca cuenta con dos sistemas independientes que combinan sus aguas en un estanque para alcanzar la calidad óptima para potabilizar. La población de Iloca está compuesta por aproximadamente 350 habitantes, aunque durante los meses de verano esta cifra puede aumentar considerablemente, sobrepasando las 1000 personas durante el verano.

5.4 Valorización de factores: Con la información anterior se valorizarán las amenazas y la vulnerabilidad.

Basándose en el criterio de expertos y la bibliografía investigada se construirá una tabla que permita elaborar un ranking de las amenazas y las vulnerabilidades más relevantes para los SPAP de cada localidad.

La Tirana: considerando las características propias de la localidad y su SPAP se han identificado las siguientes vulnerabilidades: Agua cruda de origen prehistórico con alta carga mineral, sistemas de extracción por medios mecánicos, sistemas de tratamiento con operación y equipamiento especializados, aumento explosivo y exponencial de población por un periodo muy acotado (un mes) con la llegada de personas de todo el espectro social.

Por otra parte, se han podido descartar muchas de las amenazas identificadas quedando las siguientes como las principales: de origen natural se observan los volcánico y sismo; de origen antrópico se encuentran el robo, vandalismo, acción de terceros, falta de personal, informáticos e internos; finalmente entre los de origen mixto se encuentra el aumento de parámetros críticos.

Iloca: Considerando las características propias de la localidad y su SPAP se han identificado las siguientes vulnerabilidades: captación de drenes (principal) con impulsión mecánica y a orillas del mar, ubicación de la PTAP a orillas del estero Iloca y en el mismo recinto que la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS), sistemas de tratamiento con operación y equipamiento especializados, incremento de la población en temporada estival.

Por otra parte, se han podido descartar muchas de las amenazas identificadas quedando las siguientes como las principales: de origen natural se observan las crecidas de ríos, aumento de turbiedad, aluvión, marejadas, sismos y tsunamis; de origen antrópico se encuentran el robo, vandalismo, acción de terceros, falta de personal, informáticos e internos; finalmente entre los de origen mixto se encuentra la intrusión salina.

5.5 Generación de factor de riesgo: Con la valorización obtenida anteriormente se generará un factor AxV denominado “exposición al riesgo”. Esto se estima multiplicando cada amenaza con cada vulnerabilidad asociada del punto 5.4

Para la determinación del factor de riesgo se utilizará la evaluación de impactos por procesos propuesta por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) (2024) en su Guía Metodológica “Formulación de Estrategia de Continuidad Operacional Para Servicios de Agua Potable y Saneamiento” que gradúa el impacto en los siguientes niveles:

Tabla 9: Niveles de impacto del riesgo

Niveles de impacto	1	2	3	4
Continuidad de prestación de servicio de agua potable a los hogares	Afectación entre el 0% y el 25% de los clientes	Afectación entre el 26% y 50% de los clientes	Afectación entre el 51% y el 75% de los clientes	Afectación superior al 75% de los clientes

Fuente: Guía Metodológica Formulación de Estrategia de Continuidad Operacional para Servicios de Agua Potable y Saneamiento, SISS.

Y considera, para medir efectivamente el nivel impacto, el tiempo de recuperación efectiva de la operatividad del sistema (RTO) separándolo en 4 segmentos; 0-6 horas, 6-12 horas, 12-24 horas y más de 24 horas. Quedando finalmente una segmentación de valores como se muestra en el siguiente cuadro:

No disponible durante	Operatividad Afectación al servicio
0 - 6 horas	2
6 - 12 horas	3
12 - 24 horas	4
Más de 24 horas	4

5.6 Resultados parciales: Corresponden a la recopilación de todos los pasos anteriores. Con estos valores se genera una tabla de resultados parciales que sistematice la información recopilada.

Luego con la información recopilada se divide el SPAP en sus distintos subsistemas y, utilizando el criterio antes mencionado.

Para la localidad de La tirana se tienen los siguientes resultados:

Tabla 10: Riesgos Captación La Tirana

La Tirana	Amenaza									
	Volcánico	Sismo	Robo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación	Falta de mantenimiento	No reposición oportuna	aumento de parámetros
Captación	4	4	2	2	3	1	1	3	4	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Riesgos Planta Osmosis Inversa La Tirana

La Tirana	Amenaza									
	Volcánico	Sismo	Robo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación	Falta de mantenimiento	No reposición oportuna	aumento de parámetros
PTAPOI	4	4	2	2	2	2	4	4	4	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Riesgos Planta Tratamiento Agua Potable La Tirana

La Tirana	Amenaza									
	Volcánico	Sismo	Robo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación	Falta de mantenimiento	No reposición oportuna	aumento de parámetros
PTAP Arsénico	4	4	1	1	2	2	2	3	3	2

Fuente: Elaboración propia.

Para la localidad de Iloca se tienen los siguientes resultados:

Tabla 13: Riesgos Captación abierta Iloca

Iloca	Amenaza									
	Creceda de río	Turbiedad	Aluvión	Sismo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación	Falta de mantenimiento	No reposición oportuna
Captación abierta	4	4	4	4	1	3	1	1	2	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Riesgos Drenes Iloca

Iloca	Amenaza									
	Marejada	Sismo	Tsunami	Robo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación	Falta de mantenimiento	No reposición oportuna
Drenes	3	4	4	2	1	3	1	1	2	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Riesgos Planta Osmosis Inversa Iloca

Iloca	Amenaza									
	Creceda de río	Aluvión	Sismo	Tsunami	Robo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación	Falta de mantenimiento
PTAPOI	4	4	4	4	3	2	2	2	4	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Riesgos Planta Tratamiento Agua Potable Iloca

Iloca	Amenaza									
	Creceda de río	Turbiedad	Aluvión	Sismo	Tsunami	Robo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación
PTAP	4	4	4	4	4	3	1	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

6.6. FASE 6: MATRIZ DE RIESGOS

Con los resultados parciales obtenidos en la etapa anterior, habiendo caracterizado los sistemas productivos, identificado las amenazas más relevantes, evaluado la vulnerabilidad de cada localidad a las amenazas y valorizado el riesgo asociado a las combinaciones de amenaza/vulnerabilidades más relevantes de cada localidad, se construye una matriz de riesgos propia del sistema de producción de agua potable estudiado.

Para esto se utilizará una matriz de 6x4 (amenazas X subsistemas) que expresará a nivel cualitativo cada uno de los niveles de riesgo de las principales amenazas, asociadas a un constructo (valor numérico) que representa una escala de valor. Para la localidad de La Tirana, una vez compilados los resultados parciales, se tiene la siguiente matriz de riesgos identificados y valorizados.

Tabla 17: Matriz de Riesgos SPAP La Tirana

La Tirana		Amenaza									
		Volcánico	Sismo	Robo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación	Falta de mantenimiento	No reposición oportuna	aumento de parámetros
Subsistema	Captación	4	4	2	2	3	1	1	3	4	1
	PTAP OI	4	4	2	2	2	2	4	4	4	1
	PTAP Arsénico	4	4	1	1	2	2	2	3	3	2

Fuente: Elaboración propia.

Para la localidad de Iloca, una vez compilados los resultados parciales, se tiene la siguiente matriz de riesgos identificados y valorizados.

Tabla 18: Matriz de Riesgos SPAP Iloca

Iloca		Amenaza													
		Crecida de río	Turbiedad	Aluvión	Marejada	Sismo	Tsunami	Robo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación	Falta de mantenimiento	No reposición oportuna	Intrusión salina
Subsistema	Captación abierta	4	4	4		4			1	3	1	1	2	1	
	Drenes				3	4	4	2	1	3	1	1	2	3	2
	PTAP OI	4		4		4	4	3	2	2	2	4	4	4	1
	PTAP	4	4	4	4	4	4	3	1	2	2	2	3	3	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VII

RESULTADOS

En este capítulo, y habiendo analizado los resultados parciales a los que se ha llegado en las etapas anteriores, se identifican los principales riesgos, esto es, aquellos que tienen el mayor potencial de ocurrencia y, además, podrían causar el mayor impacto al suministro, tanto en duración como en clientes afectados.

7.1. La Tirana

La Tirana		Amenaza									
		Volcánico	Sismo	Robo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación	Falta de mantenimiento	No reposición oportuna	aumento de parámetros
Subsistema	Captación	4	4	2	2	3	1	1	3	4	1
	PTAP OI	4	4	2	2	2	2	4	4	4	1
	PTAP Arsénico	4	4	1	1	2	2	2	3	3	2

Fuente: Elaboración propia.

De la matriz de riesgos elaborada, es posible notar que la instalación más expuesta a las distintas amenazas corresponde a la planta de tratamiento por osmosis inversa. Esta planta suministra aproximadamente un 25% del total de agua producida en la localidad, sin embargo, debido al alto contenido de minerales de las aguas crudas, el agua de esta planta es clave para alcanzar parámetros de potabilidad en el agua que se distribuye en la localidad.

Viendo más allá de las amenazas volcánicas y sismológicas que, en general, afectarían a todas las instalaciones en igual medida y cuya medida de control está más asociada a planes de contingencia y gestión de emergencia para actuar posterior a la ocurrencia de los eventos. La complejidad en la operación y lo específico de los equipos son factores relevantes a la hora de diseñar un plan de resiliencia para esta instalación.

Es en este sentido que, para mitigar los riesgos por mala operación y falta de personal, la empresa debería mantener un plan de capacitación continua y amplia

que permita que la mayor cantidad de personal, tanto en la localidad misma, como en las aledañas, cuente con los conocimientos necesarios para operar de la mejor manera la planta y sea capaz de prestar apoyo en caso de ser necesario.

Por otra parte, para reducir el impacto de los riesgos de no reposición oportuna de los equipos y falta de mantenimiento, la empresa debe armar y cumplir al pie de la letra un plan de mantenimiento preventivo que abarque todas las componentes del subsistema. Adicional a esto, se deben identificar los equipos clave para mantener la operación y contar con un stock, disponible y en bodegas de la misma planta, de reemplazo de estos que permita su rápido recambio. Junto con esto, se debe contar con los elementos y el personal capacitado para llevar a cabo estas tareas lo más pronto posible.

Para mitigar los riesgos de vandalismo, robo y acción de terceros, la planta de osmosis inversa esta, en su totalidad, contenida dentro de un espacio cerrado con llave lo que resguarda todos los elementos susceptibles a estas amenazas, adicional a esto, el recinto debe contar con vigilancia permanente, ya sea con personal o cámaras de seguridad.

Las captaciones subterráneas que abastecen a ambas plantas tienen profundidades que superan los 100m por lo que los equipos de bombeo son los equipos más importantes de mantener y su reposición oportuna es esencial. Al igual que en el caso de la planta de osmosis inversa, la empresa debe armar y cumplir al pie de la letra un plan de mantenimiento preventivo que abarque todas las componentes del subsistema. Adicional a esto, se deben identificar los equipos clave para mantener la operación y contar con un stock, disponible y en bodegas de la misma planta, de reemplazo de estos que permita su rápido recambio. Junto con esto, se debe contar con los elementos y el personal capacitado para llevar a cabo estas tareas lo más pronto posible.

Adicional a lo anterior, al igual que las plantas de tratamiento, estas captaciones son susceptibles a actos vandálicos, robos y acción de terceros por lo que es importante

contar con monitoreo constante que permita detectar cualquier tipo de anomalía en la operación que pudiese ser atribuible a estas amenazas.

El segundo módulo de tratamiento de agua potable corresponde a una planta abatidora de arsénico y un sistema de cloración. Las amenazas a las que se expone este subsistema son muy similares a las que enfrenta la planta de osmosis inversa por lo que las medidas de control y mitigación son las mismas. Sin embargo, el uso de agentes químicos en el proceso de potabilización hace que esta planta sea más sensible a cambios en los parámetros de minerales y otros contaminantes en las aguas crudas por lo que se requiere un monitoreo constante a estos valores, personal capacitado para hacer los ajustes necesarios para su correcto funcionamiento y un stock siempre disponible de los insumos necesarios, como cloruro férrico e hipoclorito de sodio.

7.2. Iloca

Iloca		Amenaza													
		Crecida de río	Turbiedad	Aluvión	Marejada	Sismo	Tsunami	Robo	Vandalismo	Acción de terceros	Falta de personal	Mala operación	Falta de mantenimiento	No reposición oportuna	Intrusión salina
Subsistema	Captación abierta	4	4	4		4			1	3	1	1	2	1	
	Drenes				3	4	4	2	1	3	1	1	2	3	
	PTAP OI	4		4		4	4	3	2	2	2	4	4	4	1
	PTAP	4	4	4		4	4	3	1	2	2	2	3	3	

Fuente: Elaboración propia

Durante el terremoto y posterior tsunami que afectó las costas de la región del Maule durante el 27 de febrero de 2010, exceptuando la captación superficial, todas las instalaciones existentes en ese momento se vieron afectadas y la localidad pasó algunos días sin suministro.

Por otra parte, debido a la ubicación de ambas plantas y la captación abierta, a orillas del estero Iloca, estas instalaciones se encuentran expuestas a riesgos por aluvión y crecida del estero, por lo que, para mitigar el impacto de estas amenazas, se recomienda la construcción de gaviones y “paredes verdes” esto es, mantener un bosque entre las plantas y el cause que permita contener y disipar la fuerza del agua tanto en crecidas, aluviones y tsunamis que pudieran subir por el estero.

Adicional a las amenazas identificadas y analizadas en los párrafos anteriores que afectan a la totalidad de las instalaciones, en el caso de las plantas de tratamiento de agua potable, tanto tradicional, como por osmosis inversa, para mitigar los riesgos por mala operación y falta de personal, la empresa debería mantener un plan de capacitación continua y amplia que permita que la mayor cantidad de personal, tanto en la localidad misma, como en las aledañas, cuente con los conocimientos necesarios para operar de la mejor manera las plantas y sea capaz de prestar apoyo en caso de ser necesario.

Por otra parte, para reducir el impacto de los riesgos de no reposición oportuna de los equipos y falta de mantenimiento, la empresa debe armar y cumplir al pie de la letra un plan de mantenimiento preventivo que abarque todas las componentes del subsistema. Adicional a esto, se deben identificar los equipos clave para mantener la operación y contar con un stock, disponible y en bodegas de la misma planta, de reemplazo de estos que permita su rápido recambio. Junto con esto, se debe contar con los elementos y el personal capacitado para llevar a cabo estas tareas lo más pronto posible.

La planta de osmosis inversa recibe las aguas crudas captadas por los drenes que están en el borde costero. Por su ubicación los principales riesgos de estas instalaciones son las marejadas y los tsunamis. Por otra parte, al estar alejados del resto de las instalaciones y en medio de la población, estos se encuentran expuestos a la acción de terceros por lo que, para evitar daños accidentales, las instalaciones deben estar debidamente señalizadas, en especial los drenes mismos que van bajo tierra de manera tal que, en caso de trabajos de excavación, estos sean identificados antes de ser intervenidos.

En lo referente a que la planta de tratamiento tradicional, esta se alimenta desde las captaciones superficiales, estas captaciones están diseñadas a modo de embalses temporales que se instalan pasado el invierno para acumular agua para la temporada estival. Tanto la planta como las captaciones son susceptibles a las variaciones en la calidad de las aguas que transporta el estero, esto es,

contaminantes, variación de parámetros y, principalmente, turbiedad. Para evitar daños mayores en la planta, es necesario contar con monitoreo permanente de las aguas crudas que permita detener el suministro o ajustar la operación acorde a los requerimientos del momento.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES

En primer lugar, habiendo identificado todas las amenazas en sus diversos tipos que pueden afectar a los SPAP, es posible encontrar dos grandes grupos, aquellas de origen natural y las de origen antrópico. Entre las de origen natural existen las asociadas a desastres naturales, de las cuales Chile tiene un amplio abanico, pero también aquellas asociadas al cambio climático y la geografía propia de los asentamientos. Por otra parte, las amenazas de origen antrópico pueden ser internas, es decir, propias de los operadores, pero también relacionadas a las comunidades en las que están insertos los SPAP. Para las amenazas internas, la solución va por la capacitación y preparación de los mismos operadores. Sin embargo, aquellas vinculadas a las comunidades requieren de un trabajo más amplio que acerque estos sistemas a las personas y permita una identificación y un cuidado entendiendo la importancia del servicio que prestan y lo relevante que es su resguardo y conservación. Para esto, el relacionamiento comunitario de las empresas y el estado con la ciudadanía es clave en conjunto con el resguardo de la infraestructura.

El conocimiento exhaustivo del territorio es fundamental para la gestión eficaz de los SPAP. La similitud entre los sistemas no debe llevar a la complacencia, ya que las amenazas que enfrentan, aunque comparables en su naturaleza, varían enormemente en su intensidad y probabilidad de ocurrencia dependiendo de la geografía y el contexto ambiental específicos. Además, factores como el cambio climático pueden alterar los patrones de riesgo conocidos, introduciendo nuevas variables que deben ser consideradas en la evaluación de riesgos.

La ubicación geográfica influye en la disponibilidad y calidad del agua, así como en la vulnerabilidad a la contaminación y otros riesgos ambientales. Un sistema en una cuenca alta podría ser menos susceptible a la contaminación por aguas superficiales, pero más a los cambios en los patrones de precipitación. Por otro lado,

un sistema en una llanura aluvial podría enfrentar riesgos de inundaciones o contaminación agrícola.

La comprensión del entorno también incluye el reconocimiento de la infraestructura existente y su capacidad para soportar cambios o mejoras. La antigüedad de las tuberías, la capacidad de las plantas de tratamiento y la eficiencia de los sistemas de distribución son aspectos críticos que determinan la respuesta a las amenazas. Además, la interacción con comunidades locales y la comprensión de sus necesidades y prácticas pueden revelar oportunidades para mejorar la eficiencia y la aceptación de los sistemas de agua potable.

Considerando el contexto actual de los contratos bajo los cuales operan las sanitarias en las localidades estudiadas, los planes de mitigación fueron pensados y diseñados para que su implementación no genere un impacto monetario significativo en las empresas y los usuarios, por lo que su viabilidad, a nivel técnico debería ser alta. Sin embargo, la inexistencia de herramientas legales que faculten a ECONSSA Chile S.A. a exigir la implementación de estos, hacen que su viabilidad dependa de procesos de negociación y de entendimiento entre La SISS, ECONSSA Chile S.A. y los operadores, teniendo en cuenta que el fin último de estos planes es mejorar y dar continuidad a servicios esenciales para las comunidades.

CAPÍTULO IX

RECOMENDACIONES APLICADAS/PROFESIONALES

Se plantean diversas recomendaciones para investigar en el futuro y, por otra parte, se incluirán las limitaciones y recomendaciones del estudio de ser implementado en otros SPAP. También se diseña una cartilla de recomendaciones considerando como ente fundamental el sujeto y el SPAP. Las propuestas de recomendación se realizarán bajo escenarios climáticos, económicos y de política pública.

Identificar, cuantificar y gestionar los riesgos que afectan a las distintas instalaciones de los SPAP es clave para asegurar su continuidad operacional. Para esto, además de haber identificado las distintas amenazas que los pueden afectar, es esencial conocer en profundidad las características propias del lugar en el que se encuentran ubicados. Para esto los puntos más relevantes a considerar son los siguientes:

- Geomorfología:
 - Clima de la zona
 - Origen de las aguas crudas
 - Ubicación de las instalaciones
 - Actividad volcánica y sísmica de la zona
- Antropología
 - Cercanía con población atendida
 - Exposición de la infraestructura
 - Distancia con principales centros urbanos
 - Proyecciones de crecimiento de la población

En general, el cambio climático ha generado alteraciones en los lugares y volúmenes de agua que cae, por lo mismo es sumamente necesario seguir observando y estudiando cómo va afectando al clima de las zonas donde se insertan los SPAP ya que, conforme a como vaya modificándose, los niveles de exposición a las distintas amenazas irán variando, es por lo mismo que, estos estudios deben

ser revisados y corregidos constantemente, en especial una vez ocurridos los problemas o afectaciones.

A nivel de política pública, durante el desarrollo de esta investigación, la SISS emitió un instructivo con la Guía Metodológica “Formulación de Estrategia de Continuidad Operacional Para servicios de Agua Potable y Saneamiento” la que entrega herramientas para que las empresas sanitarias puedan evaluar el nivel de afectación en la interrupción de los distintos procesos, sin embargo, esta guía no contempla el origen de las afectaciones por lo que, más allá de manejar los riesgos, se limita a valorizar la afectación de estos.

Es en esta línea que, para seguir avanzando en esta senda de aseguramiento en la continuidad operacional, se recomienda incorporar la valoración de amenazas y el desarrollo de estrategias de gestión de riesgos a un nivel más amplio que el actual, que sólo se limita, conforme a lo solicitado por la “Guía Metodológica para el Desarrollo de un Índice de Riesgo de Amenazas Naturales que Afectan a los Sistemas de Producción de Agua Potable” elaborado por CIGIDEN a solicitud de SENAPRED a evaluar las amenazas naturales ya identificadas en este estudio. Y complementarlo con el desarrollo de planes de manejo y mitigación de los riesgos identificados y evaluados.

A nivel de legislación vigente. Actualmente, en los centros urbanos del país, existen principalmente dos tipos de operadores sanitarios, en las regiones de Valparaíso, Metropolitana, Del Libertador Bernardo O'Higgins, Ñuble, Biobío, Los Ríos y Los Lagos existen Contratos de Traspaso de Derechos de Explotación de Concesiones Sanitarias entregados a perpetuidad, los que están sometidos a la fiscalización directa por parte de la SISS sin involucramiento adicional por parte del estado. En las 9 regiones restantes operan los CTDECS de segunda generación, que fueron entregados a los operadores en concesión por 30 años, en estos casos la infraestructura fue entregada en comodato por la duración del contrato y debe ser devuelta al estado al término de este en iguales o mejores condiciones. Sin embargo, ambos tipos de contrato limitan las herramientas del estado para exigir

medidas tendientes a la gestión de riesgos. Adicional a esto, debido a los modelos tarifarios definidos, cualquier inversión que ejecuten las sanitarias, se traduce en incremento en la tarifa que estas cobran a sus usuarios.

Se recomienda evaluar nuevos mecanismos de inversión, idealmente por parte del estado, orientados a mejorar la resiliencia de los SPAP sin impactar directamente a los usuarios. Considerando que a los CTDECS de segunda generación les restan menos de 10 años para su término, es momento de diseñar los nuevos modelos de operación de estas sanitarias a futuro, realizando y desarrollando nuevos contratos de concesión que tengan en cuenta estos factores o por operación directa del estado.

CAPÍTULO X

BIBLIOGRAFÍA

Abdellatif, M., Atherton, W., Alkhaddar, R., & Osman, Y. (2015).

Adger, W. N. (2006).

Aguas del Altiplano (2018).

Aguas del Altiplano (2018).

Aguas Nuevo Sur S.A. (2018).

Aguas Nuevo Sur S.A. (2018).

Ahumada Theoduloz, G. (2017).

Alazaiza, M. Y. D., Albahnasawi, A., Al Maskari, T., & Nassani, D. E. (2022).

Aven, T. (2010).

Barrington, D. J., Green, K., & McMillan, A. (2012).

Bijlsma, L., Ahrens, L., Wiberg, K., Hernández, F., Oskarsson, A., & Lundqvist, J. (2023).

Carrasco P. (2017).

Danneels, J. J., & Finley, R. E. (2009).

Esteller, Diaz-Delgado, (2002.).

Faramondi, L., Oliva, G., & Setola, R. (2020).

Garcia, L. D. (2022).

Grey, D., & Sadoff, C. W. (2007).

<https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-19663.html>

Huang, S., Wang, Y., Li, J., Zhang, L., & Xie, X. (2023).

Ilustre Municipalidad de Licantén (2011)

Ilustre Municipalidad de Pozo Almonte (2015)

International Journal of Critical Infrastructure Protection. (2017).

Karunanidhi, D., Aravinthasamy, P., Subramani, T., & Setia, R. (2021).

Karunanidhi, D., Aravinthasamy, P., Subramani, T., & Setia, R. (2021).

Krishna, B., & Achari, V. S. (2024).

Leveque, B., Bichai, F., & El-Jabi, N. (2024).

Li, J., Wang, Y., Xie, X., Zhang, L., & Guo, W. (2013).

Lo, H.-W., Liou, J. J. H., & Huang, C.-N. (2020).

Lo, H.-W., Liou, J. J. H., & Huang, C.-N. (2020).

Meshram, P., Sargaonkar, A., & R. S. (2023).

Molinos-Senante, M., Chamorro, A., Contreras, M., & Echaveguren, T. (2023).

MWM 120 Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua

MWM 120 Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua

MWM 120 Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua

MWM 120 Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua

MWM 120 Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua

MWM 130 Eficiencia Hídrica

MWM 130 Eficiencia Hídrica

MWM 130 Eficiencia Hídrica

MWM 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos

MWM 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos

MWM 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos

MWM 500 - Gobernanza y economía del agua

MWM 500 - Gobernanza y economía del agua

MWM 500 - Gobernanza y economía del agua

MWM 510 - Planificación y Dirección Estratégica

MWM 510 - Planificación y Dirección Estratégica

MWM 540 Gestión de Clientes

Noémie Neverre, Nicolas Surdyk, Cécile Hérivaux, & Nicole Baran. (2022).

Peña J. (2017). Gestión de emergencias bajo el Enfoque de continuidad de Negocio. Revista AIDIS, (55), 8-10.

Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Chile. (2021).

Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC).

Rogers, J. W., & Louis, G. E. (2008).

Saikrishna, Purushotham, Sunitha. (2023).

Santelices C. (2017).

Spence, N., & Walters, D. (2012).

Stoch Environ Res Risk Assess. (2013).

Vázquez-Rowe, I., et al. (2017).

Verma, M., & Loganathan, V. A. (2023).

Zamani, A. A., et al. (2022).

CAPÍTULO XI

WEBGRAFÍA

CAPÍTULO XII

GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

- CTDECS: Contrato de Transferencia de Explotación de Concesiones Sanitarias
- ECONSSA: Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios Sociedad Anónima
- SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios
- SPAP: Sistema Productivo de Agua Potable

CAPÍTULO XIII

ANEXOS

Palabra Clave: Riesgo	Autor	Que se entiende por Riesgo	como evalúa el riesgo	Que se entiende por amenaza	Que se entiende por vulnerabilidad
	Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Chile. (2021). Guía metodológica para el desarrollo de un índice de riesgo de amenazas naturales que afectan a los sistemas de producción de agua potable	el riesgo se entiende como la evaluación de la probabilidad de que ocurra un evento no deseado que pueda afectar a los sistemas de producción de agua potable	través de un enfoque determinístico que consta de varios pasos: Cálculo del Índice de Riesgo (IR). Se calcula un índice de riesgo que combina la frecuencia de las amenazas naturales a las que está expuesta la infraestructura de producción de agua potable y la vulnerabilidad operacional del sistema frente a cada una de esas amenazas. Este índice proporciona una medida determinística del riesgo para cada amenaza y para el sistema en su conjunto. Matriz de riesgo. Una vez calculado el Índice de Riesgo, se utiliza una matriz de riesgo-exposición para jerarquizar los diferentes niveles de riesgo en función de este índice y del nivel de exposición de la infraestructura analizada a las amenazas naturales. la matriz permite visualizar y comprender el nivel de riesgo al que se encuentra expuesto el sistema de producción de agua potable. Análisis de resultados: A través de la combinación del Índice de Riesgo y la matriz de riesgo-exposición, se obtiene una evaluación integral del riesgo en los sistemas de producción de agua potable. Esta evaluación permite identificar las áreas de mayor riesgo, priorizar acciones de mitigación y adaptación, y tomar decisiones informadas para mejorar la resiliencia de los sistemas frente a las amenazas naturales.	un evento de origen natural que tiene el potencial de causar daños o impactos negativos en la infraestructura de producción de agua potable.	como la susceptibilidad o la fragilidad de los sistemas de producción de agua potable frente a las amenazas naturales identificadas
	Spence, N., & Walters, D. (2012). "Is it Safe? Risk Perception and Drinking Water in a Vulnerable Population." The International Indigenous Policy Journal, 5(3). https://doi.org/10.18584/ijp.2012.3.3.9	el riesgo se refiere a la percepción que las personas tienen sobre la posibilidad de sufrir daños o consecuencias negativas relacionadas con el acceso al agua potable segura.			se refiere a la condición de estar expuesto a un mayor riesgo de sufrir daños o consecuencias negativas en relación con el acceso al agua potable segura.
	Lenique, B., Bichai, F., & El-Jabi, N. (2004). Assessing the vulnerability of urban drinking water intakes to water scarcity under global change. Environmental Challenges, 15, 100865. https://doi.org/10.1016/j.env.cha.2024.100865	se considera el riesgo como la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso y el impacto que dicho evento podría tener en las personas, el medio ambiente, los activos o la sociedad en general.	El estudio emplea un enfoque bottom-up para evaluar el riesgo de escasez de agua en las tomas de agua potable urbanas, considerando tanto factores hidroclimáticos como características específicas de las tomas de agua. Se ha creado un índice de vulnerabilidad a la escasez de agua que toma en cuenta tanto la demanda de agua como los niveles de agua en el río. Se utilizan estadísticas de caudales bajos y proyecciones de cambios climáticos y antropogénicos para evaluar la vulnerabilidad actual y futura de las tomas de agua potable frente a la escasez de agua. Se han diseñado diferentes escenarios que abarcan distintos niveles de extracciones de agua cruda, y se han calculado subíndices de vulnerabilidad relacionados con la demanda de agua y el nivel del agua en el río. Además, se aborda la incertidumbre asociada con la estimación de las estadísticas de caudales bajos, y se destaca la importancia de la participación activa de las partes interesadas en la definición de escenarios y planes de acción para hacer frente al riesgo de escasez de agua.		como la susceptibilidad de las tomas de agua potable urbanas a sufrir los efectos de la escasez de agua, considerando tanto factores hidroclimáticos como características intrínsecas de las tomas de agua.
	Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-OPAC), (s.f.). La Gestión del Riesgo en el Agua y el Saneamiento	la probabilidad de que ocurran desastres naturales, como inundaciones, sequías, tormentas, entre otros, y las consecuencias negativas asociadas a estos eventos en términos de impacto en la población, el medio ambiente y la infraestructura.			como la susceptibilidad de las comunidades, el medio ambiente y la infraestructura a sufrir daños o impactos negativos debido a la exposición a riesgos, como desastres naturales.
	Aven, T. (2010). Reliability Engineering and System Safety, 95, 623-631.	una situación o evento en la que algo de valor humano está en juego y donde el resultado es incierto.			
	Stock Environ Res Risk Assess. (2013). Integrated risk assessment of urban water supply systems from source to tap. https://doi.org/10.1007/s00471-012-0651-5	una medida que resulta de la combinación de la probabilidad de un peligro específico (probabilidad) y las consecuencias atribuidas a ese peligro, las cuales suelen ser proporcionales a las vulnerabilidades del sistema frente a esos peligros.	mediante un enfoque integrado de evaluación de riesgos que considera la probabilidad de los peligros, las consecuencias de los peligros y las vulnerabilidades de las instalaciones frente a estos peligros. Se utilizan herramientas de evaluación de riesgos para identificar amenazas, su probabilidad, consecuencias y vulnerabilidades de cada elemento de los sistemas de suministro de agua urbana contra los peligros. Además, se emplea un marco participativo para desplegar las infraestructuras de los sistemas de suministro de agua urbana en sus elementos interrelacionados con el fin de reducir la complejidad general del sistema	como eventos inciertos que puedan afectar tanto a elementos de los sistemas de suministro de agua urbana. Estos eventos pueden ser de origen natural, humano o relacionados con la operación de los sistemas, y tienen el potencial de causar problemas tanto cuantitativos como cualitativos en los sistemas de suministro de agua urbana.	como una medida de la susceptibilidad de un sistema a escenarios de amenazas
	Molinos-Saenz, M., Chamorro, A., Contreras, M., & Echaveguren, T. (2023). Natural hazard risk management in the Chilean drinking water industry: Diagnosis and recommendations. Utilities Policy 82, 101553	la posibilidad de que un evento natural extremo cause daños o impactos negativos en la infraestructura de producción de agua potable en Chile.		como la presencia o la posibilidad de ocurrencia de eventos naturales extremos que puedan afectar la infraestructura de producción de agua potable en Chile. Estas amenazas pueden incluir fenómenos como terremotos, tsunamis, aluviones, sequías, tormentas en el agua cruda, entre otros, que representan un riesgo para la disponibilidad y calidad del agua utilizada en las plantas de tratamiento de agua potable	como la susceptibilidad o la fragilidad de la infraestructura de producción de agua potable en Chile ante la ocurrencia de eventos naturales extremos.
	Kaunranthodi, D., Aswathesany, P., Subramani, T., & Setta, R. (2021). Groundwater suitability for supply and food production in a semi-urban area of south India: A spatial focus on risk evaluation for making healthy society Sustainable Cities and Society, 73, 103077. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103077	la probabilidad de implicaciones negativas para la salud humana debido a la exposición a contaminantes peligrosos en el entorno del agua, ya sea en el presente o en el futuro.	Análisis de la calidad del agua: Se realizan análisis químicos y físicos detallados del agua subterránea para identificar la presencia de contaminantes como flúor y nitrato. Modelos de evaluación de riesgos: Se utilizan modelos de evaluación de riesgos para calcular la exposición de la población a los contaminantes y estimar los posibles efectos en la salud, centrándose en la ingestión y la exposición dérmica. Índices de calidad del agua: Se aplican índices de calidad del agua, como el IWQI, para evaluar la idoneidad del agua para consumo humano y determinar áreas adecuadas para el suministro de agua potable. Enfoque geoespacial: Se emplea un enfoque geoespacial para mapear y delimitar zonas de calidad del agua subterránea, lo que ayuda a identificar áreas con riesgos potenciales para la salud.	como la presencia de contaminantes en el agua subterránea que representan un riesgo potencial para la salud humana y el medio ambiente. Estas amenazas pueden surgir tanto de actividades humanas como de procesos naturales, y se manifiestan a través de la presencia de sustancias como flúor y nitrato en el agua subterránea que pueden tener efectos adversos en la salud de la población expuesta	como la susceptibilidad de la calidad del agua subterránea a ser afectada por la contaminación debido a diversas fuentes, lo que puede resultar en riesgos para la salud humana y el medio ambiente.
	Rogers, J. W., & Louis, G. E. (2008). Risk and opportunity in upgrading the US drinking water infrastructure system. Journal of Environmental Management, 87, 26-36.	la probabilidad de fallo de los sistemas de infraestructura de agua potable (IPI), combinada con los costos asociados de devolver el sistema a funcionamiento (C). Esta relación matemática se representa como: R = aPI + C.			
	García, L. D. (2022). Análisis de resiliencia climática del proyecto sistema de agua potable en comunidad Huayrapata. Investigación & Desarrollo, 22(1), 63-76.	el riesgo se refiere a la vulnerabilidad operacional del sistema de agua potable frente a amenazas naturales y climáticas.	a través de un análisis detallado de las amenazas climáticas identificadas para el proyecto de sistema de agua potable en la comunidad Huayrapata. Para evaluar el riesgo, se siguen los siguientes pasos: Recopilación de datos sobre las amenazas climáticas presentes en la zona, como deslizamientos, granizadas intensas y vientos fuertes. Análisis de la frecuencia de ocurrencia de cada amenaza para determinar su impacto potencial en el proyecto. Evaluación de la exposición y sensibilidad de los componentes del proyecto frente a las amenazas climáticas. Determinación de la resiliencia física y funcional de cada componente del proyecto ante las amenazas identificadas. Priorización de las medidas de reducción de riesgos y adaptación al cambio climático para mejorar la resiliencia del proyecto. Realización de un Análisis de Resiliencia en Inversiones (ARI) para evaluar la conveniencia de incorporar medidas resilientes al proyecto.	como eventos o situaciones que representan un riesgo para el proyecto de sistema de agua potable en la comunidad Huayrapata	El estudio define vulnerabilidad como la susceptibilidad o la incapacidad de resistir, afrontar y recuperarse de los impactos negativos de las amenazas climáticas identificadas, como deslizamientos, granizadas intensas y vientos fuertes, sobre el proyecto de sistema de agua potable en la comunidad Huayrapata.
	Danneels, J. J., & Finley, R. E. (2009). Assessing the vulnerabilities of U.S. drinking water systems. Journal of Contemporary Water Research and Education, Issue 128, 8-12.	la probabilidad de que ocurra un evento no deseado, como la contaminación del suministro de agua potable, y las consecuencias asociadas a dicho evento.	mediante la metodología RAM-WTM, que es un enfoque de evaluación de riesgos desarrollado por Sandia National Laboratories en colaboración con la EPA y AwwaRF. Esta metodología integra la descripción de amenazas, el análisis de contaminación del sistema de distribución de agua y los protocolos de respuesta para realizar una evaluación integral del riesgo en los sistemas de agua potable. Además, se considera la probabilidad de amenazas específicas, las posibles consecuencias de la contaminación y la efectividad de las respuestas para determinar el nivel de riesgo y las recomendaciones de reducción del mismo.	como cualquier evento o acción que pueda causar daño o poner en peligro la seguridad de los sistemas de agua potable. Esto puede incluir actos intencionales de contaminación, desastres naturales, fallos en la infraestructura, o cualquier otra situación que pueda comprometer la calidad y disponibilidad del suministro de agua potable.	como la susceptibilidad de los sistemas de agua potable a sufrir daños o ser afectados por una amenaza identificada. La vulnerabilidad puede estar relacionada con la falta de medidas de seguridad, debilidades en la infraestructura, limitaciones en los protocolos de respuesta, o cualquier otro factor que pueda facilitar la ocurrencia de un evento no deseado en los sistemas de agua potable.
	Verma, M., & Loganathan, V. A. (2023). Water security and health risk assessment of an urban household level drinking water and sanitation system, Punjab, India. Environmental Monitoring and Assessment, 195(750). https://doi.org/10.1007/s10661-023-11360-0	la posibilidad de sufrir efectos adversos para la salud debido a la exposición a contaminantes presentes en el agua potable a nivel de hogar urbano			
	Abdelatif, M., Alharoun, W., Alkhatat, R., & Orenan, Y. (2013). Flood risk assessment for urban water system in a changing climate using artificial neural network. Natural Hazards, 79(3), 1059-1077.	la posibilidad de inundaciones para propiedades y ystamos en áreas bajas			
	Mecham, P., Sargankar, A., & R. S. (2023). Risk assessment of urban drinking water supply system: A pilot scale study in Central India. International Journal of Research in Biosciences, Agriculture and Technology, 10(1), 206-218. https://doi.org/10.29303/ijrba.2023.0101.0034	la combinación de la probabilidad (o probabilidad de ocurrencia de un evento o peligro) y la gravedad de las consecuencias.	mediante un enfoque cuantitativo que implica la generación de una matriz de riesgos. Esta evaluación se basa en la cuantificación del riesgo como el producto de la probabilidad (o probabilidad de ocurrencia de un evento o peligro) y la gravedad de las consecuencias. Se utilizan modelos de simulación para identificar la ubicación exacta de las tuberías en mal estado en el sistema de distribución de agua. lo que permite priorizar aquellas que necesitan reemplazo urgente y aquellas que requieren monitoreo y mantenimiento regular para garantizar la seguridad del agua potable. Además, se consideran diversas actividades en la cuenca, el mantenimiento inadecuado del sistema y la interrupción del suministro de agua como factores de riesgo que se caracterizan y abordan a través de esta evaluación cuantitativa.		

Ficha (número) caracterizada	TIPO	Cita bibliográfica (referencia APA 7)	Título	Descriptor de la ficha
Ficha 56	MMW	MMW 120 Gestión de la Captación y Tratamiento del Agua	Profesora Mirena Molina Paredes	Evaluación de calidad del agua
Ficha 57	MMW	MMW 120 Gestión de la Captación y Tratamiento del Agua	Profesor Jacome Homai	
Ficha 58	MMW	MMW 120 Gestión de la Captación y Tratamiento del Agua	Profesor P. Karaman	
Ficha 59	MMW	MMW 120 Gestión de la Captación y Tratamiento del Agua	Compendio de clases	
Ficha 60	MMW	MMW 120 Gestión de la Captación y Tratamiento del Agua	Profesora Mirena Molina Paredes	
Ficha 52	MMW	MMW 130 Eficiencia Hídrica	Compendio de clases	
Ficha 53	MMW	MMW 130 Eficiencia Hídrica	Profesor Edward Jairo Naranjo	Lean Management, Gestión Kaizen
Ficha 54	MMW	MMW 130 Eficiencia Hídrica	Profesor Cristian Cavallero González	Eficiencia operacional
Ficha 44	MMW	MMW 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos	Profesor Carlos Gómez, octubre 2023	Plan de Seguridad del Agua, Recurso crítico, gestión de riesgos
Ficha 45	MMW	MMW 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos	Profesor Carlos Gómez, octubre 2023	Gestión de riesgos de desastres
Ficha 46	MMW	MMW 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos	Compendio de clases	Riesgo, amenazas, exposición y vulnerabilidad, seguridad hídrica, administración estratégica.
Ficha 49	MMW	MMW 500 - Gobernanza y economía del agua	Profesor Hugo Castro	Políticas públicas
Ficha 50	MMW	MMW 500 - Gobernanza y economía del agua	Profesor Hugo Castro	Gobierno corporativo
Ficha 51	MMW	MMW 500 - Gobernanza y economía del agua	Compendio de clases	
Ficha 47	MMW	MMW 510 - Planificación y Dirección Estratégica	Profesor Alberto Kresche Zamorano	Planificación estratégica, planificación para el cambio, organización y gobernanza
Ficha 48	MMW	MMW 510 - Planificación y Dirección Estratégica	Compendio de clases	
Ficha 55	MMW	MMW 540 Gestión de Clientes	Compendio de clases	
Ficha 2 (Fundamental)	Fundamental	Aljor, W. N. (2006).	Vulnerability Global Environmental Change, 16(3), 268-281.	Vulnerabilidad, Cambio climático, Resiliencia, Riesgo, Gobernanza
Ficha 38	Fundamental	Aguas del Altiplano (2018).	Actualización Planes de Desarrollo La Trinita	Documento que levanta la realidad actual y planifica el crecimiento de la localidad tanto para agua potable como alcantarillado y aguas servidas.
Ficha 40	Fundamental	Aguas del Altiplano (2018).	Ficha de Antecedentes Técnicos	Documento que recopila en detalle las fuentes productivas de agua potable de la localidad.
Ficha 39	Fundamental	Aguas Nuevo Sur S.A. (2018).	Actualización Planes de Desarrollo Localidad de Iloca	Documento que levanta la realidad actual y planifica el crecimiento de la localidad tanto para agua potable como alcantarillado y aguas servidas.
Ficha 41	Fundamental	Aguas Nuevo Sur S.A. (2018).	Ficha de Antecedentes Técnicos	Documento que recopila en detalle las fuentes productivas de agua potable de la localidad.
Ficha 12 (Fundamental)	Fundamental	Aven, T. (2010).	On how to define, understand and describe risk. Reliability Engineering and System Safety, 95, 623-631.	Análisis de riesgo, incertidumbre, probabilidad, ingeniería de confiabilidad, seguridad de sistemas, toma de decisiones
Ficha 15 (Fundamental)	Fundamental	Dannett, J. J., & Finley, R. E. (2009).	Assessing the vulnerability of U.S. drinking water systems. Journal of Contemporary Water Research and Education, 12(1), 8-12.	Vulnerabilidades, Sistemas de agua potable, Amenazas, Evaluación de riesgos, infraestructura crítica.
Ficha 18 (Fundamental)	Fundamental	García, L. O. (2022).	Análisis de resiliencia climática del proyecto sistema de agua potable en comunalidad Hueyapilas, Investigación & Desarrollo, 23(1), 63-78.	Seguridad, Protección de infraestructuras.
Ficha 35 (Fundamental)	Fundamental	Grey, D., & Sadoff, C. W. (2007).	Water security for growth and development. Water Policy, 9, 545-571.	Resiliencia climática
Ficha 42	Fundamental	Iuste Municipalidad de Licantén (2011)	Plan Regulador Comunal de Licantén	Seguridad hídrica
Ficha 43	Fundamental	Iuste Municipalidad de Pozo Almona (2015)	Plan De Desarrollo Comunal (PLADECO)	Estudio que describe en detalle la caracterización de Iloca considerando aspectos geográficos, climáticos, antropogénicos, etc.
Ficha 6 (Fundamental)	Fundamental	Karunandhi, D., Aravindhasamy, P., Subramani, T., & Setti, R. (2021).	Groundwater suitability estimation for sustainable drinking water supply and food production in a semi-urban area of south India. A special focus on risk evaluation for making healthy society. Sustainable Cities and Society, 75, 103077. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103077	Riesgos para la salud, riesgos ambientales, riesgos hídricos, riesgos de contaminación, riesgos de seguridad del agua.
Ficha 11 (Fundamental)	Fundamental	Karunandhi, D., Aravindhasamy, P., Subramani, T., & Setti, R. (2021).	Groundwater suitability estimation for sustainable drinking water supply and food production in a semi-urban area of south India. A special focus on risk evaluation for making healthy society. Sustainable Cities and Society, 73, 103077. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103077	Sostenibilidad de aguas subterráneas, suministro de agua sostenible, evaluación de riesgos
Ficha 4 (Fundamental)	Fundamental	Krishna, R., & Achari, V. S. (2024).	A comprehensive health risk assessment and groundwater quality for irrigation and drinking purposes around municipal solid waste sanitary landfill in a case study in Morocco. Journal of Environmental Management, 119, 100688	Agua Potable, Calidad de aguas subterráneas, irrigación, rellenos sanitarios
Ficha 17 (Fundamental)	Fundamental	Leveque, B., Bichai, F., & El-Jabi, N. (2024).	Assessing the vulnerability of urban drinking water intakes to water scarcity under global change. Environmental Challenges, 15, 100885. https://doi.org/10.1016/j.env.2024.100885	Cambio climático
Ficha 5 (Fundamental)	Fundamental	Melinos-Sanabria, M., Chamorro, A., Contreras, M., & Schwabgonn, T. (2023).	Natural hazard risk management in the Chilean drinking water industry: Diagnosis and recommendations. Utilities Policy, 82, 101552. https://doi.org/10.1016/j.uipol.2023.101553	Gestión de riesgos, evaluación de riesgos, análisis de riesgos, mitigación de riesgos, vulnerabilidad, exposición, eventos naturales extremos, infraestructura de agua potable, protocolos, regulaciones, estándares técnicos, y monitoreo
Ficha 37 (Fundamental)	Fundamental	Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Chile. (2021).	Guía metodológica para el desarrollo de un índice de riesgo de amenazas naturales que afectan a los sistemas de producción de agua potable.	Amenazas naturales
Ficha 16 (Fundamental)	Fundamental	Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-OPAC).	La Gestión del Riesgo en el Agua y el Saneamiento	Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-OPAC). (3.1) La Gestión del Riesgo en el Agua y el Saneamiento
Ficha 13 (Fundamental)	Fundamental	Stoch Emoron Res Risk Assess. (2013).	Integrated risk assessment of urban water supply systems from source to tap. https://doi.org/10.1007/s40717-012-0050-5	Evaluación de riesgos integrada
Ficha 25 (Específica)	especifica	Abdelattif, M., Aghem, W., Alkhatir, R., & Osmán, Y. (2015).	Flood risk assessment for urban water system in a changing climate using artificial neural network. Natural Hazards, 79(3), 1059-1077.	Red neuronal artificial
Ficha 21 (Específica)	especifica	Akashia, M. Y. D., Abubakar, A. A., Al Maskat, T., & Nassari, D. E. (2022).	Benefits, challenges and success factors of water safety plan implementation. A review. Global NEST Journal, 24(3), 414-425.	Plan de Seguridad del Agua
Ficha 24 (Específica)	especifica	Bijlsma, L., Arenas, L., Wiberg, K., Hernández, F., Ockersdorff, A., & Lundqvist, J. (2023).	Effect-based evaluation of water quality in a system of indirect reuse of wastewater for drinking water production. Water Research, 242, 120247. https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120247	Reutilización indirecta
Ficha 30 (Específica)	especifica	Esteller, Diaz-Deleaga. (2002).	Environmental Effects of Aquifer Overexploitation. Environmental Management Vol. 29, No. 2, pp. 266 -278	sobreexplotación de acuíferos, impacto ambiental, disminución del nivel hídrico, subsidencia, disminución del caudal de ríos, vulnerabilidad a la contaminación.
Ficha 28 (Específica)	especifica	Fararoudi, L., Oliva, G., & Setti, R. (2020).	Multi-criteria node criticality assessment framework for critical infrastructure networks. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 26, 100338. https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2022.100338	Calidad del agua
Ficha 3 (Específica)	especifica	Huang, S., Wang, Y., Li, J., Zhang, L., & Xie, X. (2023).	Distribution, sources, and potential health risks of fluoride, total iodine, and nitrate in rural drinking water sources of North and East China. Science of the Total Environment, 868, 160561. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160561	Fuentes de contaminación, gestión de riesgos a la salud humana, monitoreo de calidad de las aguas, riesgos sanitarios.
Ficha 26 (Específica)	especifica	International Journal of Critical Infrastructure Protection. (2017).	Measuring the organizational resilience of critical infrastructure providers. https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2017.05.002	Resiliencia Organizacional
Ficha 20 (Específica)	especifica	Lu, H.-W., Liou, J. J. H., & Huang, C.-N. (2020).	A new soft computing approach for analyzing the influential relationships of critical infrastructures. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 28, 100336. https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2020.100336	Adaptación
Ficha 19 (Específica)	especifica	Lu, H.-W., Liou, J. J. H., & Huang, C.-N. (2020).	A new soft computing approach for analyzing the influential relationships of critical infrastructures. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 28, 100336.	Infraestructuras críticas
Ficha 27 (Específica)	especifica	Nordin Neema, Nicolas Suryadi, Cécile Hénaux, & Nicole Baran. (2022).	Restoring groundwater quality at the drinking water catchment scale: A multidisciplinary and participatory approach. Journal of Environmental Management, 314, 115022. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115022	Prácticas agrícolas
Ficha 23 (Específica)	especifica	Zamani, A. A., et al. (2022).	Drinking water resources critical in emergencies. Environmental Health Engineering and Management Journal, 9(2), 15-21.	Agua potable en emergencias y desastres
Ficha 7 (Complementaria)	Complementaria	Arumada Theodoros, G. (2017).	Emergencias en Servicios de Agua Potable: Amenazas y Criterios de Seguridad. Revista ADIS, 55(1), 4-7.	Nivel mínimo de servicios, criterios de seguridad, emergencias en servicios de agua potable
Ficha 32 (complementaria)	Complementaria	Barrington, D. J., Green, K., & McMan, A. (2012).	The Water Safety Plan Process: How to prepare Water Safety Plans for community-managed water supply systems in rural Nepal. Nepal Water for Health.	Plan de seguridad del agua
Ficha 10 (Complementaria)	Complementaria	Carrasco P. (2017).	Continuidad de los servicios sanitarios en contexto de emergencia y desastres. Revista ADIS, 55(1), 26-32.	Desastre, Protección civil, Planes de abastecimiento alternativo
Ficha 1(Complementaria)	Complementaria	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389413000633	Hydrogeochemistry of high iodine groundwater: A case study at the Dabang Basin, northern China. Environmental Science: Processes & Impacts, 15, 488-499.	Gestión de riesgo de desastres en servicios de agua potable
Ficha 22 (Complementaria)	Complementaria	Li, J., Wang, Y., Xie, X., Zhang, L., & Guo, W. (2013).	Risk assessment of urban drinking water supply system: A pilot scale study in Central India. International Journal of Researches in Biosciences, Agriculture and Technology, 1(1), 204-218. http://dx.doi.org/10.29392/ijbr.2013.1.1.204	Hidrogeoquímica
Ficha 29 (Complementaria)	Complementaria	Mechiam, P., Sargankar, A., & R. S. (2022).	Risk assessment of urban drinking water supply system: A pilot scale study in Central India. International Journal of Researches in Biosciences, Agriculture and Technology, 1(1), 204-218. http://dx.doi.org/10.29392/ijbr.2013.1.1.204	Calidad del agua
Ficha 9 (Complementaria)	Complementaria	Pérez, J. (2017). Gestión de emergencias bajo el Enfoque de continuidad de Negocio. Revista ADIS, 55(1), 8-10.	Gestión de emergencias bajo el Enfoque de continuidad de Negocio. Revista ADIS, 55(1), 8-10.	Continuidad del negocio, Gestión de emergencias, resiliencia del sistema, colaboración público privada
Ficha 33 (complementaria)	Complementaria	Rogers, J. W., & Louis, G. (2008).	Risk and opportunity in upgrading the US drinking water infrastructure system. Journal of Environmental Management, 87, 26-36.	Evaluación de riesgos, Gestión de activos
Ficha 14 (Complementaria)	Complementaria	Salektrina, Puruchotom, Suriha. (2022).	Deciphering groundwater quality. https://doi.org/10.1016/j.est.2022.100035	Calidad del agua subterránea, Mecanismos geológicos, Química del agua, Parámetros fisicoquímicos, Normas de agua potable
Ficha 8 (Complementaria)	Complementaria	Sanfelices C. (2017).	Aprendizajes para mejorar la gestión del riesgo. Revista ADIS, 55(1), 11-17.	Modelo de gestión de riesgo de desastres, Desastre natural,
Ficha 31 (Complementaria)	Complementaria	Spencer, N., & Wallen, D. (2012).	The International Integrated Policy for Drinking Water in a Vulnerable Population. https://doi.org/10.1084/ijdp.2012.3.3.9	agua segura, medio ambiente, salud, percepción del riesgo, comunicación del riesgo, gestión del riesgo, poblaciones vulnerables, resiliencia, política social, desigualdad, Primeras Naciones
Ficha 36 (Complementaria)	Complementaria	Vázquez Rowe, J. et al. (2017).	Hazard de desastres and climate change call for the urgent decarbonization of urban water systems. Science of the Total Environment, 605-606, 248-259.	cambio climático, sistemas de agua urbanos, descarbonización, Lima.
Ficha 34 (complementaria)	Complementaria	Verma, M., & Loganathan, V. A. (2023).	Water security and health risk assessment of an urban household-level drinking water and sanitation system, Punjab, India. Environmental Monitoring and Assessment, 125(750). https://doi.org/10.1007/s10661-023-11960-0	Seguridad del agua

Ficha 1	TIPO de lectura (complemento)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-19663.html
Palabras claves:	Gestión de riesgo de desastres en servicios de agua potable
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. "Citas textuales" 2. Redacciones propias	"Es interesante la reflexión respecto de la restricción de los niveles de tarifa que buscan beneficiar a las familias de escasos recursos, pero que termina con el debilitamiento de la prestación de los servicios y la afectación de los mismos usuarios vulnerables que se busca beneficiar"
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta	Complementar

Otros aportes	
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	N/A
Ficha 2	Tipo de lectura: Fundamental

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Adger, W. N. (2006). Vulnerability. <i>Global Environmental Change</i> , 16(3), 268-281.
Palabras claves:	Vulnerabilidad, Cambio climático, Resiliencia, Riesgo, Gobernanza
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The challenges for vulnerability research are to develop robust and credible measures, to incorporate diverse methods that include perceptions of risk and vulnerability, and to incorporate governance research on the mechanisms that mediate vulnerability and promote adaptive action and resilience" (Adger, 2006, p. 268). "Vulnerability is the state of susceptibility to harm from exposure to stresses associated with environmental and social change and from the absence of capacity to adapt" (Adger, 2006, p. 268). "Where institutions fail to plan for hazards or for changing social conditions and risks, system vulnerability can be exacerbated" (Adger, 2006, p. 268).

**Aporte específico que se cree obtener
sirve para:**

Orientar

Avalar

Complementar

Definir

Contrapropuesta

Otros aportes

Orientar, avalar y complementar

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros

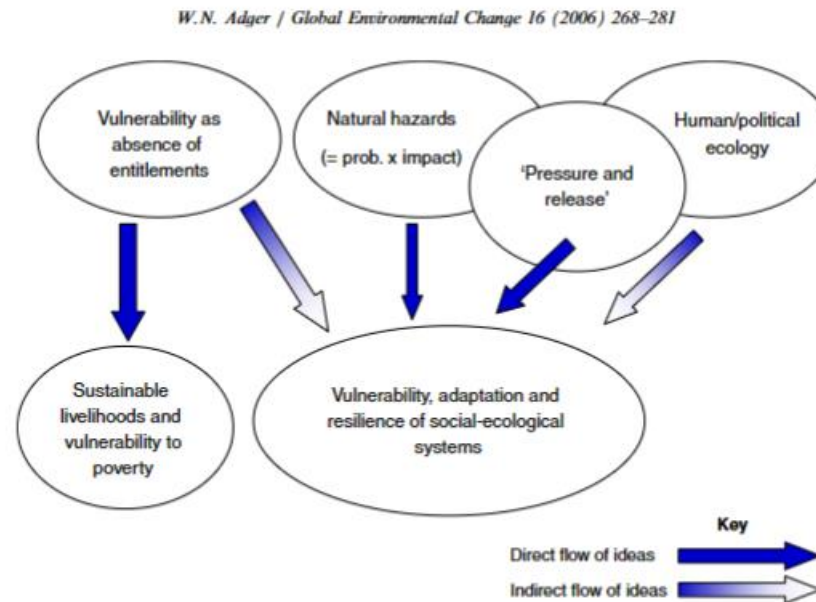


Fig. 1. Traditions in vulnerability research and their evolution.

Ficha 3

Tipo de lectura: Específica

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:

Huang, S., Wang, Y., Li, J., Zhang, L., & Xie, X. (2023). Distribution, sources, and potential health risks of fluoride, total iodine, and nitrate in rural drinking water sources of North and East China. *Science of the Total Environment*, 898, 165561. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.165561>

Palabras claves:	Fuentes de contaminación, gestión de riesgos a la salud humana, monitoreo de calidad de las aguas, riesgos sanitarios.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Authorities should give high priority to optimizing the choice of water sources and technology for water treatment, and rational measures should be taken to protect water sources from the threats of anthropogenic pollution"
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Avalar

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
---	--

Ficha 4	Tipo de lectura: Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Krishna, B., & Achari, V. S. (2024). A comprehensive health risk assessment and groundwater quality for irrigation and drinking purposes around municipal solid waste sanitary landfill: a case study in Morocco. *Journal of Environmental Management, 18*, 100698. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100698
Palabras claves:	Agua Potable, Calidad de aguas subterráneas, irrigación, rellenos sanitarios

Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The carcinogenic risk index indicated 93% of samples were high Ni induced cancer risk for children, and 87% for adults due to long term ingestion (drinking water intake) pathway" "Tempero-spatial analysis of groundwater to disseminate the level of drinking water quality and industrial suitability to meet the developmental requirement of a region is a significant area of research" "A region wise human-water health registry, especially for hazard prone sensitive areas to interrelate major health issues of the people with potable water quality they are depended"
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar y complementar

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros

Table 5
Evaluation of non-carcinogenic and carcinogenic risk indices in groundwater sources of Alappad coast (Kollam), Kerala, India.

Health risk indicators	Non-Carcinogenic risk						Carcinogenic risk					
	Child			Adult			Child			Adult		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
Fe	4.02E-02	5.69E-03	1.33E-01	1.72E-02	2.44E-03	5.71E-02	—	—	—	—	—	—
Al	1.06E-03	0.00E+00	4.94E-03	4.56E-04	0.00E+00	2.12E-03	—	—	—	—	—	—
Zn	1.59E-02	5.95E-03	5.41E-02	6.63E-03	2.55E-03	2.32E-02	—	—	—	—	—	—
Pb	3.21E-02	1.13E-02	1.24E-01	1.36E-02	4.85E-03	5.30E-02	9.56E-07	3.37E-07	3.66E-06	4.10E-07	1.44E-07	1.58E-06
Mn	2.24E-02	2.41E-03	9.75E-02	9.56E-03	1.03E-03	4.18E-02	—	—	—	—	—	—
Ni	9.34E-02	4.85E-03	2.44E-01	4.00E-02	2.08E-03	1.05E-01	1.66E-03	6.82E-05	4.45E-03	7.10E-04	3.78E-05	1.91E-03
Ba	3.45E-03	1.93E-03	1.94E-02	1.46E-03	8.25E-04	8.33E-03	—	—	—	—	—	—
Cu	1.30E-01	6.76E-02	4.37E-01	5.56E-02	2.91E-02	1.67E-01	—	—	—	—	—	—

Ficha 5

Tipo de lectura: Fundamental

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:

Molinos-Senante, M., Chamorro, A., Contreras, M., & Echaveguren, T. (2023). Natural hazard risk management in the Chilean drinking water industry: Diagnosis and recommendations. Utilities Policy, 82, 101553. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101553>

Palabras claves:

gestión de riesgos, evaluación de riesgos, análisis de riesgos, mitigación de riesgos, vulnerabilidad, exposición, eventos naturales extremos, infraestructura de agua potable, protocolos, regulaciones, estándares técnicos, y monitoreo

Conceptos y/o Ideas fundamentales:

1. "Citas textuales"

2. Redacciones propias

"In the short term, it is necessary to develop a common methodology for risk management and the fulfilment of specific objectives, which must also be defined progressively"

"In the medium and long terms, it will be necessary to improve the legal framework in terms of risk management to prevent the negative impacts of the occurrence of extreme natural events on water infrastructure, complementing what already exists and developing new instruments"

"Expand the existing knowledge on risk management at the national level in the other stages that are part of the urban water cycle, i.e., the distribution of drinking water and the collection and treatment of wastewater"

"Develop a protocol to improve and unify the collection of information by water companies when natural extreme events occur, including those that, although they do not produce an interruption in drinking water service, but involve operational actions by the water companies"

Aporte específico que se cree obtener sirve para:

Orientar

Avalar

Complementar

Definir

Contrapropuesta

Otros aportes

Orientar, Avalar, complementar y definir

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros

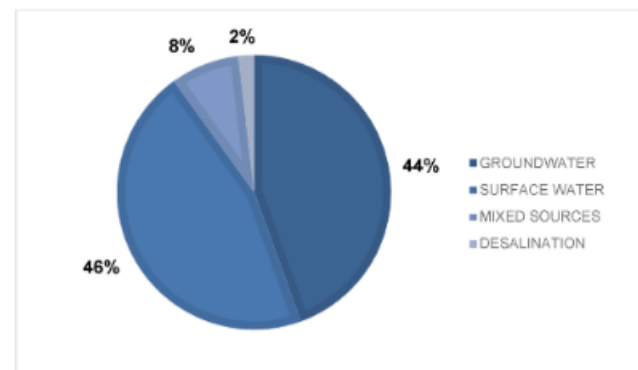


Fig. 3. Percentage of volume of drinking water produced according to the raw water source by the water companies participating in the survey. Annual volume of water produced by each type of source: Groundwater (477, 789, 043 m³/year), Surface water (489, 697, 306 m³/year), Mixed sources (86, 108, 543 m³/year) and Desalination (19, 850, 093 m³/year). Total volume of water: 1,073, 444, 985 m³/year.

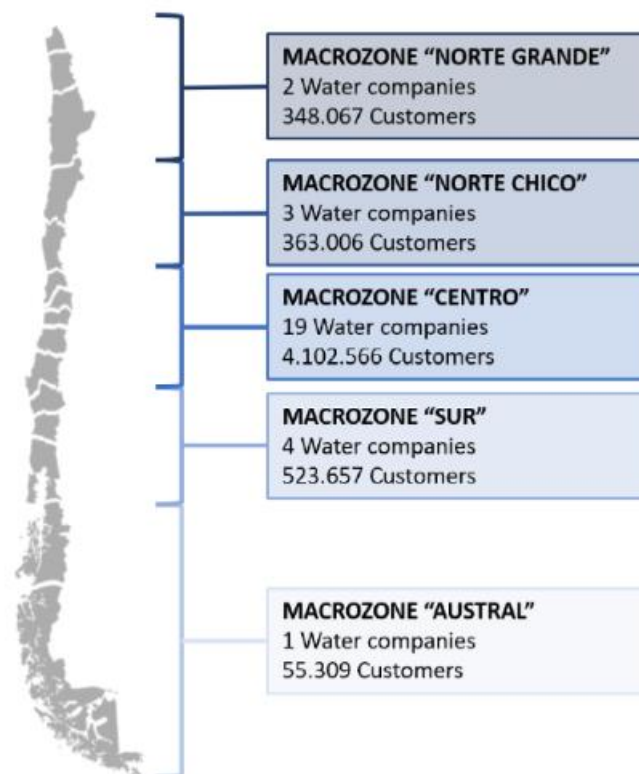


Fig. 2. Water companies participating in the survey according to the macrozone and customers represented.

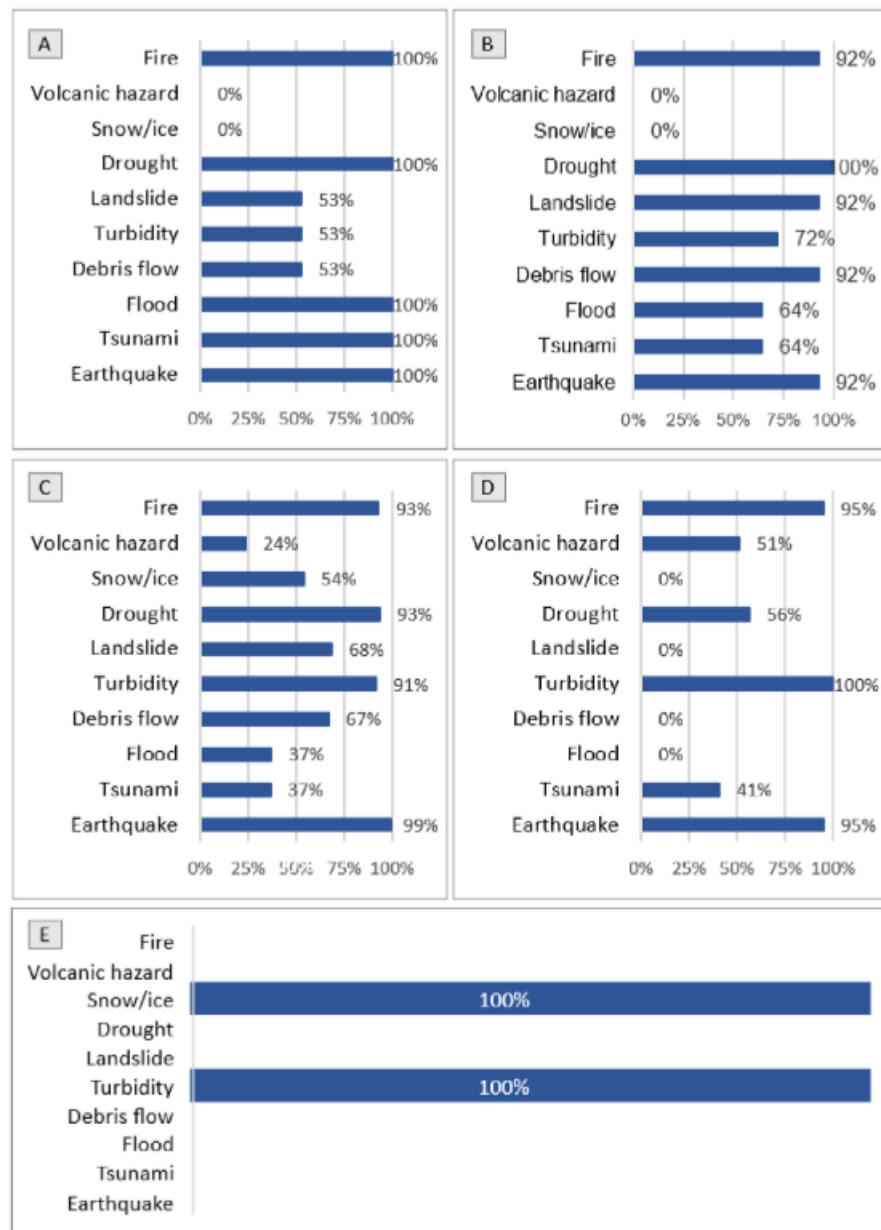


Fig. 5. Main natural hazards considered in the risk management by the Chilean water companies based on the macrozones, results weighted by the cubic meter of drinking water produced by each company participating in the survey (A. Macrozone "Norte Grande"; B. Macrozone "Norte Chico"; C. Macrozone "Centro"; D. Macrozone "Sur"; E. Macrozone "Austral").

Ficha 6	Tipo de lectura: Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Karunanidhi, D., Aravinthasamy, P., Subramani, T., & Setia, R. (2021). Groundwater suitability estimation for sustainable drinking water supply and food production in a semi-urban area of south India: A special focus on risk evaluation for making healthy society. Sustainable Cities and Society, 73, 103077. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103077
Palabras claves:	Riesgos para la salud, riesgos ambientales, riesgos hídricos, riesgos de contaminación, riesgos de seguridad del agua.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The main objective of the present investigation is to estimate groundwater suitability for sustainable drinking water supply and food production in a semi-urban area of south India with a focus on risk assessment for making a healthy society"

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Avalar y complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 7	Tipo de lectura complemento

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Ahumada Theoduloz, G. (2017). Emergencias en Servicios de Agua Potable: Amenazas y Criterios de Seguridad. Revista AIDIS, (55), 4-7.
Palabras claves:	Nivel mínimo de servicio, criterios de seguridad, emergencias en servicios de agua potable
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	“Diseñar y construir sistemas de agua potable que sean indemnes a las emergencias naturales o causadas por el hombre, puede ser un objetivo cuyos costos sean demasiado altos. Por ello, el objetivo de la gestión del riesgo no es disponer de sistemas a prueba de todo evento, sino que estos sean capaces de brindar un nivel mínimo de servicio.”

	“Las situaciones de emergencia pueden ser causadas por acciones de la naturaleza, por lo general de manera inesperada, o por acciones del hombre”
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Avalar y complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	

Ficha 8	Tipo de lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Santelices C. (2017). Aprendizajes para mejorar la gestión del riesgo. Revista AIDIS, (55), 11-17.
Palabras claves:	Modelo de gestión de riesgo de desastres, Desastre natural,
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	“En los últimos 10 años, ESSBIO ha enfrentado catástrofes que han desafiado la capacidad de resiliencia de la compañía, generando conocimiento, experiencia y descubriendo brechas a gestionar.” “El modelo de gestión de riesgo que se está implementando está basado en ISO 22.301, y tiene como base el concepto de Continuidad de Negocio, que se refiere a la capacidad de la organización para continuar realizando la entrega de productos o servicios a niveles predefinidos aceptables después de un incidente disruptivo”

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Avalar y complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 9	Tipo de lectura Complementaria

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Peña J. (2017). Gestión de emergencias bajo el Enfoque de continuidad de Negocio. Revista AIDIS, (55), 8-10.
Palabras claves:	Continuidad del negocio, Gestión de emergencias, resiliencia del sistema, colaboración público privada
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	“Fuera de la colaboración interna, se requiere también un trabajo de colaboración y coordinación con actores públicos y privados. En una crisis se produce información desde diferentes fuentes, autoridades, la empresa, los medios de comunicación, entre otros, lo cual muchas veces resulta confuso para la población.” “Las instancias de colaboración ayudan a comprender mejor el riesgo de desastres, a fortalecer la gobernanza del riesgo para gestionarlo, así como también a invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia y trabajar mejor en la recuperación, rehabilitación y reconstrucción”

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, complementar y avalar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 10	Tipo de lectura complementaria

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Carrasco P. (2017). Continuidad de los servicios sanitarios en contexto de emergencia y desastres. Revista AIDIS, (55), 26-32.
Palabras claves:	Desastre, Protección civil, Planes de abastecimiento alternativo
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	“El terremoto de Maule en el 2010 marcó un profundo cambio en el modo en que se relacionan las sanitarias con los actores públicos y con la ciudadanía para hacer frente a desastres y emergencias.” “El área de mayor desarrollo en los últimos años ha sido la coordinación del proceso de abastecimiento alternativo de agua potable en situaciones de emergencias o desastres, aquel que se realiza generalmente a través de camiones aljibes o estanques portátiles, y que eventualmente puede demandar el apoyo del Sistema de Protección Civil.”

**Aporte específico que se cree obtener
sirve para:**

Orientar

Avalar

Complementar

Definir

Contrapropuesta

Otros aportes

Orientar, avalar y complementar

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros



Etapas del Ciclo del Riesgo

Marco normativo de la protección civil

Ficha 11

TIPO de lectura (fundamental)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:

Karunanidhi, D., Aravinthasamy, P., Subramani, T., & Setia, R. (2021). Groundwater suitability estimation for sustainable drinking water supply and food production in a semi-urban area of south India: A special focus on risk evaluation for making healthy society. *Sustainable Cities and Society*, 73, 103077. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103077>

Palabras claves:	Sostenibilidad de aguas subterráneas, suministro de agua sostenible, evaluación de riesgos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The necessity of evaluating health risk is to know the process for the possibility of harmful health implications in humans with the exposure of hazardous pollutants in a water environment for present or future" El texto entrega recomendaciones para la gestión sostenible de aguas subterráneas, entre estas se cuenta: 1. Implementación de estrategias de recarga de aguas pluviales para mejorar la cantidad y calidad del agua subterránea en entornos urbanizados. 2. Mantenimiento periódico de tanques sépticos y sistemas de alcantarillado para reducir la contaminación del agua subterránea. 3. Construcción de plantas de tratamiento biológico para reciclar aguas residuales domésticas. 4. Manejo separado de residuos sólidos reciclables y creación de vertederos municipales con revestimiento adecuado para evitar la generación de lixiviados. Estas recomendaciones están dirigidas a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 3, 6 y 11, con el propósito de fomentar una gestión sostenible del agua subterránea que asegure un suministro seguro de agua potable

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar y complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 12	TIPO de lectura (fundamental)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Aven, T. (2010). On how to define, understand and describe risk. Reliability Engineering and System Safety, 95, 623–631.
Palabras claves:	Análisis de riesgo, incerteza, probabilidad, ingeniería de confiabilidad, seguridad de sistema, toma de decisiones
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Risk is a situation or event where something of human value (including humans themselves) is at stake and where the outcome is uncertain" "Risk is uncertainty about and severity of the consequences (or outcomes) of an activity with respect to something that humans value" Las definiciones y descripciones de riesgo presentadas en el estudio abordan diferentes enfoques y perspectivas para comprender y definir el concepto de riesgo. Las principales ideas presentadas en el estudio son: Definiciones de Riesgo: Se plantea que el riesgo se refiere a la incertidumbre de los resultados, acciones y eventos. Se destaca que el riesgo es una consecuencia incierta de un evento o actividad con respecto a algo que los humanos valoran. También se menciona que el riesgo es una situación o evento donde algo de valor humano está en juego y donde el resultado es incierto. Descripciones de Riesgo: Se propone que el riesgo se puede formalizar como un conjunto de eventos, consecuencias y probabilidades, donde las incertidumbres se expresan a través de probabilidades. Además, se discute la importancia de considerar tanto las incertidumbres como las consecuencias al evaluar el riesgo, ya que la intensidad y magnitud de las consecuencias también influyen en la percepción del riesgo. Se plantea que las descripciones de riesgo deben abordar las incertidumbres en lugar de centrarse únicamente en las probabilidades, ya que las incertidumbres pueden estar ocultas en las probabilidades y no reflejar completamente la complejidad de los riesgos.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar y definir
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	

Ficha 13	TIPO de lectura (fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Stoch Environ Res Risk Assess. (2013). Integrated risk assessment of urban water supply systems from source to tap. https://doi.org/10.1007/s00477-012-0651-5
Palabras claves:	Evaluación de riesgos integrada Sistemas de suministro de agua urbana Amenazas Vulnerabilidades Calidad del agua Complejidad del sistema
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"In order to evaluate the reliability of water supply systems, risk assessment tools must be used to identify threats, their probability, and consequences and vulnerabilities of each element of these systems against the hazards" "This model uses a hierarchical framework for breaking down the UWSS infrastructures to their interrelated elements to reduce the overall complexity of the system" "The system description should include detailed knowledge of the following four main vulnerable components and their relative subcomponents: water resources, main water transmission pipes or channels, water treatment plants, and distribution network"

Aporte específico que se cree obtener sirve para:

Orientar

Avalar

Complementar

Definir

Contrapropuesta

Otros aportes

Definir, Avalar y Orientar

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

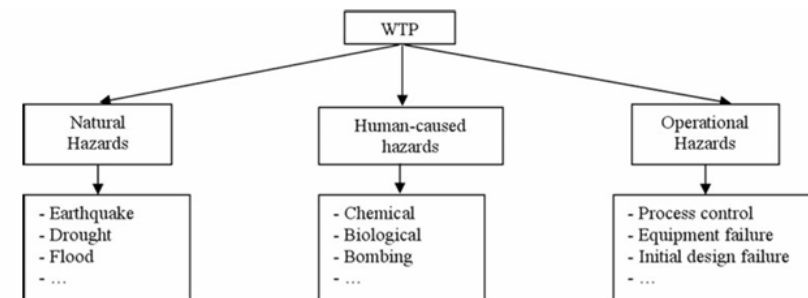
Ejemplos

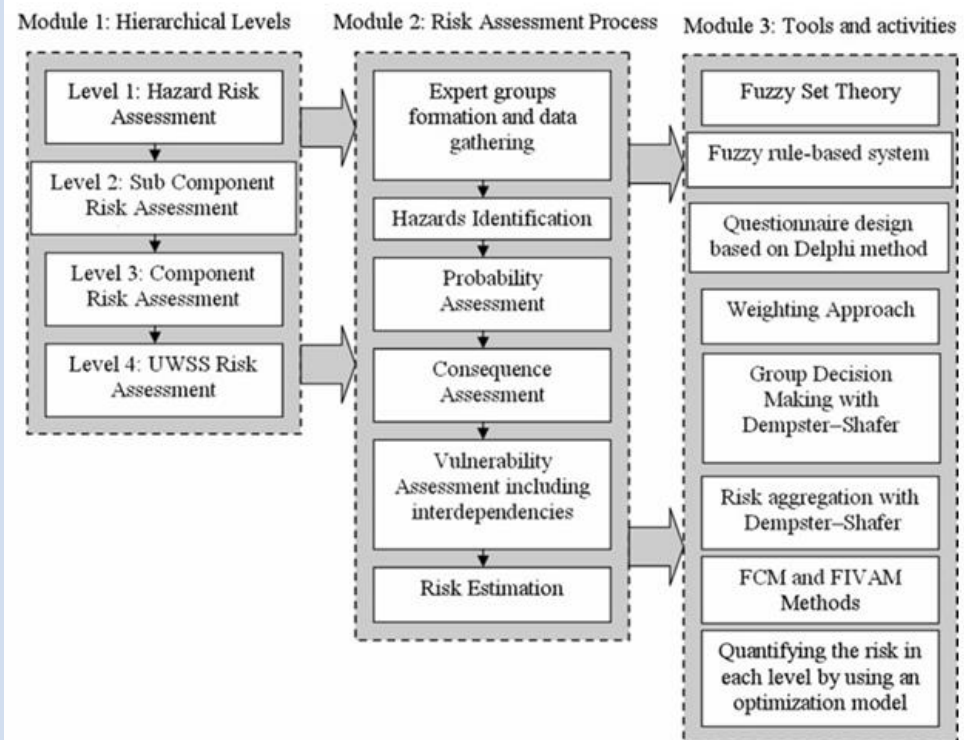
Fotografías

Mapas

Otros

Fig. 2 Hierarchical risk assessment framework of water quantity and quality in a typical water treatment plants





Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Saikrishna, Purushotham, Sunitha. (2023). Deciphering groundwater quality https://doi.org/10.1016/j.totert.2023.100035
Palabras claves:	Calidad del agua subterránea, Mecanismos geoquímicos, Química del agua, Parámetros fisicoquímicos, Normas de agua potable
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Understanding groundwater quality and its mechanism is very essential for effective management and sustainable resource for various purposes."
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar.

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
---	--

Ficha 15	TIPO de lectura (fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Danneels, J. J., & Finley, R. E. (2009). Assessing the vulnerabilities of U.S. drinking water systems. Journal of Contemporary Water Research and Education, Issue 129, 8-12.
Palabras claves:	Vulnerabilidades, Sistemas de agua potable, Amenazas, Evaluación de riesgos, Infraestructura crítica, Seguridad, Protección de infraestructuras
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Understanding and analyzing the vulnerabilities within the water infrastructure is a very important undertaking. Our government needs to protect one of the most basic assets America has—a clean water supply." "Understanding and analyzing the vulnerabilities within the nation's water infrastructure will help us protect the health and safety of our citizens."

	"Responding to threats may require new approaches that greatly enhance the time an adversary needs to complete a malevolent act." "Research dollars should be made available to study alternatives that put final treatment of the water supply closer to the consumer."
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, Avalar y complementar

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros

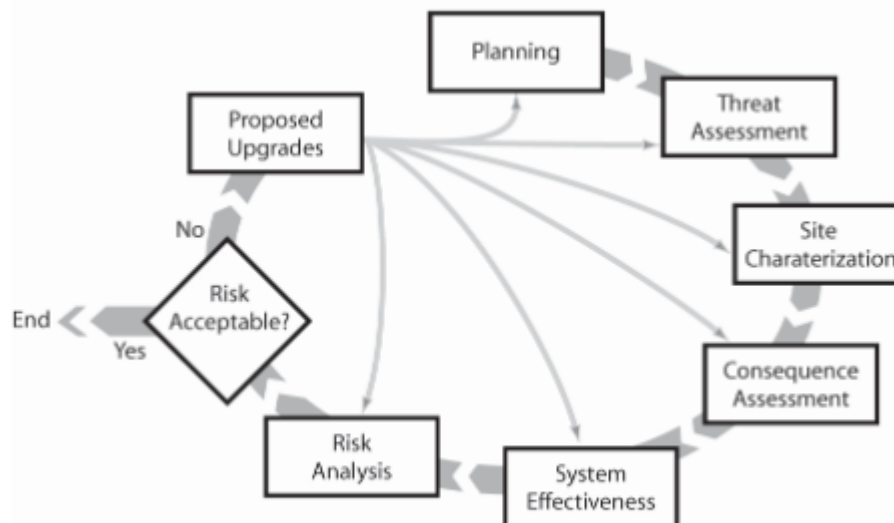


Figure 1. RAM-W™ Process

Ficha 16

TIPO de lectura (fundamental)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:

Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC). (s.f.). La Gestión del Riesgo en el Agua y el Saneamiento

Palabras claves:

Gestión del riesgo, Agua, Saneamiento, Desastres naturales, Adaptación

Conceptos y/o Ideas fundamentales:

1. “Citas textuales”

2. Redacciones propias

Algunos de los desafíos incluyen:

1. Mejorar la financiación: Garantizar el acceso a recursos financieros para comunidades y regiones vulnerables, y asegurar que los sistemas financieros reflejen adecuadamente las necesidades
2. Reconocimiento de pérdidas: Identificar y analizar las pérdidas ocasionadas por desastres para tomar decisiones estratégicas informadas
3. Financiación innovadora: Buscar fuentes de financiación sostenibles y predecibles para fortalecer la capacidad de adaptación de los grupos y ecosistemas más vulnerables
4. Descentralización: Establecer instituciones locales fuertes con autoridad y capacidad para abordar los desafíos de gestión del riesgo a nivel comunitario
5. Conocimiento y preparación: Avanzar en el conocimiento de las comunidades expuestas a riesgos hídricos, adoptar enfoques integrados de gestión del riesgo, implementar sistemas de vigilancia y promover la preparación comunitaria para desastres naturales

Las herramientas para la implementación de la gestión del riesgo en el agua y el saneamiento pueden incluir:

1. Planes de acción nacionales: Establecer estrategias para prevenir nuevos riesgos, reducir los riesgos existentes y mejorar la capacidad de respuesta a desastres
2. Enfoque de cuenca: Promover la cooperación entre países vecinos y estimular la acción a nivel regional
3. Medidas de responsabilidad: Guiar a los gobiernos y promover la cultura de la responsabilidad para mejorar la eficiencia en la prestación de servicios
4. Compartir datos hidrológicos: Seguir la resolución de la Organización Meteorológica Mundial para intercambiar información entre regiones
5. Participación social: Involucrar a las comunidades locales, incluyendo a las mujeres, en la toma de decisiones y en la evaluación de la resiliencia de los servicios

Estas herramientas son fundamentales para la implementación efectiva de estrategias de gestión del riesgo en el sector del agua y el saneamiento.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, avalar y complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 17	TIPO de lectura (fundamental)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Leveque, B., Bichai, F., & El-Jabi, N. (2024). Assessing the vulnerability of urban drinking water intakes to water scarcity under global change. Environmental Challenges, 15, 100885. https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100885
Palabras claves:	Cambio climático Escasez de agua Condiciones hidroclimáticas Nivel crítico del agua Agua superficial Suministro de agua urbana Gestión del riesgo
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	La metodología empleada en este estudio se puede resumir en cuatro pasos principales: Identificación de características intrínsecas y extrínsecas de las tomas de agua potable (DWIs): Se identificaron características como ubicación, profundidad y nivel crítico del agua, así como capacidad de extracción y producción asociadas a las tomas de agua potable. Cálculo de estadísticas de caudales bajos para las DWIs: Se utilizaron datos históricos de nivel de agua obtenidos de estaciones hidrométricas ubicadas a lo largo del río estudiado para calcular las estadísticas de caudales bajos. Proyección de cambios potenciales antropogénicos y climáticos que afectan las extracciones de agua y los niveles de agua del río: Se formularon cuatro escenarios que abarcan un espectro de opciones relacionadas con las extracciones de agua cruda, considerando el crecimiento proyectado de la población y las estadísticas de caudales bajos bajo condiciones climáticas futuras.

	Evaluación de la vulnerabilidad presente y futura de las DWIs a la escasez de agua: Se realizó esta evaluación utilizando subíndices de vulnerabilidad asociados con la demanda de agua y el nivel del agua, lo que permitió determinar la vulnerabilidad de las DWIs tanto en condiciones actuales como futuras.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Contrapropuesta
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	

Ficha 18	TIPO de lectura (fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Garcia, L. D. (2022). Análisis de resiliencia climática del proyecto sistema de agua potable en comunidad Huayrapata. Investigación & Desarrollo, 22(1), 63-76.
Palabras claves:	Resiliencia climática Agua potable Cambio climático Análisis de riesgos Evaluación beneficio-costo
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	La metodología utilizada en este estudio se puede describir en los siguientes pasos: 1. Recopilación de datos primarios y secundarios sobre el proyecto y la comunidad. 2. Análisis de las características del proyecto, datos DesInventar del municipio de Poroma y el Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI) del municipio. 3. Sistematización de los datos recopilados para evaluar la recurrencia de eventos climáticos y su impacto. 4. Análisis de las condiciones climatológicas, sociales y económicas del municipio y la comunidad Huayrapata. 5. Realización de un Análisis de Resiliencia en Inversiones (ARI) del proyecto. 6. Evaluación de riesgos del proyecto, considerando las amenazas identificadas. 7. Análisis de la resiliencia física y funcional del proyecto frente a las amenazas climáticas. 8. Priorización de intervenciones para mejorar la resiliencia del proyecto. 9. Evaluación del beneficio-costo de las medidas propuestas para aumentar la resiliencia del proyecto. Esta metodología permitió identificar las amenazas climáticas, evaluar la capacidad de resistencia del proyecto y proponer medidas de adaptación para garantizar su viabilidad frente al cambio climático.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, Complementar y contrapropuesta

Materiales más significantes:

Tablas

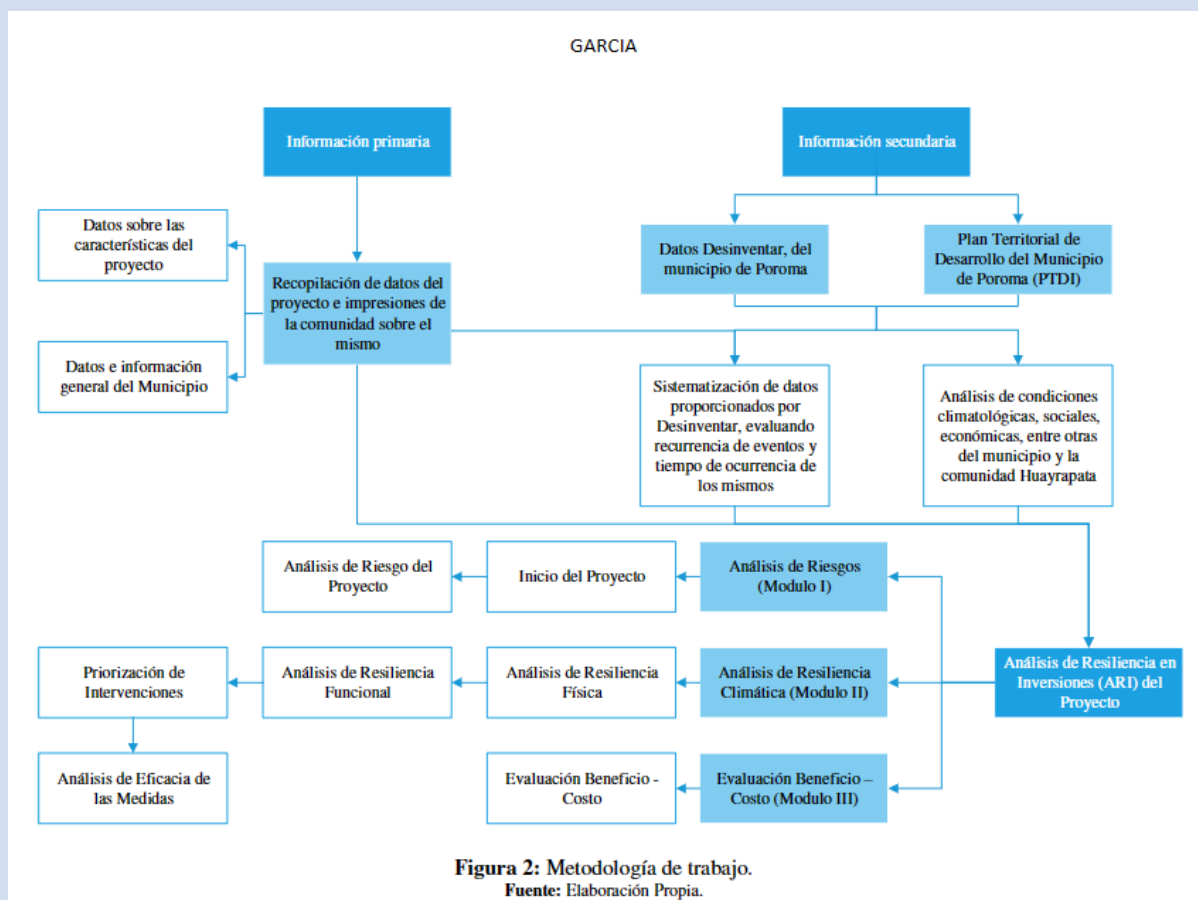
Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros



Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Lo, H.-W., Liou, J. J. H., & Huang, C.-N. (2020). A new soft computing approach for analyzing the influential relationships of critical infrastructures. <i>International Journal of Critical Infrastructure Protection</i> , 28, 100336.
Palabras claves:	Infraestructuras críticas Modelos de toma de decisiones Incertidumbre Interdependencias Prioridades Redes de influencia Computación suave
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The safety of the CI system is one of the most significant issues facing nations around the world." "Achieving the goals of energy sustainability, economic development, or social development is difficult if the infrastructure network is at risk." "Determining the influence relationships and importance of CIs is important for assisting the government in making appropriate risk-management decisions." "The proposed model can be adapted for countries with different characteristics." El modelo propuesto en el estudio combina los conceptos de DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) y ANP (Analytic Network Process) en un enfoque de computación suave para analizar las relaciones influyentes de las infraestructuras críticas. Este método permite capturar fácilmente las relaciones de red dentro de los sistemas, considerando la interdependencia de los componentes de infraestructuras críticas. Para abordar la incertidumbre de la información y las limitaciones de conocimiento, se utiliza la lógica difusa y el método de números ásperos para integrar las opiniones de múltiples expertos en la toma de decisiones grupales.

	Esto ayuda a superar los problemas derivados de las opiniones diversas de los expertos debido a conflictos inherentes debido a sus diferentes antecedentes. El modelo mapea las interdependencias y prioridades entre las infraestructuras críticas en un sistema complejo, lo que resulta en una herramienta efectiva para ayudar a los gobiernos, industrias y departamentos de investigación a abordar problemas de toma de decisiones multi-criterio en entornos inciertos. Además, se destaca que este modelo puede adaptarse a países con diferentes características, lo que lo hace versátil y aplicable en diversos contextos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, Contrapropuesta

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
---	--

Ficha 20	TIPO de lectura (específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Anderson, D. M., Birken, S. A., Bartram, J., & Freeman, M. C. (2022). Adaptation of Water, Sanitation, and Hygiene Interventions. <i>Frontiers in Health Services</i> , 2, 896234. https://doi.org/10.3389/frhs.2022.896234
Palabras claves:	Adaptación Agua Saneamiento Higiene Intervenciones

Conceptos y/o Ideas fundamentales:

- 1. “Citas textuales”**
- 2. Redacciones propias**

"We developed a model specifically tailored to Safe water, Sanitation and Hygiene (WaSH) interventions to guide stakeholders through systematic adaptation. The purpose of this model is to improve adaptation by describing a series of key steps and providing tools to support systematic decision-making throughout, thereby improving outcomes."

La metodología utilizada incluyó los siguientes enfoques:

1. Revisión de Alcance (Scoping Review): Se inició con tres revisiones recientes que sintetizaron modelos de pasos clave de adaptación de la literatura previa. Luego, se buscó actualizaciones, refinamientos o alternativas a estos modelos mediante la búsqueda de citas hacia adelante y hacia atrás en Google Scholar
2. Modelo de Adaptación: Se desarrolló un modelo preliminar de pasos clave basado en la síntesis de pasos comunes en tres modelos de adaptación. Este modelo se revisó en dos rondas para incorporar actualizaciones de la literatura de adaptación y características específicas de los programas de Agua, Saneamiento e Higiene (WaSH)
3. Búsqueda Sistemática de Bases de Datos: Se realizó una búsqueda sistemática en PubMed, Web of Science y Scopus para identificar estudios en inglés publicados entre enero de 2000 y junio de 2021 que describieran adaptaciones en WaSH. Se seleccionaron estudios retrospectivos y prospectivos que describían adaptaciones en intervenciones de WaSH
4. Selección de Estudios: Se revisaron los textos completos de los estudios identificados a través de la búsqueda de citas para incluir aquellos aplicables a una variedad de intervenciones de WaSH. Se excluyeron estudios específicos de un tipo de intervención o contexto no relevante para WaSH. Se priorizaron publicaciones de los últimos 5 años
5. Recopilación y Resumen de Resultados: Se identificaron los pasos de adaptación descritos en los modelos base y se agregaron acciones requeridas para completar cada paso. Se compiló una lista de herramientas para guiar el proceso de adaptación

Aporte específico que se cree obtener sirve para:

Orientar

Avalar

Complementar

Definir

Contrapropuesta

Otros aportes

Contrapropuesta

Materiales
significantes:

más

Tablas

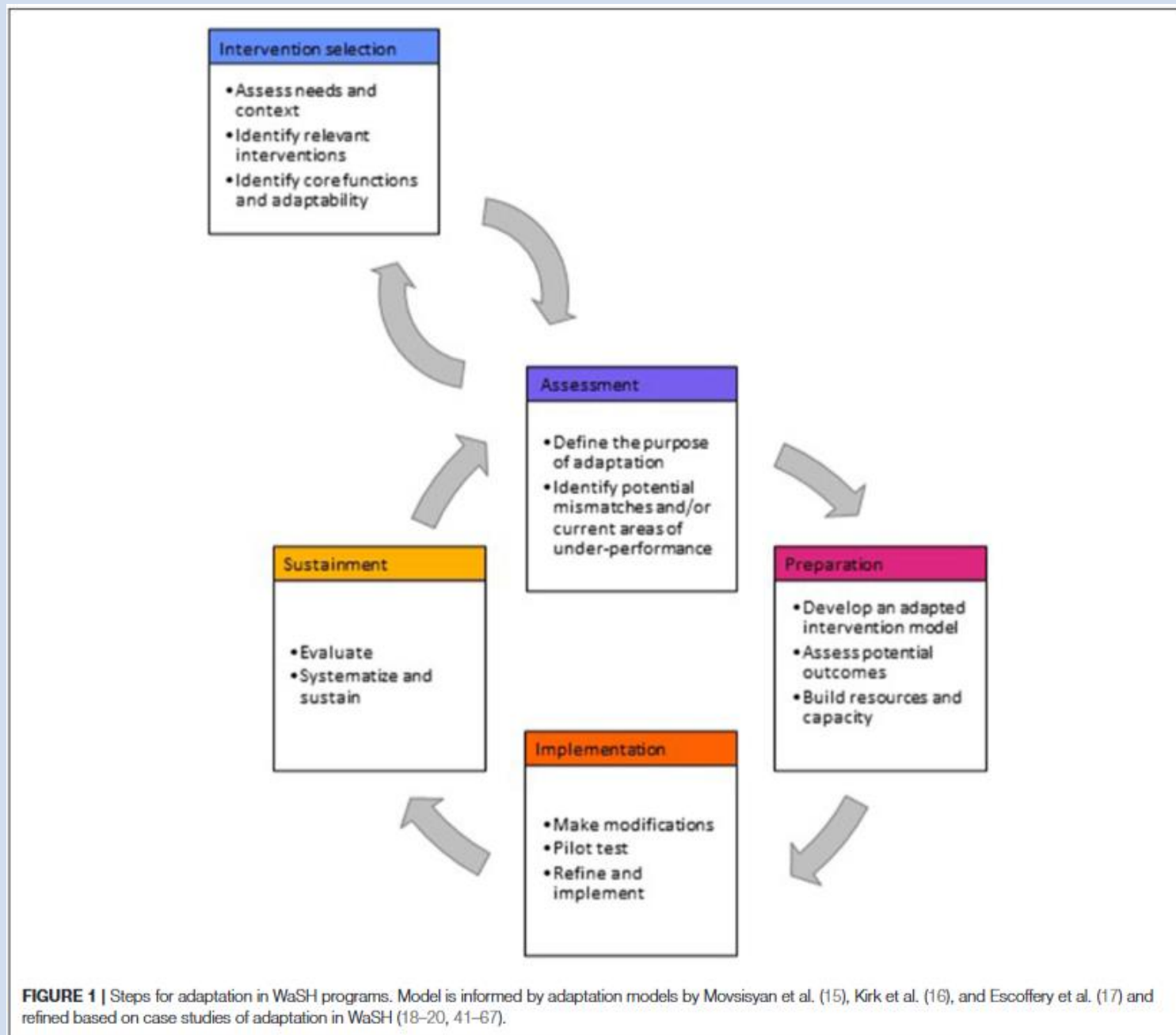
Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros



Ficha 21	TIPO de lectura (específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Alazaiza, M. Y. D., Albahnasawi, A., Al Maskari, T., & Nassani, D. E. (2022). Benefits, challenges and success factors of water safety plan implementation: A review. Global NEST Journal, 24(3), 414-425.
Palabras claves:	Plan de Seguridad del Agua Implementación Suministro de agua potable Gestión de riesgos Eficiencia operativa Calidad del agua Desafíos Factores de éxito
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The Water Safety Plan (WSP) concept has become a globally recognized and accepted approach to drinking water supply management and operation." "The benefits include Improved operational efficiency, improved water quality, reduced consumers, reduced production cost and reduced potential hazardous incidents." "However, the main difficulties for effective WSP implementation were lack of staff training, insufficient time and fund were the main challenges." "Factors specific to small drinking water supplies in Low-Middle Income Countries include support from non-government organizations, integration into existing water sanitation and hygiene (WASH) programs, simplicity, and community engagement." "Management and stakeholder engagement are two essential aspects of WSP."

	"This section discusses how the WSP four dimensions; leadership commitment, technical knowledge, governance and integrity collaboration may affect the successful implementation of WSP."
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar, Avalar

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros

Table 1: The application of WSP: benefits, difficulties and recommendations.

Country	Benefits	Difficulties	Recommendations	References
France and Spain	WSP controls on turbidity and chlorine enhanced the water quality.	The results of the longer-term implementation of WSP, health improvement and water quality, may need more time to observe.	- For effective WSP implementation strategies, creating a connection between input/output, impacts of WSP and outcomes is essential. - Hidden dangers such as “tokenism”, poor long-term adherence and poor fidelity should take into consideration.	(Setty <i>et al.</i> , 2018)
North Carolina	Improved risk management, enhanced the organization of information, and decrease the operation and maintenance cost.	Perceived duplication of existing practices and insufficient staff time are the main barriers to WSP implantation.	More research is needed to get full insight into whether the implementation of WSP in the US may bring benefits.	(Amjad <i>et al.</i> , 2016)
Chile	Preventive management approach may support water management bodies against of hazardous events.	Water utility companies' certification such as quality management standards (ISO 9001), environmental management standards (ISO 14001), organization and occupational safety standards (OHSAS 18001) are not specified to water sector.	Water utilities in Chile must change the water quality management system from a reactive approach to a preventive approach.	(Carvajal <i>et al.</i> , 2021)

Ficha 22

TIPO de lectura (complemento)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Li, J., Wang, Y., Xie, X., Zhang, L., & Guo, W. (2013). Hydrogeochemistry of high iodine groundwater: a case study at the Datong Basin, northern China. <i>Environmental Science: Processes & Impacts</i> , 15, 848–859.
Palabras claves:	Hidrogeoquímica Agua subterránea rica en yodo Ciencias Ambientales Procesos e Impactos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	La metodología empleada en este estudio se centró en enfoques geoquímicos, multivariados, isotópicos estables y geostatísticos para identificar las fuentes de flúor (F) y los riesgos asociados a la salud humana relacionados con el agua potable rural en el norte y este de China. Se recolectaron un total de 189 muestras de agua provenientes de distintas fuentes, como lagos, embalses, ríos y aguas subterráneas de acuíferos con profundidades que oscilaban entre los 3 m y los 900 m. Estas muestras se distribuyeron en las provincias de Hebei, Shanxi, Shandong, Anhui, así como en las ciudades de Beijing y Tianjin en China. Durante el proceso de recolección de las muestras, se siguieron procedimientos específicos, como la filtración del agua cruda para realizar análisis isotópicos de nitrógeno y oxígeno en nitratos, la acidificación del agua cruda para el análisis del contenido de nutrientes, y la filtración y acidificación para el análisis de aniones y cationes. Todas las muestras se transportaron al laboratorio el mismo día y se conservaron a una temperatura de 4°C hasta su análisis. Además, se llevaron a cabo mediciones in situ del pH utilizando un medidor de parámetros múltiples portátil. La metodología también incluyó análisis estadísticos, como análisis diferencial y de correlación, utilizando software específico. Para interpolar los nitratos, la arcilla en el suelo y los riesgos para la salud, se utilizó el método de ponderación inversa de la distancia con la ayuda de software GIS. Asimismo, se realizó un análisis de correlación espacial utilizando el software Geoda para identificar patrones de correlación espacial en diferentes variables.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar y orientar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 23	TIPO de lectura (específica)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Zamani, A. A., et al. (2022). Drinking water resources criteria in emergencies. Environmental Health Engineering and Management Journal, 9(1), 15-21.
Palabras claves:	Agua potable en emergencias y desastres Criterios de selección de recursos hídricos Evaluación de criterios en situaciones de crisis Importancia de la planificación en suministro de agua Apoyo a tomadores de decisiones en desastres Selección de recursos hídricos basada en criterios
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Disasters occur unexpectedly each year, killing thousands around the world. Millions are directly under the influence of the outcomes of these events and their survival depends on the immediate state and international aid." "This study intends to assist disaster service officials and decision makers and supervisors to plan for drinking water supply from area water resources, before the disaster and based on the history and geographical characteristics of the area, to take actions and meet the drinking water needs of the region." "The main important need after disasters is safe water supply, which along with providing shelter, medicine, and nutrition, is vital to prevent diseases." "The results show that water resources supply in disasters and emergencies criteria were classified into 4 main and 30 sub-criteria. The main criteria include environmental, economic, technology performance, quantitative and qualitative characteristics of water resources." "In most studies, specific main water resources supply criteria in emergencies and disasters have been considered." "Due to the importance of safe water supply in emergencies and disasters and the need for planning in analysis to identify the criteria for selecting drinking water resources in emergencies and disasters, 16 articles related to the research purpose were included in the study."

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar y complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 24	TIPO de lectura (específica)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Bijlsma, L., Ahrens, L., Wiberg, K., Hernández, F., Oskarsson, A., & Lundqvist, J. (2023). Effect-based evaluation of water quality in a system of indirect reuse of wastewater for drinking water production. <i>Water Research</i> , 242, 120147.
Palabras claves:	Reutilización indirecta Aguas residuales Agua potable Escasez de agua Estrés oxidativo Calidad del agua
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Our results indicate that, for the endpoints studied, indirect reuse of wastewater into drinking water sources can be successful without introducing chemical hazards in the finished potable water" . "Indirect potable reuse of wastewater is a practice that is gaining attention, aiming to increase freshwater supplies to meet water scarcity" . "The aim of this study was to perform an effect-based evaluation of the water quality in a full-scale trial-system for indirect reuse of treated wastewater for drinking water production" . "Despite varying bioactivity in the incoming water to the DWT plant, there were generally equal and low residual activities in the finished drinking water in the two campaigns"

**Aporte específico que se cree obtener
sirve para:**

Orientar

Avalar

Complementar

Definir

Contrapropuesta

Otros aportes

Complementar, orientar y otros aportes

Materiales más significantes:

Tablas

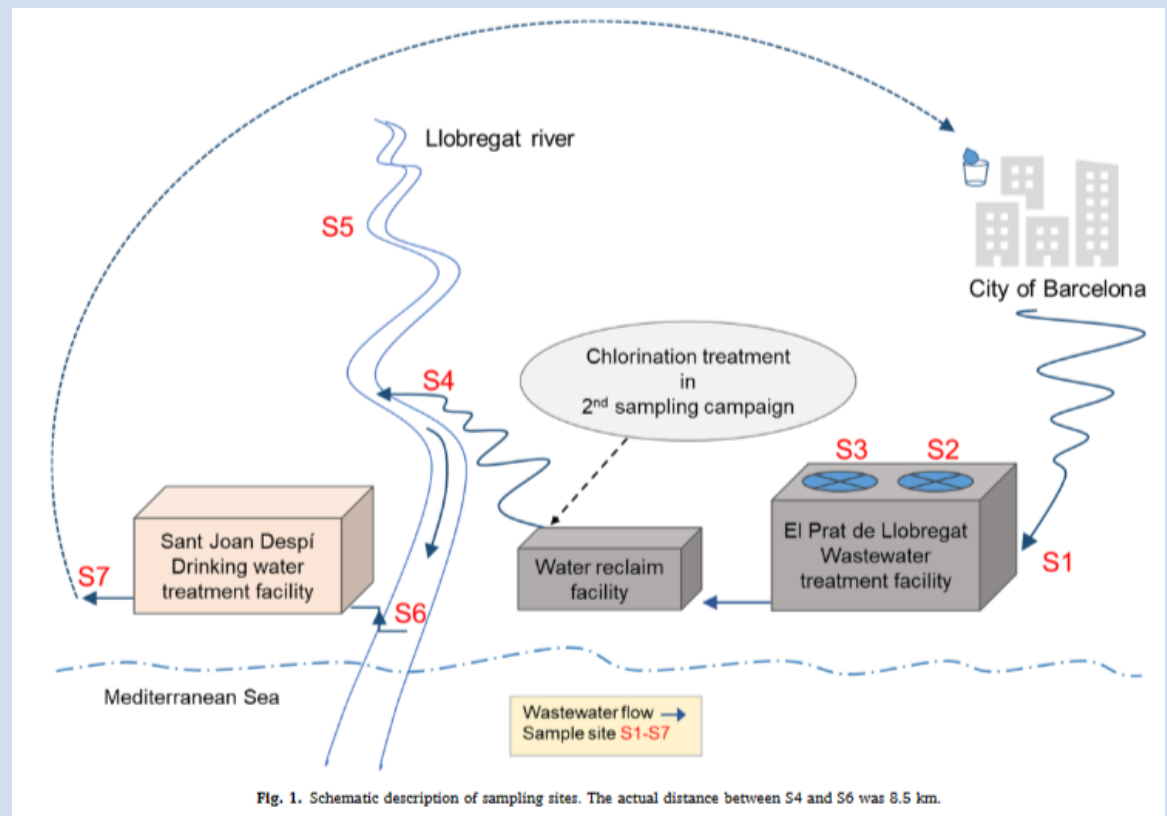
Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros



Ficha 25

TIPO de lectura (específica)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Abdellatif, M., Atherton, W., Alkhaddar, R., & Osman, Y. (2015). Flood risk assessment for urban water system in a changing climate using artificial neural network. <i>Natural Hazards</i> , 79(3), 1059-1077.
Palabras claves:	Red neuronal artificial Cambio climático Sistema de alcantarillado combinado Reducción de escala Inundaciones
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Changes in rainfall patterns due to climate change are expected to have negative impact on urban drainage systems, causing increase in flow volumes entering the system." "An artificial neural network downscaling technique was used to obtain local-scale future rainfall from three coarse-scale GCMs." "The results show that there will be potential increase in the spilling volume from manholes and surcharge in sewers, which would cause a significant number of properties to be affected by flooding." "The objective of this study is to improve the understanding of the potential implications of climate change on urban drainage system flood response and introduces an updated methodology and strategy to assess the impacts of climate change on urban drainage infrastructure." "Climate change is one of the main challenges to urban drainage systems in the future decades."

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar, contrapropuesta
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	

Ficha 26	TIPO de lectura (específica)
----------	------------------------------

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	International Journal of Critical Infrastructure Protection. (2017). Measuring the organizational resilience of critical infrastructure providers. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcip.2017.05.002
Palabras claves:	Resiliencia Organizacional Resiliencia de Infraestructuras Críticas Benchmarking de Resiliencia Medición de Resiliencia Indicadores de Resiliencia
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Modern societies are becoming increasingly dependent on critical infrastructure services. This dependence is not only on the technology used in infrastructures, but also on the organizations that manage the infrastructures." "The capacity of critical infrastructure organizations to prepare for and respond to crises is a vital element of critical infrastructure resilience. With limited resources and foresight to plan for every eventuality, infrastructures will inevitably fail." "Organizational resilience research integrates a number of established research and practice areas, including risk management, business continuity, disaster management, operations management, engineering and safety, leadership and change management." "The tool considers 13 leading indicators of resilience that measure attributes believed to contribute to an organization's resilience. The indicators enable an organization to identify its strengths and weaknesses before a crisis occurs."

**Aporte específico que se cree
obtener sirve para:**

Orientar

Avalar

Complementar

Definir

Contrapropuesta

Otros aportes

Orientar, otros aportes

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros

Resilience Indicators

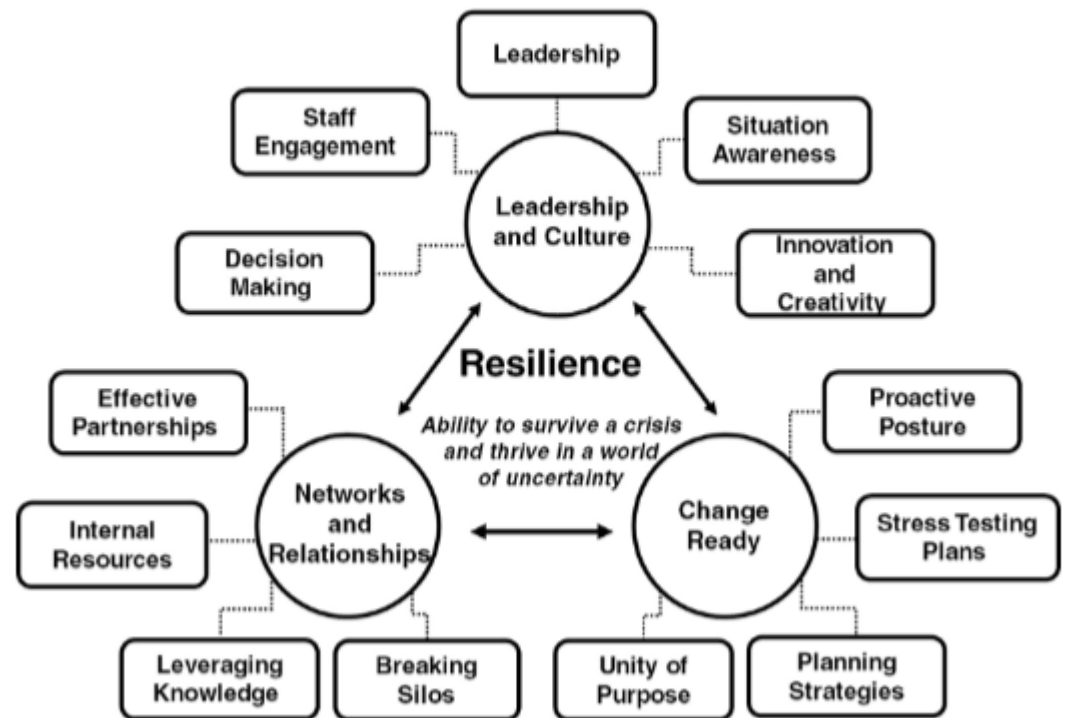


Fig. 1 – Leading indicators of organizational resilience.

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Noémie Neverre, Nicolas Surdyk, Cécile Hérivaux, & Nicole Baran. (2022). Restoring groundwater quality at the drinking water catchment scale: A multidisciplinary and participatory approach. Journal of Environmental Management, 314, 115022. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115022
Palabras claves:	Prácticas agrícolas Análisis de coste-efectividad Agua subterránea Modelado de transferencia de nitratos Proceso participativo
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The approach developed made it possible to co-construct scenarios of actions with local stakeholders and evaluate both their effectiveness on groundwater nitrate concentrations and their cost, allowing to identify the most cost-effective measures." "Results demonstrate once again the need to take into account the long time when looking at the effects of agricultural practices on groundwater quality, and the importance of such ex-ante evaluation in face of the inertia of hydrosystems." "The proposed approach has the advantage of being easy to implement, requiring relatively little data compared to other modeling approaches, and is therefore easily applicable to other drinking water catchments where needed." "The discussion of results by stakeholders made it possible to identify possible ways forward to take up the most cost-effective measures and to improve their economic outcome." "Stakeholders have shown interest in the evaluation of costs and in qualitative technical and socio-economic information, in addition to the evaluation of the effectiveness of measures, validating the multidisciplinary dimension of the approach."

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar y orientar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 28	TIPO de lectura (específica)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Faramondi, L., Oliva, G., & Setola, R. (2020). Multi-criteria node criticality assessment framework for critical infrastructure networks. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 28, 100338.
Palabras claves:	Protección de infraestructuras críticas Identificación de vulnerabilidades Toma de decisiones multicriterio Proceso analítico jerárquico Centralidad Detección de nodos críticos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"In this paper we propose an approach for the assessment of criticalities which combines multi-criteria decision-making techniques and topological/dynamical centrality measures." "Spotting criticalities in Critical Infrastructure networks is a crucial task in order to implement effective protection strategies against exogenous or malicious events." "In this paper we develop a novel approach to combine different metrics, possibly available only for a subset of the nodes, that characterize the importance of the nodes into a holistic indicator of criticality." "According to Table 2, high correlation coefficients among the metrics M3, M4, and M6 (Hub, Authorities, Eigenvector Centrality) can be noted." "The proposed holistic indicator can be the basis for the implementation of tools aiming at supporting CI stakeholders and practitioners in prioritizing security investments."

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar y contrapropuesta
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 29	TIPO de lectura (complemento)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Meshram, P., Sargaonkar, A., & R. S. (2023). Risk assessment of urban drinking water supply system: A pilot scale study in Central India. International Journal of Researches in Biosciences, Agriculture and Technology, 1(1), 206-218. http://doi.org/10.29369/ijrbat.2023.010.1.0034
Palabras claves:	Calidad del agua Contaminación Gestión de riesgos Abastecimiento de agua Seguridad del agua Salud pública
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The study uses Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing (RS) analysis for mapping, field survey data, and Improved Risk Assessment of Water Distribution System (IRA-WDS) modeling and in-situ measurements of water quality in a pilot study area in Nagpur city." "Quantitative risk matrix is generated by quantifying the risk as the product of the probability (likelihood) of occurrence of an event or hazard and the severity of the consequences." "Risk characterization from source to consumer indicates High microbial risk due to various activities in the catchment, poor maintenance of the system and intermittent water supply." "Model simulations provide exact location of 3% pipes which are in bad condition- that need replacement on priority, and approximately 7% pipes in medium condition - which need regular monitoring and maintenance to ensure drinking water safety."

	"The results are useful to delineate a possible strategy for rehabilitation, and monitoring and maintenance of the network that could be considered to reduce the risks posed by water-quality deteriorating events in the distribution systems."
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	

Ficha 30	TIPO de lectura (específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Esteller, Diaz-Delgado, Environmental Effects of Aquifer Overexploitation. Environmental Management Vol. 29, No. 2, pp. 266 –278 (2002.).
Palabras claves:	sobreexplotación de acuíferos, impacto ambiental, disminución del nivel freático, subsidencia, disminución del caudal de ríos, vulnerabilidad a la contaminación.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The environmental impacts of aquifer overexploitation have been observed in numerous places around the world... one of the most important being the desiccation of wetlands and rivers, with subsequent loss of the aquatic ecosystem..." "There are several environmental processes occurring under aquifer overexploitation conditions. These processes include groundwater table decline, subsidence, attenuation and drying of springs, decrease of river flow, and increased pollution vulnerability..." "Other effects are a decline in the groundwater level, subsidence, the drying-up of springs, a decrease in river flow and a deterioration of water quality..." "The steps taken up to now to mitigate the effects of overexploitation of the aquifer have not resulted in the recovery of the aquifer..." "For example, turning the exploitation of water from wells to other sources (superficial water, treated wastewater), reducing the pumping rate and artificial recharge and restoration of wetland with treated waste water..."

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar y avalar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 31	TIPO de lectura (complemento)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Spence, N., & Walters, D. (2012). "Is it Safe?" Risk Perception and Drinking Water in a Vulnerable Population. The International Indigenous Policy Journal, 3(3). https://doi.org/10.18584/iipj.2012.3.3.9
Palabras claves:	agua segura, medio ambiente, salud, percepción del riesgo, comunicación del riesgo, gestión del riesgo, poblaciones vulnerables, raza/etnia, política social, desigualdad, Primeras Naciones
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. "Citas textuales" 2. Redacciones propias	"Access to safe drinking water is a pressing social policy issue globally. Despite the milestones reached in this area of Canadian public health, marginalized and vulnerable populations, including those founded on racialized identity, such as First Nations, continue to be plagued by accessibility issues." "A model of risk perception of drinking water is developed and tested for First Nations on reserve in Canada using the 2001 Aboriginal Peoples Survey. It is shown that the analytical use of racialized identity advances understanding of risk perception and the environment (water)."
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar y avalar

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
---	--

Ficha 32	TIPO de lectura (complemento)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Barrington, D. J., Green, K., & McMillan, A. (2012). The Water Safety Plan Process: How to prepare Water Safety Plans for community-managed water supply systems in rural Nepal. Nepal Water for Health.
Palabras claves:	Plan de seguridad del agua Agua potable rural comunidad
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Water Safety Plans (WSPs) improve the quality and secure the quantity of drinking water supplies, and hence improve public health outcomes" . "In such communities, users generally have very little scientific knowledge, and are unfamiliar with the intense assessment and documentation required as part of standard WSP preparation. In such cases, it is necessary to

	develop tools which can assist communities in identifying hazards and implementing control measures and monitoring regimes" . "The tools developed by NEWAH allow for 'targeting' of WSP implementation, such that stakeholders are not overwhelmed by documentation that is irrelevant to their own roles and responsibilities" . "The methodology has been developed so that it is flexible to the needs of individual communities, and we welcome any improvements identified through further application. Ideally, this WSP approach will be shared throughout the Nepali WASH sector and continuously adapted as further insight is gained into the application of WSPs in rural Nepal"
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
---	--

Ficha 33	TIPO de lectura (complemento)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Rogers, J. W., & Louis, G. E. (2008). Risk and opportunity in upgrading the US drinking water infrastructure system. Journal of Environmental Management, 87, 26-36.
Palabras claves:	Evaluación de riesgos, Gestión de activos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The purpose of this risk assessment tool is to maintain the desired level-of-service or systems reliability [r(f)], while managing the financial uncertainty of the expected budgetary impact within the capital improvement program (CIP)" "The prioritization of corrective, preventative, and proactive maintenance activities within the CIP budgeting process is the basis for the development of the DWI risk assessment tool"

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	

Ficha 34	TIPO de lectura (complemento)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Verma, M., & Loganathan, V. A. (2023). Water security and health risk assessment of an urban household-level drinking water and sanitation system, Punjab, India. Environmental Monitoring and Assessment, 195(750). https://doi.org/10.1007/s10661-023-11360-0
Palabras claves:	Seguridad del agua Evaluación de riesgos para la salud Agua potable a nivel de hogar urbano Saneamiento
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"The focus of the study is to assess the status of drinking water and sanitation systems of Punjab using an exhaustive dataset of 1575 drinking water samples from 433 sampling locations in 63 urban local bodies of Punjab." "The access indicator under the sanitation dimension shows that Bathinda region has maximum sewerage network coverage relative to other regions, whereas..."
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta	Complementar

Otros aportes

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros

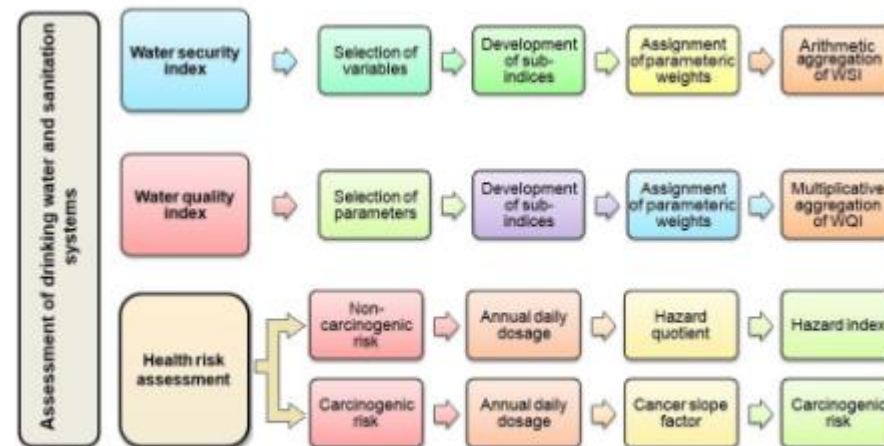


Fig. 3 Methodology adopted for overall assessment of drinking water and sanitation systems of Punjab, India

Ficha 35	TIPO de lectura (fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Grey, D., & Sadoff, C. W. (2007). Water security for growth and development. <i>Water Policy</i> , 9, 545–571.
Palabras claves:	Seguridad hídrica Crecimiento económico Desarrollo Gestión del agua Impacto ambiental
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Achieving basic water security, both harnessing the productive potential of water and limiting its destructive impact, has always been a societal priority." "The only demonstrated path to achieving water security at a national scale has been through investment in an evolving balance of complementary institutions and infrastructure for water management." "There is thus a clear willingness in many developing countries to face the trade-offs required to further these goals, mitigating their inevitable costs by the pragmatic application of social and environmental safeguards."

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, avalar y complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 36	TIPO de lectura (específica)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Vázquez-Rowe, I., et al. (2017). Natural disasters and climate change call for the urgent decentralization of urban water systems. Science of the Total Environment, 605–606, 246–250.
Palabras claves:	cambio climático, sistemas de agua urbanos, descentralización, Lima.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	"Consequently, a series of parallel actions involving all the stages of the urban water cycle must be performed in order to guarantee water supply, reduce vulnerability and increase the resilience of the city." "Water conservation must also become a behavioral trait in Lima, one of the cities with the highest water consumption per capita in Latin America."
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar y orientar

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
---	--

Ficha 37	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Chile. (2021). Guía metodológica para el desarrollo de un índice de riesgo de amenazas naturales que afectan a los sistemas de producción de agua potable.
Palabras claves:	Amenazas naturales Agua potable Riesgo Producción Vulnerabilidad

	Matriz de riesgo Infraestructura Sistemas sanitarios Chile Resiliencia
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	La metodología propuesta en esta guía se centra en la evaluación del riesgo de amenazas naturales que afectan a los sistemas de producción de agua potable. A continuación, se explica paso a paso: Estimación de la frecuencia de ocurrencia de amenazas naturales: Se identifican y se estiman las frecuencias de distintas amenazas de origen natural que pueden afectar la infraestructura de producción de agua potable. Esto incluye amenazas como sismos, tsunamis, inundaciones, aluviones, remociones en masa y turbidez. Estimación de la vulnerabilidad operacional: Se evalúa la vulnerabilidad de los sistemas de producción frente a las amenazas naturales identificadas anteriormente. Se analiza cómo la infraestructura puede ser afectada por cada tipo de amenaza, considerando su capacidad de resistencia y adaptación. Cálculo del Índice de Riesgo (IR): Se desarrolla un índice que permite evaluar el riesgo en los sistemas de producción de agua potable frente a las amenazas naturales. Este índice combina la frecuencia de ocurrencia de las amenazas y la vulnerabilidad operacional de los sistemas. Matriz de riesgo: Se utiliza una matriz de riesgo-exposición para cruzar el Índice de Riesgo con la exposición de los sistemas de producción a las amenazas naturales. Esto permite determinar el nivel de riesgo al que se encuentra expuesto cada sistema.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Complementar y orientar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 38	Referencia de clases Ref. clase Mod.12

Nombre del módulo	MWM 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos Profesor Carlos Gómez, octubre 2023
Palabras claves:	Plan de Seguridad del Agua, Recurso crítico, gestión de riesgos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	Los objetivos de un PSA son: • Minimización de la contaminación del agua en origen • Reducción o eliminación de la contaminación a través de los procesos de tratamiento • Prevención de la contaminación en el almacenamiento, distribución y manipulación del agua de consumo • Asegurar la cantidad y aceptabilidad del agua
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, avalar y complementar

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
---	--

Ficha 39	Referencia de clases Ref. clase Mod.12
Nombre del módulo	MWM 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos Profesor Carlos Gómez, octubre 2023
Palabras claves:	Gestión de riesgos de desastres
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	“En los países en desarrollo las enfermedades relacionadas por la falta de agua o por su calidad no adecuada ocasionan la muerte anual de aprox. de 5 millones de personas, de las cuales cerca de 1,8 millones mueren por enfermedades diarreicas, siendo el 90% de los niños menores de cinco años, lo que equivale a la muerte de 4.500 niños/día (OMS 2004)”

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, avalar y complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
Ficha 40	Referencia de clases Ref. clase Mod.12

Nombre del módulo	MWM 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos Compendio de clases
Palabras claves:	Riesgo, amenaza, exposición y vulnerabilidad, seguridad hídrica, administración estratégica.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	“Se describen los conceptos básicos de riesgo y eventos históricos de manera de explicar la base de los riesgos de origen natural” “El desafío es incorporar indicadores de seguridad hídrica para establecer metas y tomar decisiones en la gestión del agua, ya sea en la priorización de políticas públicas del país y en la evaluación económica de éstas” Orientar, avalar y complementar
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, avalar y complementar

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros

Definición de la Seguridad Hídrica: Caso Latinoamérica

- Una disponibilidad de agua que sea adecuada, en cantidad y calidad, para el abastecimiento humano, los usos de subsistencia, la protección de los ecosistemas y la producción.
- La capacidad --institucional, financiera y de infraestructura-- para acceder y aprovechar dicha agua de forma sustentable y manejar las interrelaciones entre los diferentes usos y sectores.
- Un nivel aceptable de riesgos asociados al agua, para la población, el medio ambiente y la economía.

(HP/ECLAC. 2016)

Fuente: Presentación "Seguridad Hídrica", Prof. Humberto Peña.

Ficha 41

Referencia de clases Ref. clase Mod.5

Nombre del módulo

MWM 510 - Planificación y Dirección Estratégica
Profesor Alberto Kresse Zamorano

Palabras claves:

Planificación estratégica, planificación para el cambio, organización y gobernanza

Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	Atributos del modelo de marco regulatorio • Sanitarias deben cumplir estándares de calidad y continuidad • La tarifa paga los costos eficientes de prestación de los servicios, procurando autofinanciamiento de las empresas • Existen subsidios para familias que lo necesitan • Municipalidades asignan estos subsidios que son pagados directo a la empresa • La empresa puede suspender el suministro por no pago de dos meses consecutivos • Las autoridades regulan la operación de las empresas con la facultad de multar y sancionar ante incumplimientos • La SISS puede incluso suspender la tarifa si no se cumple con la normativa.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, avalar y complementar

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	
---	--

Ficha 41	Referencia de clases Ref. clase Mod.12
Nombre del módulo	MWM 140 Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos Profesor Carlos Gómez, octubre 2023
Palabras claves:	Plan de Seguridad del Agua, Recurso crítico, gestión de riesgos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	Los objetivos de un PSA son: • Minimización de la contaminación del agua en origen • Reducción o eliminación de la contaminación a través de los procesos de tratamiento • Prevención de la contaminación en el almacenamiento, distribución y manipulación del agua de consumo

	Asegurar la cantidad y aceptabilidad del agua
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	Orientar, avalar y complementar
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	

