



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

DIRECCIÓN REGIONAL DE AGUAS

PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL ESTERO CASABLANCA

ANEXO F ASPECTOS METODOLÓGICOS

**REALIZADO POR:
PLATAFORMA DE INVESTIGACIÓN EN ECOHIDROLOGÍA
Y ECOHIDRÁULICA LIMITADA - ECOHYD**

S.I.T N°487

SANTIAGO, DICIEMBRE 2021

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

**Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Civil Sr. Alfredo Moreno Charme**

**Director General de Aguas
Ingeniero Comercial Sr. Óscar Cristi Marfil**

**Jefe División Estudios y Planificación
Ingeniero Civil Sr. Mauricio Lorca Miranda**

**Inspectora Fiscal
Ingeniera Agrícola Sra. Pamela García Serrano**

**Inspector/as Fiscales Subrogantes
Ingeniera Civil Sra. Andrea Osses Vargas
Geógrafa Sra. Ximena Molina Tudesca
Ingeniero Civil Agrícola Sr. Héctor Neira Opazo**

**PLATAFORMA DE INVESTIGACIÓN EN ECOHIDROLOGÍA Y ECOHIDRÁULICA
LIMITADA - ECOHYD**

**Jefa de Proyecto
Ingeniera Civil Sra. Diana Quevedo Tejada**

**Profesionales Equipo Especialistas
Bióloga Sra. Rafaela Retamal Díaz
Ingeniero Civil Sr. David Poblete López
Licenciada en Historia Sra. Viviana Chávez Mancilla
Ingeniera Civil Sra. Cecilia Urrutia Román
Ingeniero Civil Sr. Oscar Melo Contreras
Cartógrafo Sr. Pablo Jara Rodríguez**

**Profesionales Equipo Complementario
Biólogo Marino y Ambiental Sr. Shaw Lacy
Ingeniero Civil Sr. Felipe Figueroa Barrientos
Ingeniero Civil Sr. Macarena Casanova Torres
Ingeniero Civil Sr. Tomás Cabrera Oradines
Antropólogo Rodrigo Guerrero R.
Trabajador Social Lucas Rabí Blondel
Ingeniero Civil Sr. José Martínez Retamal
Ingeniero Civil Sr. Juan Pablo Herane Espinosa
Ingeniero Civil Sr. Manuel Carvallo Arrau
Ingeniero Civil Sr. Lenín Henríquez Dole
Geógrafo Carlos Olivares Gómez
Ingeniero Civil Sr. Matías Peredo Parada
Bióloga Marina Sra. Constanza Meriño Aburto
Bióloga Sra. Diana Bendek Quintero
Ingeniero en Recursos Naturales Sr. Marcelo Soto Moya**

ESTRUCTURA DEL INFORME FINAL Y DOCUMENTOS ANEXOS

- **Informe final**
- **Anexo A - Abreviaturas**
- **Anexo B - Referencias**
- **Anexo C - Glosario**
- **Anexo D- Figuras**
- **Anexo E - Antecedentes recopilados**
- **Anexo F – Aspectos metodológicos del plan de cuenca**
- **Anexo G - Proyecto SIG**
- **Anexo H - Modelo hidrológico acoplado**
- **Anexo I – Detalles procesos participativos**
- **Anexo J – Descripción y diagnóstico de la cuenca**
- **Anexo K - Plan de acción**

El presente anexo tiene por objetivo documentar la metodología general aplicada para el desarrollo del plan, así como los métodos implementados en cada actividad ejecutada.

ÍNDICE

Página

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE DEL ESTUDIO	10
1.1. INTRODUCCIÓN	10
1.2. ALCANCES GENERALES DEL ESTUDIO	10
1.2.1. Recopilación de antecedentes	11
1.2.2. Descripción de la cuenca	11
1.2.3. Diagnóstico de la cuenca	12
1.2.4. Modelación hidrológica integrada	12
1.2.5. Participación Ciudadana	12
1.2.6. Formulación del Plan de Acción	13
2. METODOLOGÍA APLICADA EN LA REVISIÓN DE ANTECEDENTES	14
3. METODOLOGÍA APLICADA EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA.....	16
3.1. USO DEL SUELO.....	16
3.1.1. Base de datos.....	17
3.1.2. Serie de tiempo y validación temporal y espacial	20
3.1.3. Distribución de cultivos de la zona agrícola y superficie no agrícola	22
3.2. MEDIO AMBIENTE	22
3.3. GOBERNANZA.....	24
4. METODOLOGÍA APLICADA EN EL DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA.....	25
4.1. CALIDAD DEL AGUA	25
4.2. DEMANDAS	28
4.2.1. Análisis de Derechos de Aprovechamiento de Agua	28
4.2.2. Estimación de demanda hídrica actual y proyección futura.....	30
4.3. MODELACIÓN HIDROLÓGICA.....	35
4.3.1. Descripción de la plataforma WEAP	35
4.3.2. Descripción de MODFLOW.....	36
4.3.3. Acople WEAP-MODFLOW.....	37
4.3.4. Forzantes Meteorológicas utilizadas	38
4.3.5. Eventos extremos y variabilidad climática.....	44
4.3.6. Selección de modelos de circulación general para escenarios de cambio climático	47
4.4. CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD	56
4.4.1. Criterio 1: Descensos sustentables en el tiempo a nivel de sector acuífero..	57
4.4.2. Criterio 2: Interferencia río acuífero	58
4.4.3. Criterio 3: Satisfacción de la demanda	59
4.4.4. Criterio 4: Pozos secos (afectados).....	60
4.4.5. Criterio 5: Afección a otros sectores	60
4.5. MERCADO DE AGUAS.....	60
4.5.1. Diagnóstico del Mercado de Aguas	60

4.5.2. Depuración de la base de datos	61
4.5.3. Estimación de precios de DAA	61
5. METODOLOGÍA APLICADA EN EL PLAN DE ACCIÓN.....	63
5.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE INICIATIVAS.....	63
5.2. PRIORIZACIÓN DE LAS ACCIONES	65
6. PARTICIPACIÓN CIUDADANA	70
6.1. METODOLOGÍA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA.....	70
6.1.1. Objetivos específicos de Participación Ciudadana	70
6.1.2. Herramientas metodológicas	71
6.2. PLAN DE MEDIOS	88
6.2.1. Diagnóstico de medios de comunicación en la cuenca.	89
6.2.2. Estrategia de difusión	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1-1. Mapa conceptual metodológico del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero Casablanca.....	11
Figura 2-1. Ejemplo de ficha de antecedentes incluyendo el semáforo de evaluación de la calidad de la información.	15
Figura 3-1. Superficie total anual del uso agrícola.....	21
Figura 3-2. Validación de distribución espacial. Imagen de los resultados obtenidos en el software TerrSet.	21
Figura 3-3. Ejemplo de ficha de descriptiva de cada especie o ecosistema identificado dentro de la cuenca Estero Casablanca.....	23
Figura 4-1. Diagrama de la caracterización de la calidad del agua de la cuenca Estero Casablanca.....	26
Figura 4-2. Esquema general de la metodología para estimación de demanda actual y futura de agua potable urbana.	30
Figura 4-3. Diagrama general de la metodología para uso agua potable rural.	31
Figura 4-4. Diagrama general de la metodología para uso agrícola.	33
Figura 4-5. Topología entre modelos WEAP-MODFLOW y flujos de intercambio para cada paso de tiempo.	38
Figura 4-6. Intersección de un producto grillado con respecto a la superficie de una cuenca.	40
Figura 4-7. Distribución del coeficiente de corrección de series de precipitación, mes de abril.	42
Figura 4-8. Boxplots de Comparación, Precipitación media mensual, Estación GA "Casablanca" vs Producto Grillado sin corregir.	43
Figura 4-9. Boxplots de Comparación, Precipitación media mensual, Estación DGA "Casablanca" vs Producto Grillado sin corregido.	44
Figura 4-10. Curva másica o doble acumulada de precipitaciones.	45
Figura 4-11. Distribución de precipitaciones medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CCSM4, intervalo 1979-2020.....	47
Figura 4-12. Distribución de precipitaciones medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CCSM4, intervalo 1979-2020.....	48
Figura 4-13. Distribución de precipitaciones medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CSIRO, intervalo 1979-2020.	48
Figura 4-14. Distribución de precipitaciones medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM MIROC, intervalo 1979-2020.....	49
Figura 4-15. Distribución de temperaturas medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CCSM4, intervalo 1979-2020.....	49
Figura 4-16. Distribución de temperaturas medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CM5A, intervalo 1979-2020.	50
Figura 4-17. Distribución de temperaturas medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CSIRO, intervalo 1979-2020.	50

Figura 4-18. Distribución de temperaturas medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM MIROC, intervalo 1979-2020.	51
Figura 4-19. Comparación GCM, múltiples realizaciones, cuenca Estero Casablanca.	53
Figura 4-20. Comparación GCM, escenario RCP8.5, múltiples realizaciones, cuenca Estero Casablanca.	54
Figura 5-1. Ejemplo de la evaluación económica propia de una iniciativa.	65
Figura 5-2. Criterios considerados para la priorización de las actividades a implementar en el Plan Estratégico.	66
Figura 6-1. Etapas de las entrevistas a los actores relevantes de la cuenca.	72
Figura 6-2. Ejemplo de Matriz FODA utilizada en la Primera Reunión Sectorial.	77
Figura 6-3. Ejemplo de mapa de actores.	78
Figura 6-4. Plan de difusión en la cuenca Estero Casablanca.	92

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 3-1. Asociación entre las clases del uso del suelo según IGBP y las clases resultantes para el PEGH.	18
Tabla 4-1. Red de estaciones DGA con monitoreo de calidad de aguas.	26
Tabla 4-2. Descripción de productos grillados y variables asociados.	39
Tabla 4-3. Indicadores de Eficiencia, Estaciones DGA vs. Producto Grillado CR2MET, series mensuales.....	41
Tabla 4-4. Factores de corrección de series de Precipitaciones.	42
Tabla 4-5. Resultados datos ampliados [mm].	46
Tabla 4-6. Errores Medios Mensuales, Valores Generales cuenca Estero Casablanca.....	52
Tabla 4-7. Normalizaciones que se aplican a los datos seleccionados.	55
Tabla 4-8. Factores para la precipitación mensual [%].	55
Tabla 4-9. Factores de sesgo para la temperatura media mensual [°C].	56
Tabla 5-1. Regla de priorización de las acciones.	68
Tabla 6-1. Pauta de recolección de información en las entrevistas.	73
Tabla 6-2. Tabla de análisis de entrevistas con actores.....	75
Tabla 6-3. Planificación de las reuniones sectoriales.....	82
Tabla 6-4. Planificación de reuniones de capacitación de subgrupo técnico.	83
Tabla 6-5. Planificación taller diagnóstico.	85
Tabla 6-6. Planificación taller estrategias.	86
Tabla 6-7. Tabla de análisis de planificación y resultados.	87
Tabla 6-8. Emisoras radiales identificadas en la cuenca Estero Casablanca.....	89
Tabla 6-9. Catastro de prensa en la cuenca Estero Casablanca.	90
Tabla 6-10. Porcentaje de usuarios de internet, Región de Valparaíso.	91
Tabla 6-11. Operacionalización Objetivo Específico 1 estrategia de difusión.....	92
Tabla 6-12. Operacionalización del Objetivo Específico 2 estrategia de difusión.....	93
Tabla 6-13. Operacionalización del Objetivo Específico 3 estrategia de difusión.....	93

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE DEL ESTUDIO

En este capítulo se presenta un resumen de la estructura metodológica del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca del Estero Casablanca PEGH y los alcances de esta.

1.1. INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Aguas (DGA), organismo del Estado de Chile que se encarga de promover la gestión y administración del recurso hídrico, en un marco de sustentabilidad, prevalencia del interés público y eficiencia en la asignación del recurso hídrico para diferentes usos, se enfrenta a numerosos desafíos, entre ellos el complejo escenario hídrico en Chile.

Como parte de las estrategias asumidas por la DGA para afrontar dichos desafíos, se encuentra el Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca del Estero Casablanca (PEGH), estudio desarrollado a nivel de cuenca, específicamente, se estudió la cuenca Estero Casablanca y la cuenca Estero El Jote, localizadas en la Región de Valparaíso. En este PEGH se generó un portafolio de acciones a corto, mediano, y largo plazo, dirigido a los actores relevantes públicos y privados vinculados a la gestión del recurso hídrico, priorizando el consumo humano y promoviendo el desarrollo de herramientas que permitan evaluar un uso sustentable del recurso y la satisfacción de las necesidades actuales y de futuras generaciones bajo un contexto de cambio climático.

1.2. ALCANCES GENERALES DEL ESTUDIO

A continuación, se especifican los alcances generales del estudio vinculados al mapa conceptual metodológico orientado a dar solución a las necesidades y requerimientos planteados en las Bases Técnicas 1019-72-LQ20, Resolución D.G.A. Exenta 1554, 03 de sep. de 2020 (Figura 1-1).

Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero Casablanca

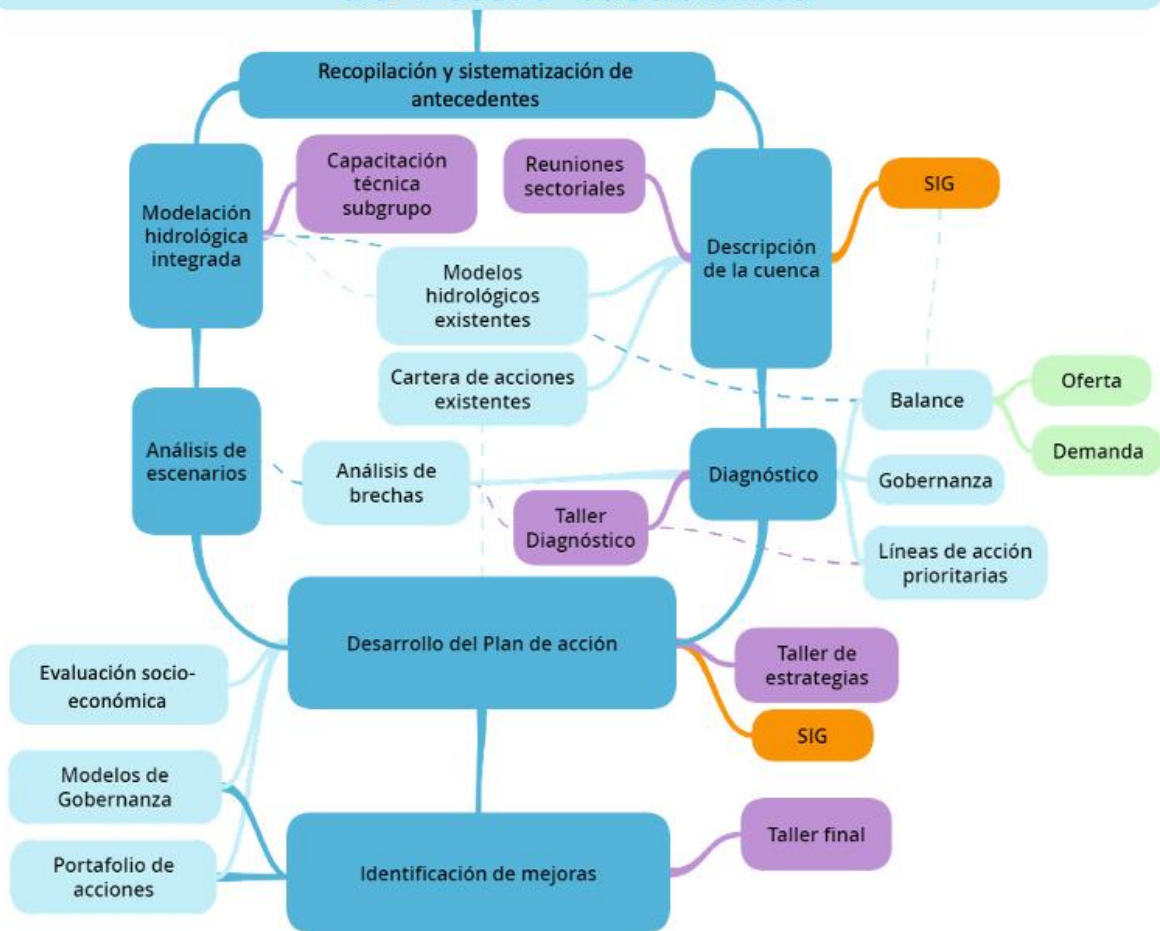


Figura 1-1. Mapa conceptual metodológico del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero Casablanca.

Fuente: Elaboración propia a partir de los requerimientos planteados en las Bases Técnicas 1019-72-LQ20 (Resolución D.G.A. Exenta 1554, 03 de septiembre de 2020).

1.2.1. Recopilación de antecedentes

La recopilación de antecedentes es el primer paso conducente a la descripción de la cuenca. En esta actividad, se recabó información sobre todas las materias relevantes para el PEGH (oferta, demanda, modelación superficial, subterránea, infraestructura, institucionalidad, gobernanza, entre otros) contenida en estudios, informes, tesis, estadísticas, datos puntuales, cartografía, etc.

1.2.2. Descripción de la cuenca

Esta gran actividad consistió en la explicación detallada de la cuenca en lo referido a sus principales características geográficas, administrativas, económicas, sociales, y otros

aspectos en torno al recurso hídrico y su gestión actual. Lo anterior fue desarrollado de acuerdo a la información secundaria levantada en la actividad de recopilación de antecedentes alrededor de la cuenca de estudio.

1.2.3. Diagnóstico de la cuenca

De acuerdo a la descripción de la cuenca y en congruencia con los objetivos específicos del estudio, se elaboró el diagnóstico de la cuenca, como la evaluación de la situación actual de esta y su tendencia futura, así como las causas de dicha condición, considerando los siguientes aspectos:

- Oferta y demanda de agua actual (2019) y futura (años 2020 y 2050). En este análisis se consideran los derechos de aprovechamiento de aguas DAA y el análisis de mercado de DAA.
- Infraestructura hídrica.
- Calidad del agua y medio ambiente, enfocado al cumplimiento de las normas vigentes y los ecosistemas terrestres y acuáticos protegidos.
- Gobernanza e institucionalidad, principalmente enfocada en los actores relevantes públicos y privados vinculados a la gestión del recurso hídrico y usuarios principales y el relacionamiento entre estos.
- Cartera de acciones, en su mayoría inversiones públicas en curso.

Para la elaboración del diagnóstico final fue fundamental conocer la percepción de la ciudadanía en las diversas temáticas relacionadas con los recursos hídricos y de especial sensibilidad en la comunidad.

1.2.4. Modelación hidrológica integrada

La modelación hidrológica integrada, permitió desarrollar una herramienta dinámica para evaluar los recursos hídricos flujos superficiales y subterráneos de la cuenca en estudio, tanto en el periodo histórico registrado como en los 30 años futuros bajo escenarios de cambio climático.

El detalle del procedimiento de actualización de los modelos se encuentra en el apartado 4.3 MODELACIÓN HIDROLÓGICA de este anexo.

1.2.5. Participación Ciudadana

La Participación Ciudadana PAC implicó el desarrollo de tres metodologías para el relacionamiento comunitario: 1) la metodología orientada a establecer la comunicación con todos los actores involucrados a través de diferentes medios de difusión (ver apartado 6.2 PLAN DE MEDIOS); y 2) la metodología de las actividades PAC, que abarcaron las reuniones de presentación del estudio y de inicio a la generación de relaciones con los actores, el taller de diagnóstico que permitió la retroalimentación al proceso de diagnóstico, el taller de estrategias donde se conoció la visión de la comunidad y sus propuestas de cambio y gestión, y el taller de presentación de resultados; y 3) la metodología del proceso continuo de entrevistas individuales para conocer a cada actor en particular, profundización en temas puntuales, y generación de relaciones fuertes a lo largo del desarrollo del plan.

1.2.6. Formulación del Plan de Acción

El Plan de Acción tuvo como alcance la elaboración de un portafolio con acciones priorizadas o iniciativas enfocadas en la resolución de las principales brechas y/o problemáticas detectadas en el diagnóstico y reuniones PAC, apoyándose en la evaluación económica de cada acción, en criterios de determinación del impacto de cada acción, el modelo hidrológico integrado para establecer posibles escenarios de gestión y el cierre de brecha de cada acción, y métodos de toma de decisión considerando los criterios de impacto y el criterio de experto. El Plan de Acción involucró una fase de desarrollo e implementación de las iniciativas y otra de evaluación y monitoreo, para lo cual fue necesaria la determinación de indicadores hídricos que permitan la evaluación continua del impacto real de las iniciativas en la brecha y la mejora continua.

El Plan de Acción involucra tanto a la DGA como a otras instituciones del Estado de Chile, Organizaciones Usuarias de Agua o Sociedad Civil quienes tengan relación con la materia hídrica de la cuenca.

2. METODOLOGÍA APLICADA EN LA REVISIÓN DE ANTECEDENTES

La recopilación de antecedentes se enfocó en la búsqueda y el análisis de antecedentes de estudios bibliográficos y otros soportes digitales relativos al objetivo del estudio. Específicamente, lo anterior se aplicó a los antecedentes establecidos en las Bases Técnicas del estudio, complementándose con otros de interés, con foco en estudios propios de la cuenca Estero Casablanca y Estero El Jote. Los antecedentes recopilados se encuentran en el Anexo E.1 Antecedentes.

Para cada documento se realizó una ficha resumen de acuerdo con el formato mencionado en las Bases Técnicas. Las fichas se incorporaron en el Anexo E.2 Fichas de Antecedentes de este informe (Figura 2-1). Respecto al formato original de ficha de antecedentes propuesto por la Dirección General de Aguas, se agregaron dos variantes:

1. Los resultados de interés se presentaron de acuerdo a las áreas vinculadas al PEGH.
2. Se incorpora un semáforo que refleja la calidad de la información y su nivel de vinculación con la zona de estudio.
 - a. Rojo: Mala calidad, es decir no contiene información relacionada con ningún tópico vinculado al PEGH, ni contiene metodología que pudiese ser implementada o adaptada a la zona de estudio.
 - b. Amarillo: Regular calidad, es decir contiene información relacionada con ningún tópico vinculado al PEGH, o contiene metodología que pudiese ser implementada o adaptada a la zona de estudio.
 - c. Verde: Buena calidad, es decir contiene información relacionada con ningún tópico vinculado al PEGH y contiene metodología que pudiese ser implementada o adaptada a la zona de estudio.
 - d. N/A: no aplica, haciendo referencia a que el estudio no estaba focalizado en el área evaluada.

TIPO DE INFORMACIÓN	Informe técnico			
TÍTULO	Actualización Plan Regulador Comunal de Casablanca: "Adecuación Estudio de Diagnóstico y Proposición para modificar el Plan Regulador Comunal de Casablanca 1990" Informe Ambiental			
AÑOS	2018			
ELABORADO POR (ES)	Municipalidad de Casablanca			
AUTOR (S)	--			
LINK DESCARGA	https://municipalidadcasablanca.cl/Images/regulador/INFORME%20AMBIENTAL%20COMPLEMENTARIO%20(Abril%202018).pdf			
ALCANCE GEOGRÁFICO	Nacional	Inter-Regional	Regional	Cuencas (s)
				X
ÁMBITO GEOGRÁFICO	Región	Provincia	Cuencas (s)	
	Valparaíso	Valparaíso	Estero Casablanca	
TIPO DE ANTECEDENTES	Planes de GIRH	Modelación hidrológica	Modelación hidrogeológica	Característica de las cuencas
	X			
OBJETIVO (S) DE LA INFORMACIÓN				
El Informe Ambiental: Dar cuenta del proceso de Evaluación Ambiental Estratégica (E.A.E) realizado a la Actualización del Plan Regulador Comunal de Casablanca, que considera: la Ciudad de Casablanca, las Localidades de Quintay, Lo Vásquez, Paso Hondo, La Playa, La Viñilla, Las Dichas, Lagunillas y Los Maltenes.				
RESULTADOS DE INTERÉS				
RECURSOS HÍDRICOS				
Presenta características de la posibilidad de obtención de agua (superficial y subterránea) destinada al abastecimiento de centros poblados.				
				
CALIDAD DE LA INFORMACIÓN				
CALIDAD DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE				
Dentro de las áreas de Valor Natural, la comuna cuenta con la declaratoria de Santuario de la Naturaleza del Humedal de Tunquén, mediante Decreto 75, D.O. 22.01.2015. Éste reconoce 95,97 hectáreas comprendidas entre las comunas de San				

Figura 2-1. Ejemplo de ficha de antecedentes incluyendo el semáforo de evaluación de la calidad de la información.

Fuente: Elaboración propia a partir de los requerimientos planteados en las Bases Técnicas 1019-72-LQ20 (Resolución D.G.A. Exenta 1554, 03 de septiembre de 2020).

3. METODOLOGÍA APLICADA EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

La metodología aplicada para elaborar la caracterización de la cuenca Estero Casablanca se ha basado en el análisis de los antecedentes de estudios disponibles (Anexo E) y metodologías complementarias en el caso de la determinación del uso del suelo y su evolución en el tiempo, necesaria para la determinación de las demandas hídricas agrícolas (revisar resultados en los acápites 2.2.7 Uso del suelo y 3.3 Demanda agrícola en el Informe; revisar el detalle de los resultados obtenidos en el Anexo J Descripción y Diagnóstico, acápite 1.1.1 Uso del suelo).

En la caracterización de la cuenca se abordaron los siguientes aspectos:

- Caracterización física y geográfica, la cual incluyó la geomorfología, geología, suelos, clima e hidrología superficial y subterránea.
- Características político-administrativas.
- Características demográficas, donde se describió la población rural y urbana a nivel comunal y a nivel de la cuenca, el desarrollo humano medido a través del Índice de Desarrollo Humano.
- Actividad económica: valor de la producción regional, principales actividades económicas en la cuenca y empleo regional por sector económico.
- Infraestructura: embalses, infraestructura de riego, obras de abastecimiento de agua potable, red hidrométrica de la DGA.
- Calidad del agua: caracterización hidroquímica de aguas superficiales y subterráneas.
- Aspectos ambientales: descripción de los ecosistemas terrestres y de aguas continentales, áreas bajo protección oficial y otras figuras de conservación.

La mayor parte de las características anteriores se estructuraron en los acápites enumerados a continuación, incluidos en el capítulo 2 del Informe Final:

- Dimensión física y económica.
- Clima.
- Dimensión ambiental.
- Infraestructura hídrica
- Nuevas fuentes.
- Gobernanza del agua a nivel de cuenca.

A continuación, se profundizará en las metodologías empleadas para caracterizar el uso del suelo, medio ambiente y gobernanza.

3.1. USO DEL SUELO

La caracterización del uso del suelo se sustentó en el trabajo de Sulla-Menashe & Friedl, (2019) que combina productos MODIS (MC12Q1), procesos de reclasificación supervisada considerando el Censo Agrícola de 1997 y 2007 y la cobertura de uso del suelo definida por

CONAF EN 2014. El desarrollo completo de esta metodología se encuentra en el Anexo J.1.1.1 Uso del suelo.

A continuación, se detalla la metodología empleada.

3.1.1. Base de datos

Para la clasificación de usos de suelo se obtuvieron imágenes del producto MC12Q1 v6 a través de la plataforma NASA Earth DataSearch. El producto MC12Q1 v6, derivado de clasificaciones supervisadas de datos de reflectancia MODIS Terra y Aqua, proporciona diferentes tipos de cobertura terrestre global a intervalos anuales (2001-2019) a una resolución de 500m, provenientes a su vez de seis esquemas de clasificación diferentes.

Las clasificaciones supervisadas luego se someten a un procesamiento adicional que incorpora conocimientos previos e información auxiliar para refinar aún más clases específicas. Todas las capas empleadas, se proporcionaron en formato HDF4 (ver Tabla 3-1):

- Tipo de cobertura terrestre ID 1 a 5
- Propiedades de la cobertura terrestre ID 1 a 3
- Evaluación de las propiedades de la cobertura terrestre ID 1 a 3
- Control de calidad de la cobertura terrestre (QC)
- Máscara de agua terrestre.

Se trabajó con la cobertura terrestre 1, que es la que corresponde al esquema propuesto por el International Geo-Biosphere Program (IGBP), quien ha propuesto una clasificación de 17 tipos de usos de suelo (Tabla 3-1). La proyección original de los archivos HDF4 es Sinusoidal y fueron reproyectados al sistema de coordenadas del proyecto. Finalmente, los archivos fueron recortados con la delimitación de la cuenca en un ambiente de Sistema de Información Geográfica (SIG) y así se obtuvo la serie de imágenes de los usos de suelo anuales de la cuenca del 2001 al 2019.

Utilizando las imágenes recortadas del producto MCD12Q1 v6, se obtuvo la distribución espacial de los usos de suelo del IGBP y se hizo la reclasificación en 5 tipos de uso de suelo (bosques, vegetación natural, suelo agrícola, suelo sin vegetación y cuerpos de agua) en la cuenca (ver Anexo J.1.1.1 – Categorías Uso Suelo Reclasificadas, pestaña Categorías IGBP y PEGH). La selección de las categorías de reclasificación responde al nivel de análisis a nivel de cuenca, en donde los diferentes procesos que ocurren en esta escala son suficientes en la simulación de la dinámica territorial para la gestión de los recursos hídricos, un mayor número de categorías agregaría complejidad al modelo innecesario.

Tabla 3-1. Asociación entre las clases del uso del suelo según IGBP y las clases resultantes para el PEGH.

Valor	Categoría IGBP	Descripción	Categoría PEGH CB
1	Bosque de coníferas perenne	Dominado por árboles de coníferas perennes (canopy >2m). Cobertura boscosa >60%.	Bosques
2	Bosque latifoliado perenne	Dominado por árboles de hoja ancha perenne (canopy >2m). Cobertura boscosa >60%.	
3	Bosque de coníferas caducifolio	Dominado por árboles de coníferas caducifolia (canopy >2m). Cobertura boscosa >60%.	No hay en CB
4	Bosque latifoliado caducifolio	Dominado por árboles de hoja ancha caducifolia (canopy >2m). Cobertura boscosa >60%.	
5	Bosque mixto	Dominado por ninguno de los árboles (canopy >2m) caducifolios o de hoja perenne (40-60% cada uno). Cobertura boscosa >60%.	
6	Matorrales cerrados	Dominado por arbustos permanentes (1-2m de altura) y cobertura >60%.	Vegetación natural (Arbustos y Matorrales)
7	Matorrales abiertos	Dominado por arbustos permanentes (1-2m de altura) y cobertura 10-60%.	
8	Sabanas boscosas	Cobertura boscosa de 30-60% (canopy >2m).	
9	Sabanas	Cobertura boscosa de 10-30% (canopy >2m).	Suelo agrícola (cultivos+frutales+forestales)
10	Pastizales	Dominado por plantas herbáceas anuales (<2m).	

Valor	Categoría IGBP	Descripción	Categoría PEGH CB
12	Humedales permanentes	Por lo menos 60% del área es cubierta por cultivos.	
14	Tierras agrícolas	Mosaicos de cultivos a pequeña escala 40-60% con árboles naturales, arbustos, o vegetación herbácea.	
13	Suelo urbano o construido	Por lo menos 30% de superficie impermeable incluyendo edificios, asfalto y vehículos.	Suelo urbano o sin vegetación
16	Mosaicos de vegetación natural y cultivos	Por lo menos 60% del área es suelo desnudo (arena, roca, suelo) con menos del 10% de vegetación.	
17	Nieve y hielo permanente	Al menos 60% del área está cubierta por cuerpos de agua permanentes.	Cuerpos de agua
11	Suelo sin vegetación	Tierras inundadas permanentemente con 30-60% superficie de agua y >10% cubierta vegetal.	
15	Cuerpos de agua	Al menos 60% del área está cubierta por nieve y hielo por lo menos 10 meses al año.	Hielo y nieve (no hay en CB)

Fuente: Elaboración propia a partir de Sulla-Menashe & Friedl (2019).

3.1.2. Serie de tiempo y validación temporal y espacial

Utilizando la clasificación del IGBP del producto MCD12Q1 v6 y su reclasificación en los 5 tipos de uso de suelo se generaron las series de evolución temporal para cada uso de suelo (ver Anexo J.1.1.2 – Estimación Superficies Uso Suelo Reclasificadas). A continuación, se seleccionó el uso de suelo agrícola y se analizó la evolución temporal y espacial de éste a nivel de cuenca, utilizando como referencia temporal los censos agrícolas 1997 y 2007 (Figura 3-1, ver Anexo J.1.1.1. Categorías uso del suelo reclasificadas); mientras que la referencia espacial a comparar fue el mapa generado por el CONAF en 2014 (Figura 3-2).

La verificación temporal ha consistido en evaluar si la superficie total reportada en los censos agropecuarios se correspondía con la superficie total del uso de suelo agrícola en los años específicos a los censos. De la gráfica (Figura 3-1) se deduce que la superficie total del suelo agrícola de la cuenca Estero Casablanca obtenida de las imágenes reclasificadas se ajusta bastante bien a lo observado, con una diferencia de 120 ha, lo que representa un error del 0.5%, por lo que se considera aceptable para efectos del análisis de la cuenca.

La validación espacial se realizó mediante el software TerrSet. Se transformaron los archivos del producto MCD12Q1 v6 al formato nativo del software TerrSet (*.rst) para operar las diferentes imágenes. Se trabajó con 2 imágenes principalmente: 1) el polígono de áreas de cultivo de CONAF del 2014, y 2) el polígono de áreas de cultivo de la imagen del producto MCD12Q1 v6 reclasificada. Se utilizaron 2 indicadores para evidenciar la similitud entre imágenes: a) El coeficiente de correlación espacial y b) una tabla de tabulación cruzada (Figura 3-2). A medida el coeficiente de correlación se acerca a 1 se evidencia un mejor ajuste entre las imágenes, mientras que la diagonal de la tabla de referencia cruzada evidencia el porcentaje de acuerdo entre las imágenes. Ambos indicadores muestran una medida cuantitativa de la similitud de la distribución espacial de los terrenos agrícolas obtenidos de la reclasificación respecto a la fuente de referencia. Los resultados muestran que existe una correlación espacial >0.5 , un porcentaje de aciertos de 83.9%, es decir, el 83.9% del suelo agrícola representado en ambas imágenes coinciden en los mismos lugares; evidenciando que el mapa reclasificado representa de manera aceptable la distribución espacial de la superficie agrícola.

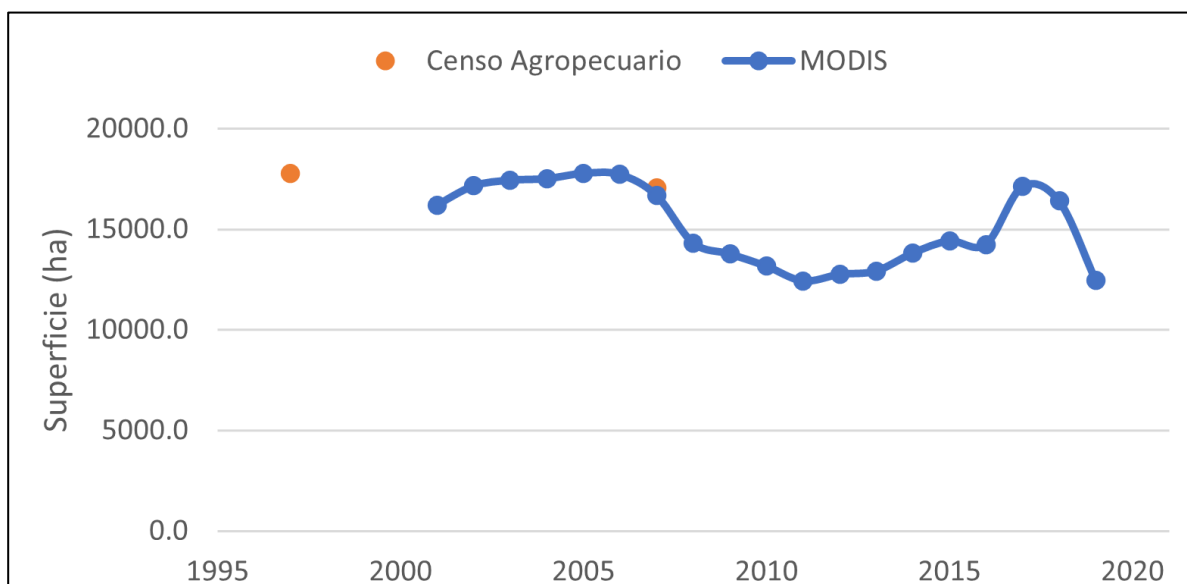


Figura 3-1. Superficie total anual del uso agrícola.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Censo Agropecuario 1997 y 2007 y Sulla-Menashe & Friedl (2019).

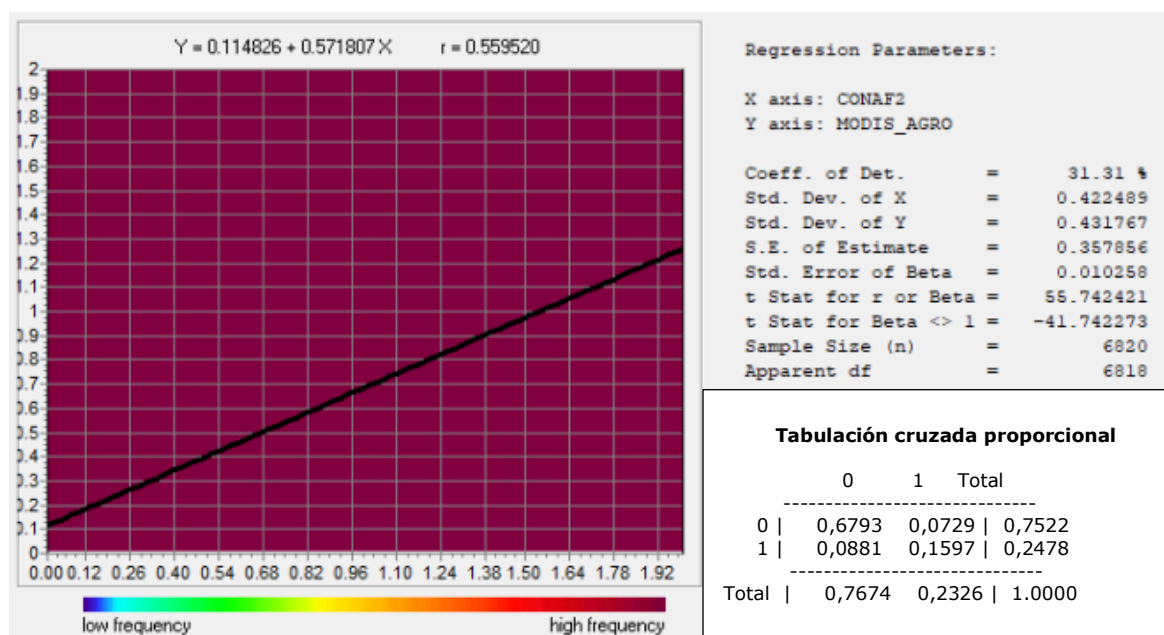


Figura 3-2. Validación de distribución espacial. Imagen de los resultados obtenidos en el software TerrSet.

Fuente: Elaboración propia a partir de Sulla-Menashe & Friedl (2019).

3.1.3. Distribución de cultivos de la zona agrícola y superficie no agrícola

La serie de la superficie de suelo agrícola anual se ha distribuido en diferentes cultivos en base a los distritos censales en cada Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común SHAC (ver Anexo J.1.1.2 - Estimación Superficies Uso Suelo Reclasificadas). Usando como base el censo agrícola del 2007 (97,9% de los cultivos presentes en la cuenca), se han seleccionado los diferentes cultivos en función de la superficie reportada. Se distribuyeron los diferentes distritos censales pertenecientes a una delimitación específica, en este caso, en cada SHAC; para luego obtener el área de los cultivos en el agregado de los distritos censales pertenecientes a la unidad de análisis mediante un promedio ponderado en base a la superficie. Aquellos cultivos que reportaron mayor superficie fueron los seleccionados para ser simulados a nivel de cuenca y las superficies correspondientes distribuidas conforme la distribución porcentual basada en los distritos censales (ver porcentajes por distrito y los resultados del análisis en ver Anexo J.1.1.2 - Estimación Superficies Uso Suelo Reclasificadas).

La superficie no agrícola corresponde al resto de categorías, a mencionar: bosques, vegetación natural, suelo sin vegetación y cuerpos de agua. La última categoría se ha agregado a la categoría de vegetación para efectos de la simulación hidrológica. Se han estimado sus superficies en base al producto reclasificado MC12Q1 v6. Su evolución temporal corresponde al obtenido de las imágenes satelitales entre el 2001 y el 2019.

3.2. MEDIO AMBIENTE

La caracterización de la dimensión ambiental de la cuenca Estero Casablanca se realizó primeramente a través de la revisión de la documentación básica la cual fue complementada por recopilación bibliográfica adicional. La caracterización se estructuró iniciando con la descripción de los ecosistemas terrestres y acuáticos sin intervención según bases de datos de SIG de ecosistemas terrestres con los pisos vegetacionales (Luebert & Pliscoff, 2020) y ecosistemas fluviales con las caracterizaciones de GloRIC (WWF, 2018) y estimaciones de caudal de HydroRIVERS (WWF, 2019). Estas bases de datos indican como deberían ser los ecosistemas en un ámbito completamente natural.

A continuación, se identificaron las principales especies hidrobiológicas o acuáticas presentes en los cuerpos de agua, su estado de conservación mediante el Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 16º Proceso de Clasificación bajo el Reglamento para Clasificar Especies según Estado de Conservación RCE (actualizado a enero de 2021). Cuando fue posible, se identificaron los principales servicios ecosistémicos que prestan estos cuerpos de agua, de acuerdo con la clasificación Millenium Ecosytem Assessment (MEA, 2005) utilizada por el Ministerio de Medio Ambiente.

Posteriormente, se identificaron cuerpos de agua presentes en la cuenca, bajo algún mecanismo normativo de protección, por ejemplo: cuerpos de agua perteneciente al sistema SNASPE, Santuario de la Naturaleza, Humedales RAMSAR, humedales que pertenezcan al Plan Nacional de Protección de Humedales, entre otros.

Las fuentes bibliográficas consideradas fueron:

- Base de datos del Ministerio de Medio Ambiente (MMA 2014; 2020b)
- Inventario Nacional de Humedales (MMA, 2020a).
- Plan Nacional de Protección de Humedales (MMA, 2018)
- Artículos científicos en general
- Información contenida en el www.sea.gob.cl
- Informes técnicos

Para cada una de las áreas bajo conservación legal y otras se desarrolló una ficha resumen que permitió identificar las especies o el ecosistema como objeto de conservación que se busca mantener y de este modo, poner de manifiesto si el instrumento es capaz de asegurar la conservación del ecosistema acuático como fuente de provisión hídrica (Figura 3-3).

Comunas: Algarrobo, Casablanca		Superficie oficial: 544,63
Año de designación: --		Decreto: Sin decreto
Ecosistemas: <i>Peumus boldus</i> y Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Lithrea caustica</i> y <i>Cryptocarya alba</i>		
Flora Vulnerable: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Adesmia balsámica</i> • <i>Alstroemeria pelegrina</i> • <i>Calydorea xiphioides</i> • <i>Pouteria splendens</i> 		Fauna Vulnerable: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Basilichthys microlepidotus</i> • <i>Bufo chilensis</i> • <i>Caudiverbera</i> • <i>Cheirodon pisciculus</i> • <i>Octodon lunatus</i> • <i>Patagioenas araucana</i> • <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> • <i>Tachymenis chilensis</i> • <i>Trichomycterus areolatus</i>
Objeto de protección: Los sectores aledaños al Humedal y Santuario de la Naturaleza de Tunquén poseen características de gran importancia ecológica para el área protegida que son necesarios conservar y por tanto se crea la necesidad de ampliar el Santuario ya existente en la zona, puesto que la representación de las especies de flora y fauna de esta zona aledaña están limitados a la zona y su desaparición significarían la pérdida de una parte singular de la biodiversidad.		

Figura 3-3. Ejemplo de ficha de descriptiva de cada especie o ecosistema identificado dentro de la cuenca Estero Casablanca.

Fuente: Elaboración propia a partir de los requerimientos planteados en las Bases Técnicas 1019-72-LQ20 (Resolución D.G.A. Exenta 1554, 03 de septiembre de 2020).

Se obtuvo un resumen de las principales funciones ecosistémicas evidenciadas en cuerpos de agua presente en las cuencas de estudios, así como una percepción de la vulnerabilidad de estas debido a las presiones antrópicas por el uso del recurso.

3.3. GOBERNANZA

Con el objetivo de caracterizar la cuenca y posteriormente construir del diagnóstico desde una perspectiva de la Gobernanza, se buscó el generar confianza en la población para que estos participaran de manera activa en las diversas instancias, así como también el lograr una inclusión del máximo de actores presentes en el territorio reforzando los procesos de equidad y legitimidad democrática. Para ello se llevaron a cabo dos estrategias:

1. Entrevistas con diversos actores del territorio. En estas entrevistas semiestructuradas, se utilizó una pauta de entrevista, que contenía preguntas orientadas hacia los procesos de organización, como a los relacionados con la temática hídrica.
2. Reuniones sectoriales iniciales con todos los actores relevantes separados por grandes grupos:
 - a. Dirección General de Aguas nivel central y regional
 - b. Secretaría Regional del Ministerio de Obras Públicas
 - c. Servicios públicos a nivel regional
 - d. Municipalidad de Casablanca y Municipalidad de Algarrobo
 - e. Gremios
 - f. Organizaciones Usuarias de Aguas OUA
 - g. Servicios Sanitarios Rurales SSR (ex APR, comités o cooperativas de Agua Potable Rural)

Como resultado de estas instancias, se construyó el mapa de actores, donde se definió el grado de interés e influencia de los diferentes actores en instancias grupales y mediante el uso de la plataforma Mentimeter (la metodología en detalle se presenta en el acápite 6.1.2.4 Reuniones de presentación en la cuenca del presente anexo y los resultados del procesamiento de la información levantada en el Anexo I Procesos Participativos, acápite 3.2 Reuniones de presentación.

4. METODOLOGÍA APLICADA EN EL DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA

La metodología aplicada para elaborar el diagnóstico en la cuenca Estero Casablanca se ha basado en el análisis de las características de la cuenca en sus diferentes dimensiones (física y económica, climática, medioambiental, infraestructura hídrica, nuevas fuentes de agua y gobernanza e institucionalidad) y el análisis de la oferta hídrica superficial y subterránea, contrastado con la demanda en sus diferentes usos.

El estudio de la demanda como de la oferta hídrica implicó una caracterización a 2019 y al periodo futuro 2050. Respecto a la oferta superficial y subterránea, se consideró información levantada en la caracterización de la cuenca, la modelación hidrológica acoplada WEAP-MODFLOW y la calidad de agua en la fuente. Respecto a la estimación de la demanda, se consideró la demanda por consumo humano urbano y rural, la demanda agrícola, industrial, turísticas y forestal. Así mismo se consideró el análisis de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneos y el mercado de aguas.

A continuación, se describe la metodología aplicada en los aspectos de:

- Calidad del agua
- Demandas
- Modelación hidrológica
- Criterios de sustentabilidad en el acuífero
- Mercado de aguas

4.1. CALIDAD DEL AGUA

Se desarrolló una caracterización de la calidad del agua, tanto superficial como subterránea, basada en el análisis de registros de parámetros fisicoquímicos recopilados en las siguientes fuentes de información

- Dirección General de Aguas DGA
- Centro de Información de Recursos Naturales CIREN
- Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental SEIA
- Ministerio de Medio Ambiente MMA
- Superintendencia de Medio Ambiente SMA
- Centros de Investigación
- Universidades
- Otros

La búsqueda de la información que respaldó el diagnóstico de calidad del agua superficial y subterránea se realizó considerando diferentes tipologías de fuentes como se visualiza en la Figura 4-1.

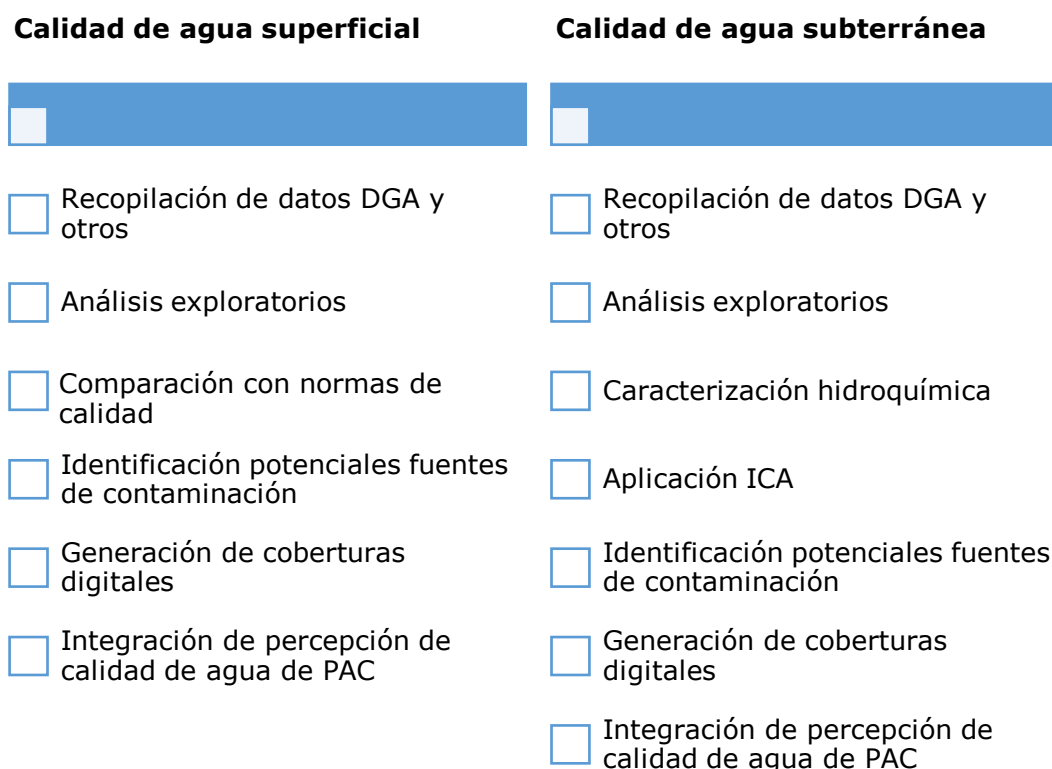


Figura 4-1. Diagrama de la caracterización de la calidad del agua de la cuenca Estero Casablanca.

Fuente: Elaboración propia a partir de los tipos de fuentes bibliográficas o actividades PAC que pudiesen contribuir a este diagnóstico.

Se revisó la información de calidad de aguas disponible para la red de estaciones DGA, cuyas características principales y ubicación se muestran en la Tabla 4-1. Cabe destacar que para la generación de la red de estaciones de monitoreo de calidad de aguas subterráneas se revisó la información disponible en la plataforma de la DGA, así como en las bases de datos de tablas de la misma institución, para generar una cobertura lo más actualizada posible respecto a esta temática.

Tabla 4-1. Red de estaciones DGA con monitoreo de calidad de aguas.

Nombre	Código BNA	Estado	Este WGS 84 [m]	Norte WGS 84 [m]
SSR Paso Hondo Casa Blanca	05520035-1	Vigente	269.440	6.321.945
SSR Mundo Nuevo	05520033-5	Vigente	280.665	6.307.728
SSR La Playa	05520031-9	Vigente	272.095	6.318.395

Nombre	Código BNA	Estado	Este WGS 84 [m]	Norte WGS 84 [m]
SSR Lo Ovalle	05520032-7	Vigente	278.907	6.316.412
SSR Tapihue	05520034-3	Vigente	283.410	6.311.768

Fuente: Elaboración propia a partir de información de página web DGA (2020).

Se realizó análisis estadísticos exploratorios a nivel de cuenca, subcuenca y SHAC. De esta forma se obtuvieron valores medios de la calidad del agua y su comportamiento histórico para las estaciones que contemplaban varios muestreos, ya sea por toma de muestra en diferentes años o por tomas de muestras durante diferentes estaciones climáticas dentro de un año calendario. Los resultados de dicho análisis se presentan en el Anexo J Descripción y Diagnóstico, acápite 1.5.1.

A partir de esta información se elaboraron los diagramas de Piper y Stiff para cada estación de calidad del agua subterránea, con el objetivo caracterizarla (los resultados se encuentran en el Anexo J – Descripción y Diagnóstico, acápite 1.5.2); así mismo, se evaluaron los Índices de Calidad de Agua (ICA), basada en la metodología indicada en informe técnico de la DGA (2009a) “Diagnóstico y Clasificación de Sectores Acuíferos” y con los parámetros característicos para la Región de Valparaíso según el informe técnico de la DGA (2020) “Seguimiento de la calidad del agua subterránea – Pozos APR V Región de Valparaíso”. Los resultados del índice ICA se presentan en el Anexo J – Descripción y Diagnóstico, acápite 1.5.2.2)

Adicionalmente, durante las Reuniones de Presentación del PEGH realizadas en el marco de Participación Ciudadana se construyó la Matriz FODA donde se invitó a los actores locales a identificar los temas ambientales y de calidad de agua relevantes para ellos (mantenimiento, desvíos, contaminación, etc.). Esta actividad permitió complementar la información recopilada en reportes, además de hacer partícipes a los actores locales del proceso de diagnóstico. Durante el taller se identificaron los problemas ambientales que percibe la comunidad y en base a ellos se buscó información de carácter técnico que pudiese fundamentarla. Se colectaron datos de calidad de agua luego de la potabilización en el Sistema Sanitario Rural (SSR) El Jote.

La información resultante de la caracterización fue llevada a coberturas digitales espaciales según los requerimientos técnicos, obteniéndose una caracterización espacial de las unidades de estudio en la cuenca y en la medida que los datos de calidad de agua lo permitieron una caracterización temporal (histórica).

Como resultado de la búsqueda de información adicional fue posible identificar puntos de muestra de calidad de agua superficial, la cual fue analizada para comparar en relación con las normas de agua para uso agrícola NCh 1333 y agua para consumo humano NCh 409/1. Al igual que la calidad de agua subterránea se presentan los resultados en coberturas digitales en función de la calidad y cantidad de información disponible, los cuales se encuentran en el Anexo J – Descripción y Diagnóstico, acápite 1.5.2.3)

Al igual que en la sección 3.2 MEDIO AMBIENTE se complementó la información cuantitativa (cuando existía) respecto a la percepción de calidad de agua, tanto superficial como subterránea, por parte de las personas que asistieron al Taller de Diagnóstico también realizado como parte de las actividades de Participación Ciudadana (PAC).

4.2. DEMANDAS

Respecto de la demanda, en primer lugar, se aborda el análisis de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) otorgados en la cuenca y su mercado de aguas; seguidamente, se estiman las demandas de agua para los diferentes sectores productivos, así como otros usos del agua.

4.2.1. Análisis de Derechos de Aprovechamiento de Agua

A continuación, se describe el proceso metodológico para el análisis diagnóstico de los DAA en la cuenca Estero Casablanca. Se presenta también la metodología para la identificación y análisis de los Decretos de Escasez Hídrica vigentes para el año 2020 en la cuenca. El diagnóstico se estructura en 3 partes, con el siguiente detalle:

- Parte I: Recopilación, Análisis y Sistematización de la información asociada a Derechos de Agua.
- Parte II: Identificación de solicitudes por Decretos de Escasez Hídrica.

Paso I: Recopilación, Análisis y Sistematización de la información asociada a Derechos de Agua.

Con el fin de disponer de información validada y vigente para el estudio, se solicitó a la DGA un listado completo con los DAA subterráneos y superficiales concedidos a la fecha. Este listado corresponde a la Planilla de DAA a nivel nacional, la cual fue obtenida mediante solicitud formal a la Inspección Fiscal (ver Anexo J.2.3.2 Derechos Aprovechamiento Aguas).

Los pasos realizados para el análisis y sistematización de la información se detallan a continuación:

Paso 1:

Se revisó la información de DAA contenida en la base de datos proporcionada por la DGA, la cual debió ser contrastada y complementada con la información disponible en el Catastro Público de Aguas (CPA). En base a esto, se cuantificó el total de DAA otorgados y el caudal en l/s asociado.

No fueron contabilizados aquellos DAA que, si bien los registros indican se localizan dentro de la cuenca en estudio o dentro de la comuna en la cual se intersecta la cuenca, al ser georreferenciados se ubican fuera del límite de la cuenca.

En relación al caudal, las unidades indicadas en la base de datos proporcionada por la DGA y las indicadas por el CPA son l/s y/o Acciones, sin indicar una equivalencia oficial entre

ambas. Dado lo anterior, se recabó información a partir de distintas fuentes, a fin de contar con una equivalencia y expresar los valores de caudal en una única unidad de l/s.

Paso 2:

Se cuantificó el total de DAA y caudal en función de las siguientes variables:

- Naturaleza del DAA: superficial o subterráneo.
- Tipo de Solicitud: Derechos de Aprovechamiento de Agua (ND) (Art. 130 y siguientes del Código de Aguas), Regularización de Derechos (NR) (Art. 2 Transitorio del Código de Aguas) y Derechos de Usuarios Antiguos (UA).
- Ejercicio del Derecho Solicitado: consuntivo o no consuntivo.

El resultado de este paso se presenta en el Anexo J.2.3.1 Análisis DAA.

Paso 3:

Finalmente, en base al cruce de información previamente descrito, se generó una cobertura SIG en formato *shapefile* para la cuenca con información relativa a cada DAA.

Debido a los diversos sistemas de coordenadas encontrados en los registros de DAA (WGS84, PSAD56, SAD 69), se debió estandarizar el sistema de referencia utilizado. Para estos efectos, se utilizó el sistema UTM, Datum WGS84 Huso 19 Sur.

Este punto sólo consideró los DAA cuya localización fue posible. En los casos sin información de datum y/o coordenadas, se procedió a revisar el CPA y su respectivo expediente, en caso de contar con éste.

Los atributos que componen los *shapefile* de DAA son todos aquellos registros disponibles en las bases de datos antes mencionadas. Esto con el objetivo de no eliminar información que pudiere ser utilizada en futuros análisis.

A partir de las coberturas descritas anteriormente, se generó una figura con la distribución en cada cuenca de los DAA superficiales y subterráneos.

Paso II: Identificación de Solicitudes por Decretos de Escasez Hídrica.

Para el análisis e identificación de las solicitudes de agua por Decretos de Escasez Hídrica con vigencia en las cuencas en estudio durante el periodo 2020, se consideró la información proporcionada por la DGA, la cual fue obtenida mediante solicitud formal a dicho organismo.

La metodología empleada se basó en el análisis de las solicitudes con cargo a los decretos vigentes para el periodo antes indicado.

En base a lo anterior, los resultados son presentados de la siguiente manera:

- Número de solicitudes y caudal aprobado.
- Número de solicitudes por rubro.

4.2.2. Estimación de demanda hídrica actual y proyección futura

Este punto se desarrolló teniendo como referencia principal (pero no excluyente) el documento “Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile” (DGA, 2017a), el cual realiza un diagnóstico desagregado de las demandas de agua al año 2015 y proyecciones futuras (años 2030 y 2040), a nivel de subcuencas. En aquel estudio se encuentra el detalle tanto de los antecedentes como la metodología para el cálculo de la demanda actual y futura para los distintos rubros y/o actividades económicas. La metodología desarrollada en este documento es adaptable a cualquier unidad territorial, en este caso se adoptó a nivel cuenca, calculando la demanda de agua actual (referencias año 2019 y 2020) y proyecciones futuras (años 2030 y 2050).

4.2.2.1. Agua Potable Urbana

El análisis de la demanda de agua potable urbana se refiere a la necesidad de agua para consumo humano en los núcleos urbanos de Chile abastecidos a través de las empresas sanitarias, reguladas por la SISS. Para crear una imagen general de la metodología y las fuentes de información para llevarla a cabo, la siguiente Figura 4-2 esquematiza los procesos que serán descritos más adelante.

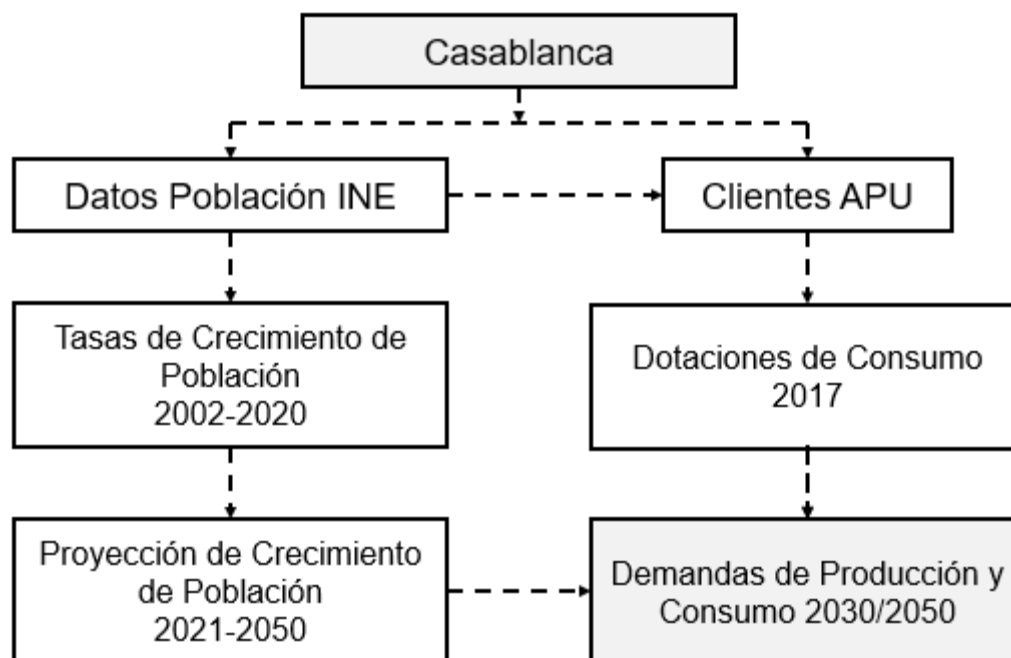


Figura 4-2. Esquema general de la metodología para estimación de demanda actual y futura de agua potable urbana.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2017a).

4.2.2.2. Agua Potable Rural

```

graph TD
    BaseDOH[Base DOH (2016)] -.-> NBDiseño[N° Beneficiarios Diseño]
    SIFAC[SIFAC II - PR039001 (2015)] -.-> NBDiseño
    NBDiseño -.-> NBActual[N° Beneficiarios Actual]
    Dotación[Dotación (L/hab/día) según zona] -.-> NBActual
    ProyecciónINE[Proyección INE (Rural)] -.-> NBActual
    NBActual -.-> DemandaActual[Demanda Actual (2015)]
    NBActual -.-> DemandaFutura[Demanda Futura (2030/2040)]
    DIRPLAN[DIRPLAN] -.-> PLS[PLS]
    DIRPLAN -.-> SinAPR[Sin APR]
    PLS -.-> NHabitantes[N° Habitantes]
    SinAPR -.-> NHabitantes
    NHabitantes -.-> DemandaFutura
  
```

4.2.2.3. Agrícola

La estimación de la demanda de agua del sector agrícola se realizó a partir del cálculo de las necesidades evapotranspirativas, según superficies y tipologías de cultivo (ver Anexo J.2.1.4 Demanda agrícola). Con ello se obtuvo una demanda hídrica agrícola, equivalente a lo que se denomina agronómicamente como demanda bruta de riego, pero aplicada tanto a zonas bajo riego como a superficies productivas agrícolas en secano.

De esta forma, se incluyó la siguiente información para lograr una óptima y ajustada estimación:

- Balance Hídrico (DGA, 2017a), tendencia histórica de evapotranspiración y series históricas de precipitación en la superficie abarcada por la cuenca analizadas.
- Evapotranspiración de referencia (AGRIMED, 2014).
- Estructura de datos extraídos del modelo WEAP base empleado para el estudio de cada cuenca.
- Series de evapotranspiración y precipitación proyectadas a partir de modelos de cambio climático.

Posteriormente, y exclusivamente para la superficie regada, en base a las precipitaciones de cada subcuenca, se calculó la demanda neta de riego, esto es, la diferencia entre la demanda bruta y los aportes de lluvia, obteniendo valores de demanda neta de riego. Finalmente, incorporando las eficiencias en la aplicación de riego, que se obtienen de los criterios que establece la Comisión Nacional de Riego en su guía metodológica de Formulación y Evaluación de Proyectos postulados a la ley 18.450, se determina la demanda bruta de riego. En la Figura 4-4. Diagrama general de la metodología para uso agrícola., se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo de demanda de agua para uso agrícola.

Cabe mencionar que el término “Secano” considerado en el total evapotranspirativo de cada región, corresponde a áreas agrícolas que se abastecen únicamente de los aportes de lluvia, que pueden ser: Forrajeras Permanentes; Hortalizas, Flores y Semilleros; Viñas; Frutales no regados; Praderas Mejoradas; Praderas Naturales; Barbechos y Descansos.

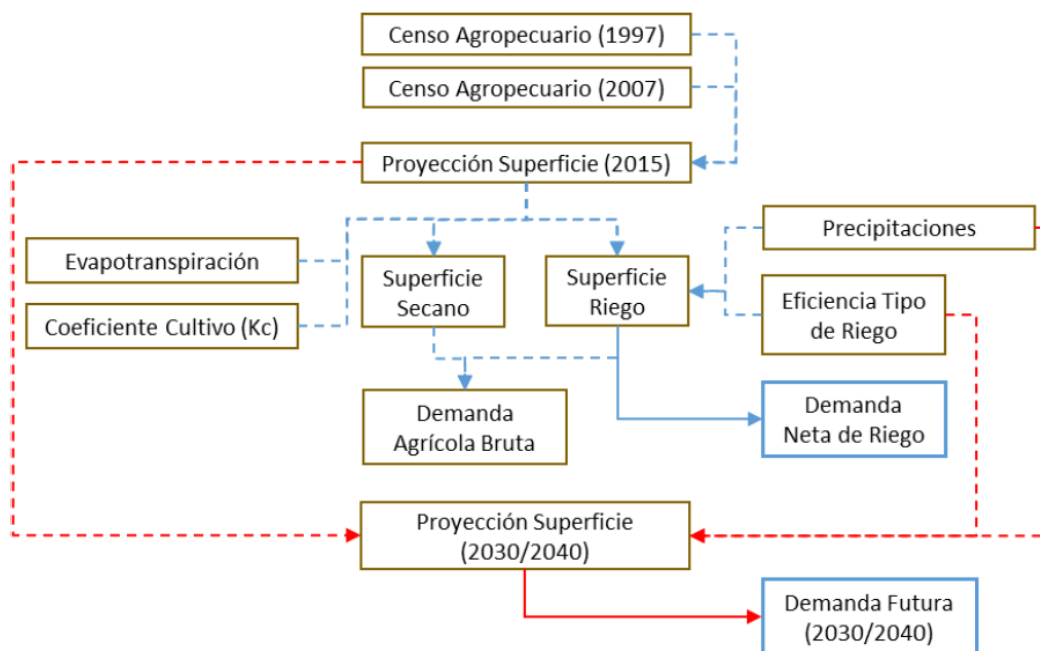


Figura 4-4. Diagrama general de la metodología para uso agrícola.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2017a).

Finalmente, se obtuvieron demandas de tipo volumétrico [$\text{hm}^3/\text{año}$] al multiplicar las demandas netas de cada tipo de cultivo por año, por la superficie asociada a cada tipo de cultivo

4.2.2.4. Industrial

La estimación de la demanda para uso industrial está desarrollada en base a los derechos de agua indicados en la planilla nacional entregada por Inspección Fiscal, cuyo uso sea del tipo "Industrial", o bien, cuyos solicitantes estén asociados a entidades de tipo industrial.

También se consideró como derechos de tipo industrial, aquellos que no tienen un uso específico declarado, pero cuyos puntos de extracción (de acuerdo con el sistema de referencia WGS 84 Huso 19 Sur) se encuentren dentro de predios destinados a industrias, de acuerdo con el catastro de predios del Servicio de Impuestos Internos.

Para estimar la demanda a lo largo del tiempo, se consideró lo siguiente:

- La máxima demanda productiva de tipo industrial corresponde ser al caudal máximo otorgado por derecho.
- No obstante, la demanda productiva no se solicita de forma inmediata, sino que gradualmente a lo largo del tiempo.

Los resultados se encuentran en el Anexo J.2.1.3. Demandas Industriales.

4.2.2.5. Uso Turístico y Caudales de Protección Ambiental

La determinación del caudal para protección ambiental tiene involucrado el denominado caudal ecológico (Decreto N° 71 del 30/09/14) (BCN, 2015) y el de reserva por interés nacional, que es el tramo comprendido entre el caudal ecológico y el 20% de probabilidad de excedencia.

La relación utilizada fue:

$$Q_{Ambiental} = Q_{Prob.Excedencia20\%} - Q_{Ecologico}$$

Este cálculo fue aplicado a las zonas de protección (SNASPE, Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica y Sitios RAMSAR) existentes en cada región, identificando y asociando una estación fluviométrica de referencia de la red hidrométrica de la DGA en cada caso, a través de la cual, con los caudales medios mensuales actualizados, y aplicando la relación anterior, se determinaron los caudales correspondientes.

Por su parte, el caudal ecológico se determina a escala mensual, definiéndose por la siguiente relación (BCN, 2015):

$$Q_{eco,i} = 0.1Q_{Anual} \text{ si } \frac{Q_i}{2} < 0.1Q_{Anual} \quad \frac{Q_i}{2} < 0.2Q_{Anual} \quad 0.2Q_{Anual} \text{ si } \frac{Q_i}{2} > 0.2Q_{Anual}$$

Dado que en la cuenca Estero Casablanca no se cuenta con estaciones fluviométricas o datos de caudales previamente registrados, los caudales Ecológico y Ambiental se determinan en base a los resultados de escorrentía del modelo VIC desarrollado para el Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017a).

Los resultados de los caudales obtenidos, así como las demandas equivalentes, se muestran en el Anexo H Modelación, acápite 4.4.8 Caudal ecológico y Anexo J.2.1.2 Caudales Ambientales y Ecológicos.

4.2.2.6. Demanda Forestal

La estimación de la demanda para el uso forestal considera la cantidad de agua consumida por las coberturas vegetales bajo el concepto de evapotranspiración, separando en demanda productiva a todas las coberturas que correspondan a plantaciones forestales con fines comerciales y demanda no productiva a los bosques nativos. De esta forma, la demanda forestal no estaría clasificada como consuntiva ni como no consuntiva, sino que como productiva y no productiva.

Dichos valores de evapotranspiración se definen por medio de una fórmula empírica desarrollada por Zhang *et al.* (2001) y corroborada en estudios locales sobre determinación de demanda hídrica (DGA, 2017a), la cual considera precipitación media anual (P), y un factor adimensional de cobertura vegetal (f, entre 0 y 1):

$$ET_{\left\{\frac{\text{mm}}{\text{año}}\right\}} = P \left(\mathcal{F} \left(\frac{1 + \frac{2820}{P}}{1 + \frac{2820}{P} + \frac{P}{1410}} \right) \right) + (1 - f) \left(\frac{1 + \frac{550}{P}}{1 + \frac{550}{P} + \frac{P}{1100}} \right)$$

Para la obtención más precisa de dichas demandas, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

1. Superficies de bosque por subcuenca: Para cada una de las subcuencas contenidas dentro del área de estudio, se realizó un desglose de las superficies declaradas tanto como bosques de tipo productivo como no productivo. Dichas superficies se determinaron con respecto a las imágenes entregadas por el producto satelital MODIS.
2. Información meteorológica: Para cada subcuenca, se extrajo desde el modelo acoplado, las series de precipitación a nivel anual, creadas a partir del producto grillado CR2MET (CR2, 2021b) y corregidas en base a la información existente de estaciones meteorológicas cercanas (CR2, 2021a; DGA, 2021a).

Los resultados de las demandas forestales, tanto en general como desglosados por subcuenca y tipo, se encuentran en el Anexo J.2.1.5. Demandas Forestales, pestaña Demandas 1979-2019.

4.3. MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Para comprender la metodología empleada en la modelación hidrológica, se presenta la descripción de las plataformas WEAP y MODFLOW, así como el modelo acoplado. Además, se incluye la metodología para la determinación de las forzantes empleadas en la modelación y los criterios y pasos para la elección del modelo de circulación general que definió los escenarios de cambio climático implementado.

4.3.1. Descripción de la plataforma WEAP

El modelo Water Evaluation And Planning (WEAP) es una herramienta computacional que sirve para la planificación de los recursos hídricos, fue creado en 1988 como iniciativa del Stockholm Environment Institute (SEI) (SEI, 2018), con el objetivo de generar una herramienta de planificación flexible, integral y transparente para evaluar la sostenibilidad de los patrones actuales de demanda y suministro de agua, y explorar escenarios alternativos de largo alcance.

WEAP apoya la planificación de recursos hídricos realizando el balance de oferta de agua (generada a través de módulos físicos de tipo hidrológico a escala de subcuenca) con la demanda de agua (caracterizada por un sistema de distribución de variabilidad espacial y temporal con diferencias en las prioridades de demanda y oferta) (Centro de Cambio Global-Universidad Católica de Chile & SEI, 2009).

Una serie de artículos describen a WEAP (Purkey *et al.*, 2007; Yates, Purkey, *et al.*, 2005; Yates, Sieber, *et al.*, 2005) y en la página web <http://www.weap21.org/> puede encontrarse

una descripción detallada de las características del software, publicaciones, su integración con otros softwares y otros recursos.

4.3.2. Descripción de MODFLOW

MODFLOW es un modelo tridimensional de aguas subterráneas de diferencia finita creado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Este modelo permite estimar la variación del nivel freático completamente distribuida, permite incorporar extracciones puntuales, drenes y la interacción río acuífero. Este modelo basado en la simulación de procesos físicos ha sido ampliamente utilizado para la gestión del recurso subterráneo.

Con el acople superficial y subterráneo es posible estudiar cómo los cambios en los niveles locales de agua subterránea afectan el sistema general (p. Ej., Interacciones de agua subterránea, problemas de bombeo debido a la extracción, recarga lateral de agua subterránea) y viceversa (p. Ej., Infiltración y extracción). Por lo general, la recarga de un modelo de aguas subterráneas proviene de la aplicación independiente de un modelo hidrológico de superficie no vinculado en forma explícita al modelo de aguas subterráneas.

Por lo tanto, en la mayoría de los casos no se tienen en cuenta los mecanismos de interacción y retroalimentación entre los sistemas para cada paso de tiempo.

Los procesos hidrológicos en cuencas en las que existe una importante interacción río-acuífero o tienen una fuerte dependencia del recurso subterráneo es esencial una integración dinámica de los modelos hidrológicos superficiales y de aguas subterráneas.

Particularmente para representar mejor aquellas áreas donde la altura freática interactúa con las secciones del lecho del río están ubicadas por debajo del nivel del agua subterránea (es decir, pueden funcionar como elementos que extraen agua desde el embalse subterráneo y la reincorporan en el sistema superficial). La integración de modelos superficiales y subterráneos ha sido llevada a cabo con distintas plataformas, tales como URBS-MODFLOW (Delliou *et al.*, 2009), MIKE 11-MODFLOW (Graham, D.N., Chmakov, S., Sapozhnikov, A., Gregersen, n.d.), SWAT-MODFLOW (Haddad *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2008), SWMM-MODFLOW (Yergeau, 2010). Por otro lado, otros estudios (Droubi *et al.*, 2008; Haddad *et al.*, 2013) aplicaron un modelo acoplado WEAP-MODFLOW para proponer las mejores estrategias de gestión a escala de subcuenca. A nivel nacional, se han utilizado modelos superficiales-subterráneos acoplados en forma explícita entre WEAP-MODFLOW para el acuífero de Copiapó, Región de Atacama, y el sector acuífero Las Hualtatas, Cuenca del Maipo, Región Metropolitana (Hunter *et al.*, 2015; Sanzana *et al.*, 2019). La Unidad de Hidrogeología de DICTUC posee experiencia en la aplicación de WEAP-MODFLOW en el acuífero del Mapocho Alto para estudios de empresas sanitarias, como es el caso de Aguas Cordillera y Aguas Manquehue, en el caso del Mapocho Alto, Región Metropolitana. Tomando en cuenta estos antecedentes este acople se considera una herramienta valiosa para entidades que desean llevar a cabo una gestión integrada de los recursos hídricos en una cuenca.

Actualmente la integración de WEAP con MODFLOW paso a paso permite la utilización de las siguientes versiones: MODFLOW 2000, MODFLOW 2005 y MODFLOW NWT. En el marco del actual proyecto se identificarán las brechas y/o falencias posibles de ser mejoradas en

la integración superficial subterránea en aquellas cuencas que son parte de este estudio. También se indicarán las variables que se deberán actualizar y se recomendará la información que deban recabar.

4.3.3. Acople WEAP-MODFLOW

Cuando los métodos disponibles en WEAP con los que se puede representar el agua subterránea y sus interacciones no representan la complejidad deseada o existe disponibilidad de información suficiente y se ha desarrollado un modelo MODFLOW, es posible vincularlo a un modelo WEAP.

Los modelos de agua subterránea en MODFLOW y WEAP son muy diferentes. Mientras que un nodo de agua subterránea WEAP se representa como un gran "cubo" sin parámetros para caracterizar los flujos internos, MODFLOW representa el agua subterránea como una red multicapa de celdas independientes, cada una con sus propios parámetros de flujo y ecuaciones que se utilizan para modelar flujos entre celdas, y a través de los límites del acuífero (SEI, 2018).

Cuando se vinculan correctamente, los datos y los resultados fluyen de un lado a otro entre WEAP y MODFLOW para cada paso de tiempo. Desde WEAP los resultados hacia MODFLOW como datos de entrada para sus cálculos son infiltración de agua subterránea (recarga), extracciones (bombeo), nivel del agua en tramos de un río y escurrimiento de aguas superficiales, y desde MODFLOW hacia WEAP como datos de entrada el nivel de aguas subterráneas, variación de nivel, flujos laterales entre acuíferos, interacciones agua superficial – agua subterránea.

La Figura 4-5 presenta un esquema del acople de los modelos en uno operacional WEAP - MODFLOW.

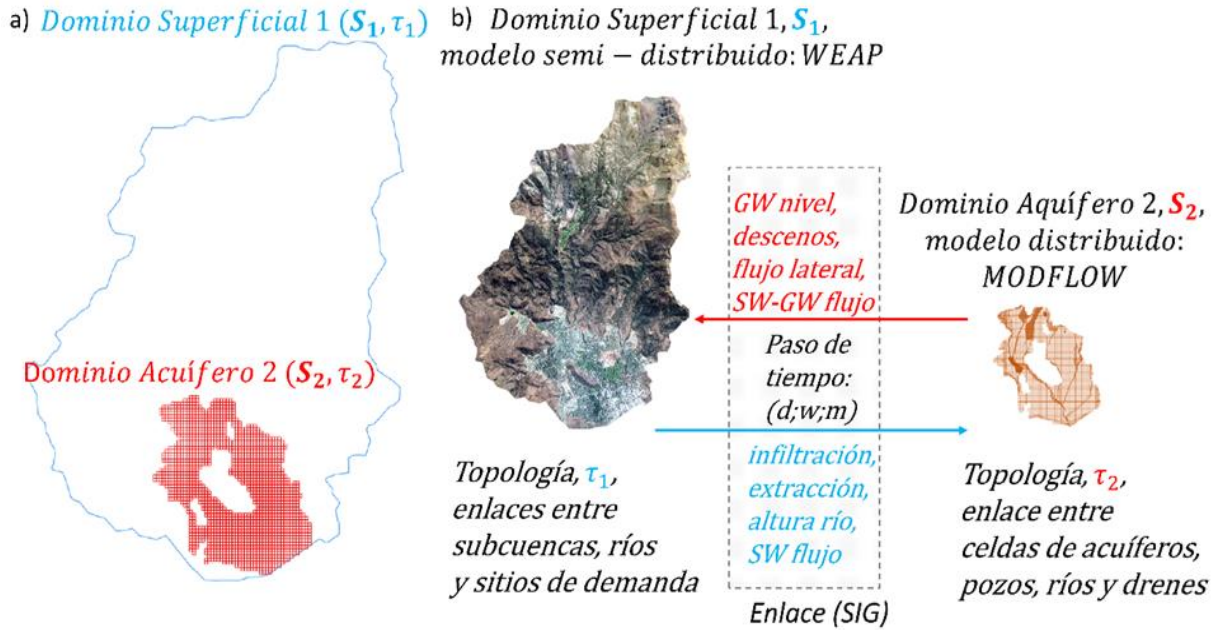


Figura 4-5. Topología entre modelos WEAP-MODFLOW y flujos de intercambio para cada paso de tiempo.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2019b).

Consideraciones generales:

- Se debe tener en cuenta que las versiones de MODFLOW que puede ser usadas en WEAP son: MODFLOW 2000, MODFLOW 2005 y MODFLOW-NWT.
- Para vincular un modelo MODFLOW a un modelo WEAP, primero se debe desarrollar y calibrar el modelo MODFLOW fuera de WEAP.
- Un modelo MODFLOW consta de muchos "paquetes" diferentes, la mayoría de los cuales son opcionales. Sin embargo, no todos los paquetes son utilizados o permitidos por WEAP.
- Para vincular los modelos es necesario crear un archivo *shape* para conectar los elementos WEAP a las celdas MODFLOW.

4.3.4. Forzantes Meteorológicas utilizadas

El procedimiento de obtención de las forzantes meteorológicas utilizadas en la confección del modelo se desarrolló por medio de los siguientes pasos:

1. **Obtención de variables desde productos grillados:** De modo de garantizar la mayor extensión temporal posible, se recurre a diversos productos grillados (en formato NetCDF), los cuales se muestran en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2. Descripción de productos grillados y variables asociados.

Producto	Resolución espacial	Variables	Intervalo de tiempo
CR2MET 2.0	0,05°	Precipitación (pr)	1979-2020
		Temperatura media (t2m)	
		Temperatura mínima (tmin)	
		Temperatura máxima (tmax)	
BHN	0,05°	Velocidad del viento (ff)	1979-2015
		Humedad Relativa (Hr)	
		Escorrentía-VIC (Runoff)	
ERA5	0,25°	Velocidad del viento, componente Este (u10)	2016-2020
		Velocidad del viento, componente Norte (v10)	
		Temperatura de Punto de rocío (d2m)	
		Radiación total neta (cdir)	1979-2020
		Fracción de nubosidad (tcc)	

Fuente: Elaboración propia partir de los metadatos de CR2 (2021b), DGA (2017b) y ECMWF (2021).

Dado que el producto grillado asociado al Balance Hídrico Nacional BHN sólo cubre hasta finales del año 2015, fue necesario cubrir el intervalo faltante con información desde ERA5. No obstante, las variables descritas por el BHN (velocidad del viento y humedad relativa) no se encuentran disponibles de modo explícito, por lo que es necesario definir las en función de otras variables.

Para el caso de la velocidad del viento (ff) esta puede definirse como la suma pitagórica de las componentes Norte y Este de la velocidad del viento. Por otra parte, la humedad relativa (Hr) se puede definir como una relación entre las presiones de vapor saturado entre la temperatura de punto de rocío y temperatura media diaria:

$$Hr = e(d2m)/e(t2m)$$

Donde e(t) corresponde a la presión de vapor saturado (Cho *et al*, 1994)

$$e(T) = 611e^{\left(\frac{17.27 \cdot T}{T+237.3}\right)}$$

- 2. Interpolación de los productos grillados sobre las cuencas:** Para establecer las series de tiempo de cada una de las variables meteorológicas sobre cada subcuenca, se

procede a interpolar en proporción de las áreas de la grilla de cada producto intersectas por la superficie de cada cuenca:

$$\overline{X}_k = \frac{\sum X_k A_{ki}}{\sum A_{ki}}$$

Siendo A_{ki} la superficie del i-ésimo punto de la grilla intersecto sobre la superficie de la cuenca, como muestra la Figura 4-6.

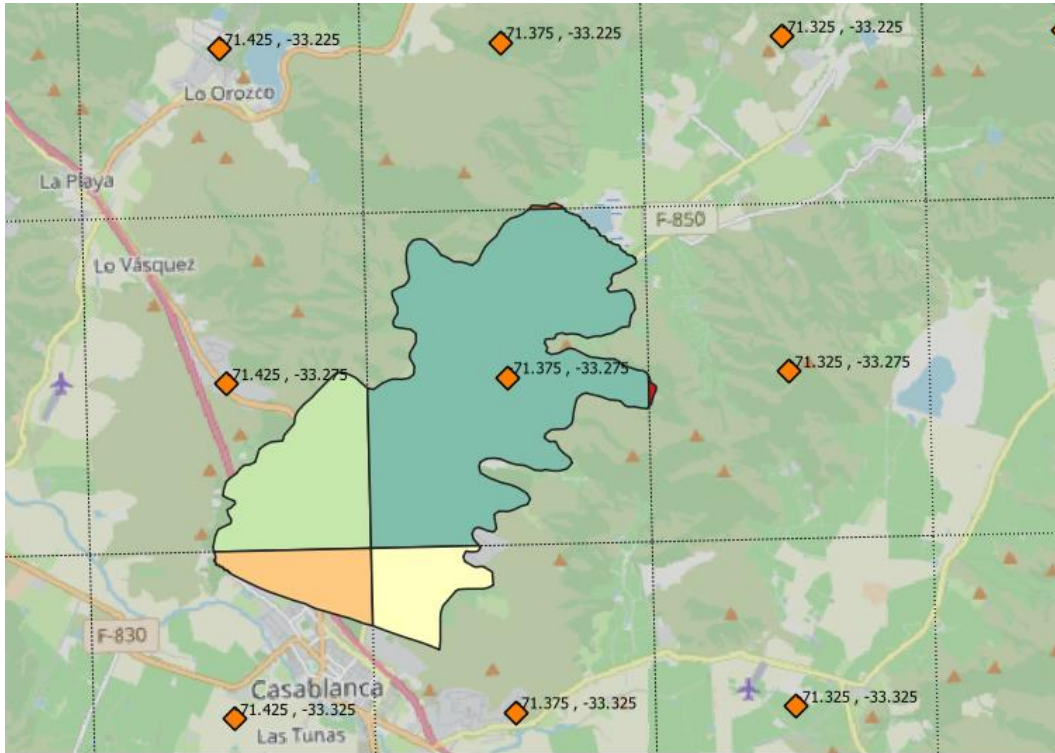


Figura 4-6. Intersección de un producto grillado con respecto a la superficie de una cuenca.

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b), DGA (2021f) y Google Maps.

3. **Corrección de series de datos entre productos grillados:** Dado que ERA5 posee una resolución mucho mayor que el producto grillado del Balance Hídrico, lo cual implica una mayor variabilidad de datos, por lo que la sección exportada desde ERA se ajustó con respecto a la serie de datos obtenida previamente, por medio de:

$$X_k(ERA, t_1) = X_k(ERA, t_0) \cdot \frac{\overline{X}_k(BHN, t_0)}{\overline{X}_k(ERA, t_0)}$$

Siendo $\overline{X}_k(BHN, t_0)$ el promedio histórico de la serie de datos obtenida desde el producto grillado del Balance Hídrico.

4. **Corrección de Series de Precipitación con respecto a Estaciones Pluviométricas:** Debido a la diferencia identificada entre los datos observados de la

DGA A con respecto a los productos grillados BHN y CR2MET, se corrigieron los datos del producto grillado de acuerdo los coeficientes de eficiencia expresados en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3. Indicadores de Eficiencia, Estaciones DGA vs. Producto Grillado CR2MET, series mensuales.

Estación	R ²	bR ²	KGE
Casablanca	0,88	0,77	0,68
Tapihue	0,9	0,56	-0,02
Algarrobo	0,9	0,51	-0,28
Lagunillas	0,89	0,74	0,6
Las Piedras	0,82	0,81	0,79
Lago Peñuelas	0,91	0,63	0,61

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2021f).

Considerando esta variabilidad, se establecieron las series de precipitación de cada subcuenca dependerán de una serie de factores de corrección a nivel mensual para cada estación, en función de las medianas de precipitación mensual:

$$Pp_i(mod) = \frac{Pp_i(Serie\ NetCDF)}{K_i}$$

Donde Pp_i corresponde a la precipitación caída en el i-ésimo mes, mientras que K_i corresponde al cociente de las medianas de precipitación del i-ésimo mes entre el producto grillado y la estación pluviométrica:

$$K_i = Pp_i(\widehat{NetCDF})/Pp_i(\widehat{DGA})$$

Dado que este coeficiente sólo se determina en los puntos donde se ubican las estaciones pluviométricas, fue distribuido sobre toda la superficie de la cuenca, por medio de interpolación de distancia inversa (IDW) de nivel 2, como se muestra referencialmente en la Figura 4-7, correspondiente al mes de abril).

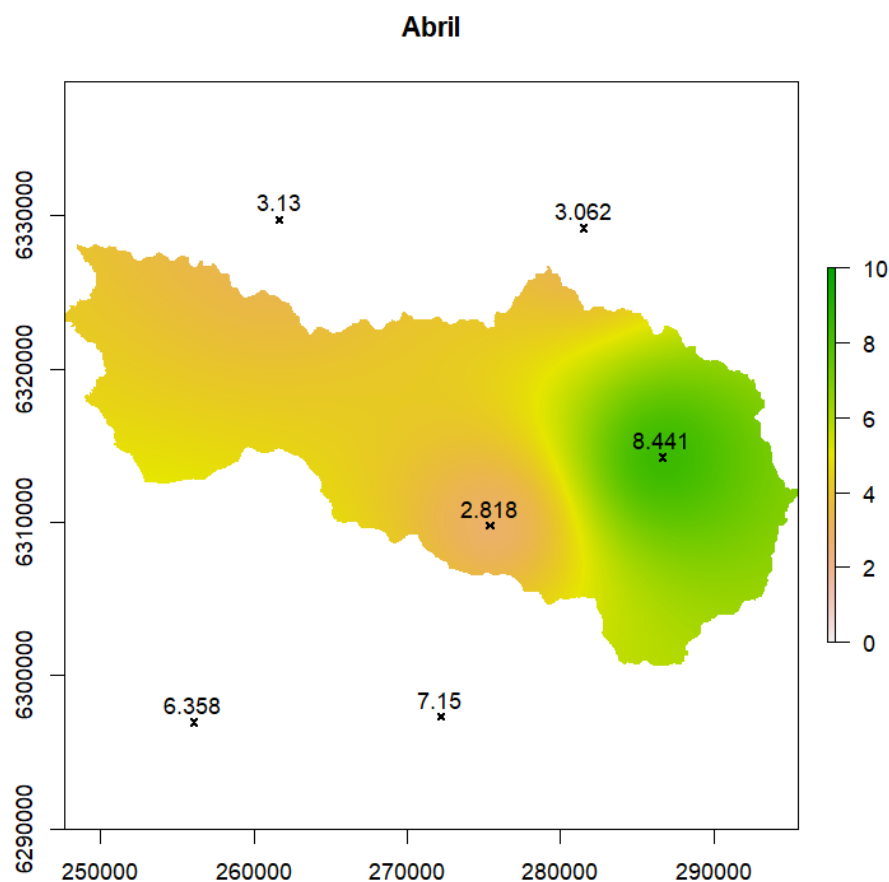


Figura 4-7. Distribución del coeficiente de corrección de series de precipitación, mes de abril.

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2021f).

Finalmente, las series de precipitación fueron corregidas por los siguientes factores expresados en la Tabla 4-4 (Figura 4-8. Boxplots de Comparación, Precipitación media mensual, Estación GA "Casablanca" vs Producto Grillado sin corregir. y Figura 4-9. Boxplots de Comparación, Precipitación media mensual, Estación DGA "Casablanca" vs Producto Grillado sin corregido).

Tabla 4-4. Factores de corrección de series de Precipitaciones.

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Las Piedras	1	1	6	3,1	1,2	1,1	1	1,3	1,5	2,3	1	1
Lago Peñuelas	1	1	1	3,1	1,1	0,8	0,8	0,7	1,1	1,3	1	1
Algarrobo	1	1	1	6,4	2,8	2	2,1	1,8	3,2	3,5	1	1
Lagunillas	1	1	1	7,2	2	1,6	1,3	1,3	1,6	4,9	1	1
Casablanca	1	1	3,9	2,8	1,7	1,3	1,2	1,2	1,5	1,8	1	1
Tapihue	1	1	5,7	8,4	2	1,6	1,7	1,3	2,3	3,5	1,8	1

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2021f).

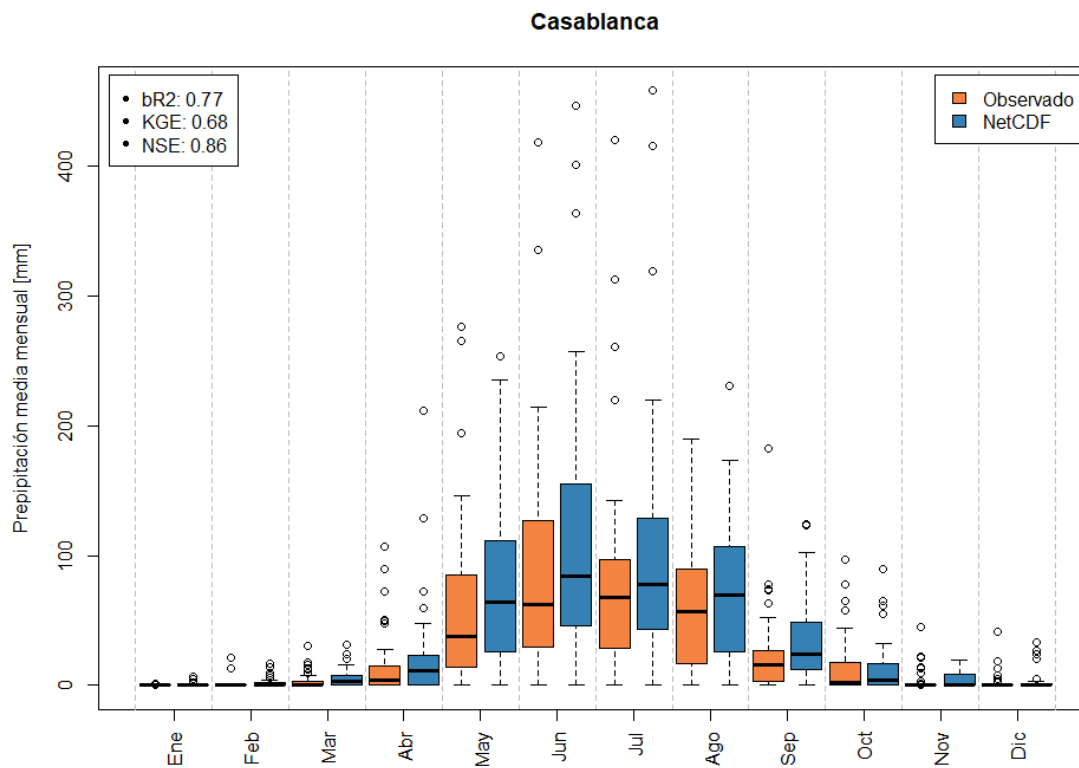


Figura 4-8. Boxplots de Comparación, Precipitación media mensual, Estación GA “Casablanca” vs Producto Grillado sin corregir.

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2021f).

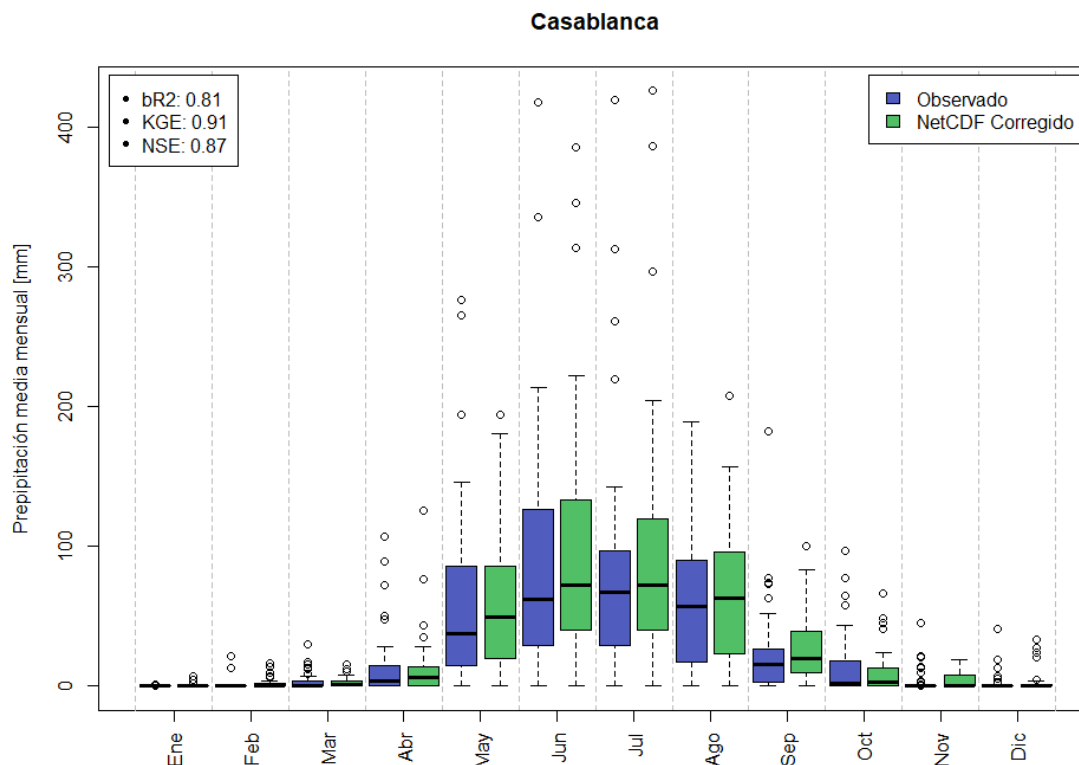


Figura 4-9. Boxplots de Comparación, Precipitación media mensual, Estación DGA “Casablanca” vs Producto Grillado sin corregido.

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2021f).

4.3.5. Eventos extremos y variabilidad climática

Para obtener las precipitaciones máximas en 24 h. a continuación, se presenta la metodología utilizada.

4.3.5.1. Corrección y extensión de estadísticas

El cálculo de la estación patrón se basó en la elección de las estadísticas más largas y mejor observadas durante el período en estudio. Los criterios para la determinación de la Estación Patrón se exponen a continuación:

- Frente a una serie de datos de distinta longitud, se eligen las tendencias más largas, dado que debido a su longevidad se obtiene una menor probabilidad de error.
- Frente a series de datos de distinta longitud, se eligen las de más reciente data, por cuanto se supone la utilización de equipos más confiables.

- Frente a una serie de datos de cualidades similares, se eligen las más cercanas al sector de estudio.

Con los datos acumulados promedio, que corresponden en una primera aproximación a lo que se denomina estación patrón, se realizó un análisis de doble masa entre estos valores y los valores acumulados de cada estación componente de dicho promedio. En donde se corrigió el cambio de tendencias observado.

En aquellas estaciones con registro menores a la considera como patrón, se realizó una extensión del registro mediante una correlación estadística entre dos estaciones.

Los resultados obtenidos de la extensión y extrapolación de los datos se muestran en la Figura 4-10.

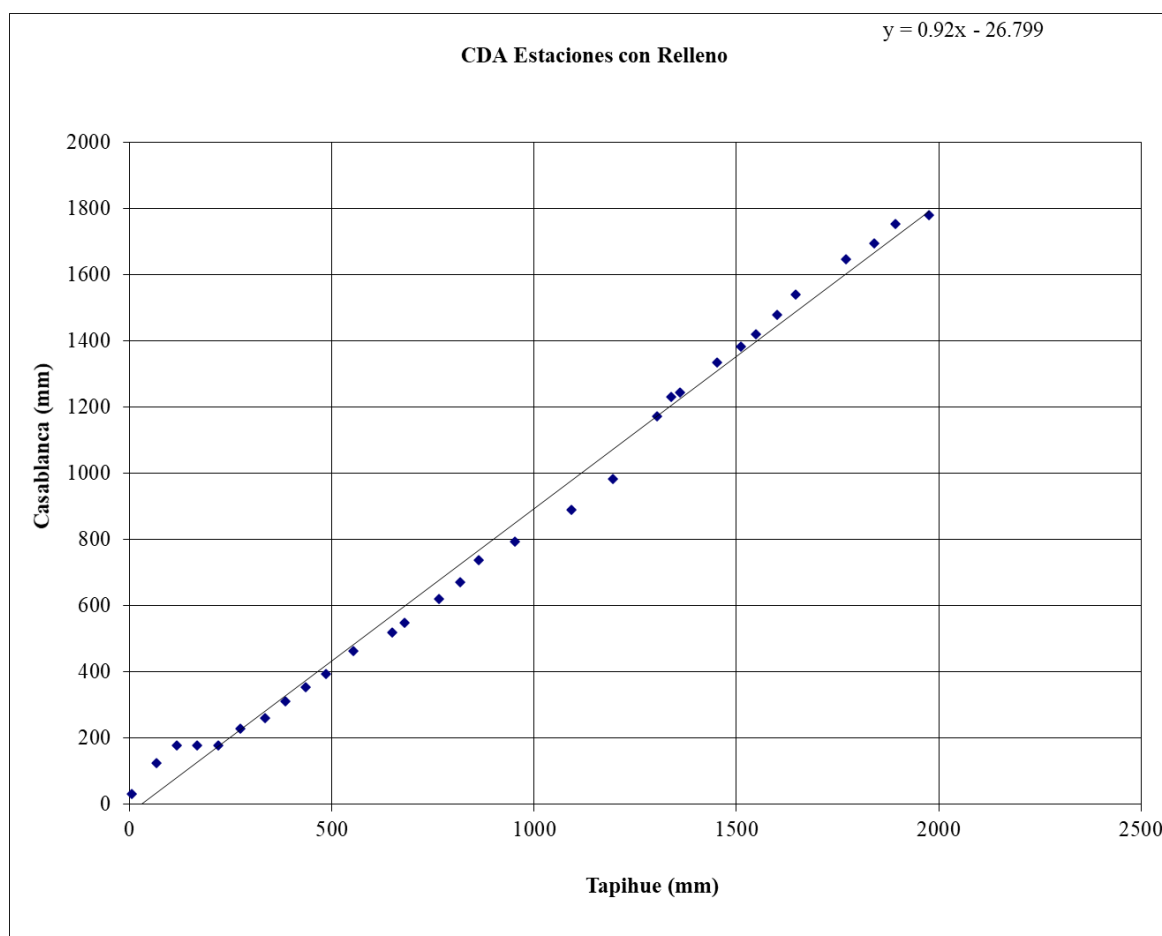


Figura 4-10. Curva másica o doble acumulada de precipitaciones.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2021f).

De los resultados obtenidos es claramente observable que las series una vez ampliadas, se encuentra bien alineada, sin cambios de pendiente significativos. En la Tabla 4-5 se presentan el resultado de los datos corregidos y rellenados que se utilizaran en el análisis de frecuencia.

Tabla 4-5. Resultados datos ampliados [mm].

Año	Estaciones pluviométricas	
	Casablanca	Tapihue
1989	82,5	26,5
1990	54	58
1991	69	49
1992	124	106,5
1993	46,5	60
1994	51	58
1995	38,6	39
1996	59	47
1997	90	90
1998	21,9	15
1999	35	58
2000	109	190
2001	104	91
2002	138,5	96
2003	90,6	58
2004	45,5	65
2005	52	50
2006	84,8	74
2007	31,5	28
2008	94,6	56
2009	68,5	70
2010	51,1	41
2011	49,5	41
2012	50	50
2013	60	33,2
2014	56	50
2015	53	48,9*
2016	50	46,5*
2017	50	54
2018	60	92
2019	6	32

*: Datos ampliados

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2021f).

Análisis de frecuencia

La serie de registros de precipitación corregida fue ajustada a una función de distribución de acuerdo al test de bondad de ajuste test Chi-cuadrado (χ^2).

4.3.6. Selección de modelos de circulación general para escenarios de cambio climático

Para aplicar la influencia del cambio climático en los escenarios evaluados a futuro en las cuencas en estudio, se aplicaron las proyecciones de modelos específicos para las variables precipitaciones y temperaturas.

4.3.6.1. Ajuste de GCM

Los modelos de circulación general GCM (General Circulation Models) utilizados para el presente estudio están basados en la selección considerada en la Actualización del Balance Hídrico Nacional de la DGA, que corresponden a los siguientes 4 modelos:

- CSIRO-Mk3-6-0
- CCSM4
- MIROC-ESM
- IPSL-CM5A

El escenario RCP (Representative Concentration Pathways) corresponde al 8.5, el más pesimista de los GCM de cambio climático seleccionados según IPCC (AR5).

Inicialmente se probó con los datos de proyecciones climáticas usando los archivos NetCDF para todos los modelos, con respecto al producto grillado CR2MET (CR2, 2021b) pero estos no arrojaron buenos ajustes para las series diarias Base (que coinciden en el rango histórico). A continuación, en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.** a l a **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestran los gráficos de variación porcentual mensuales de precipitaciones y temperaturas donde se aprecia el mal ajuste, sobre todo en los meses de verano.

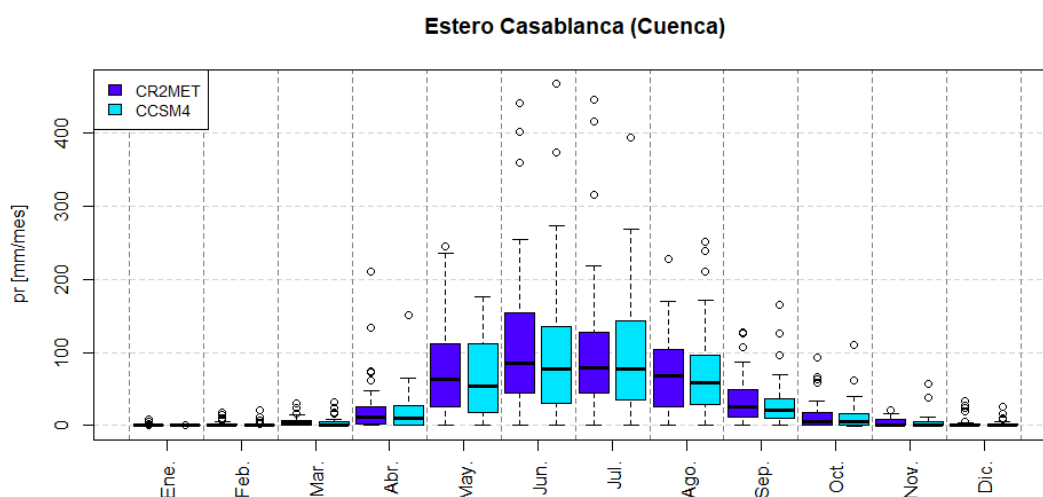


Figura 4-11. Distribución de precipitaciones medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CCSM4, intervalo 1979-2020.

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2017b).

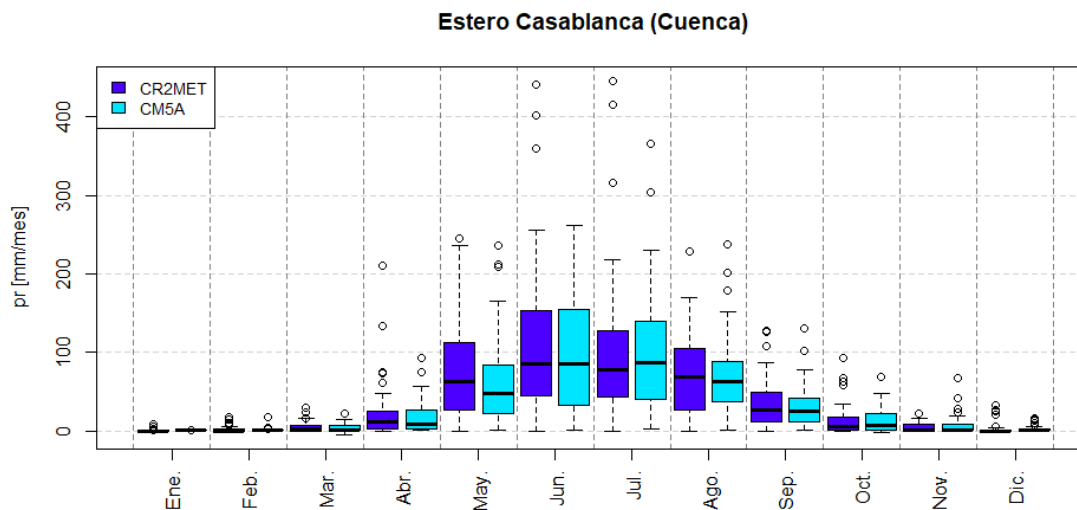


Figura 4-12. Distribución de precipitaciones medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CCSM4, intervalo 1979-2020.

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2017b).

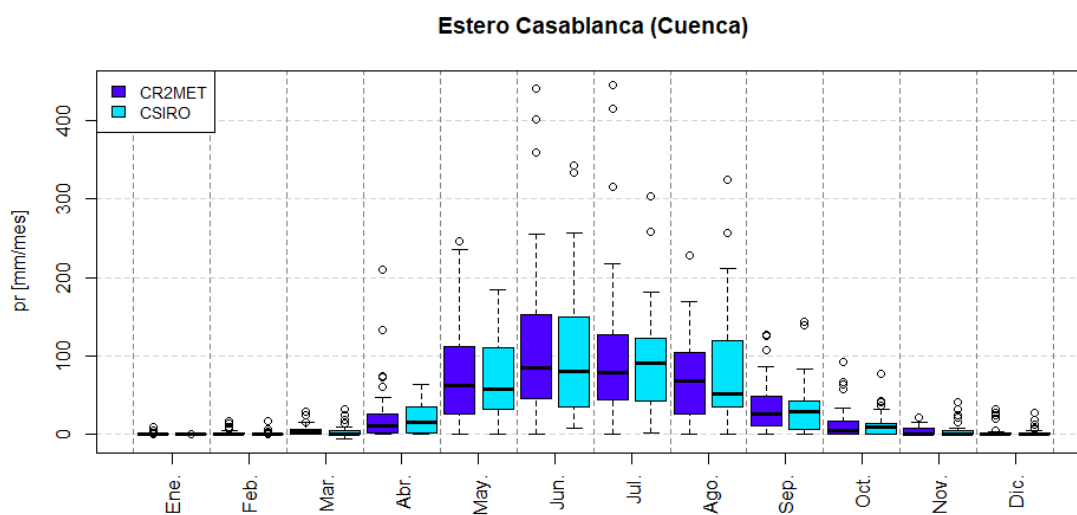


Figura 4-13. Distribución de precipitaciones medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CSIRO, intervalo 1979-2020.

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2017b).

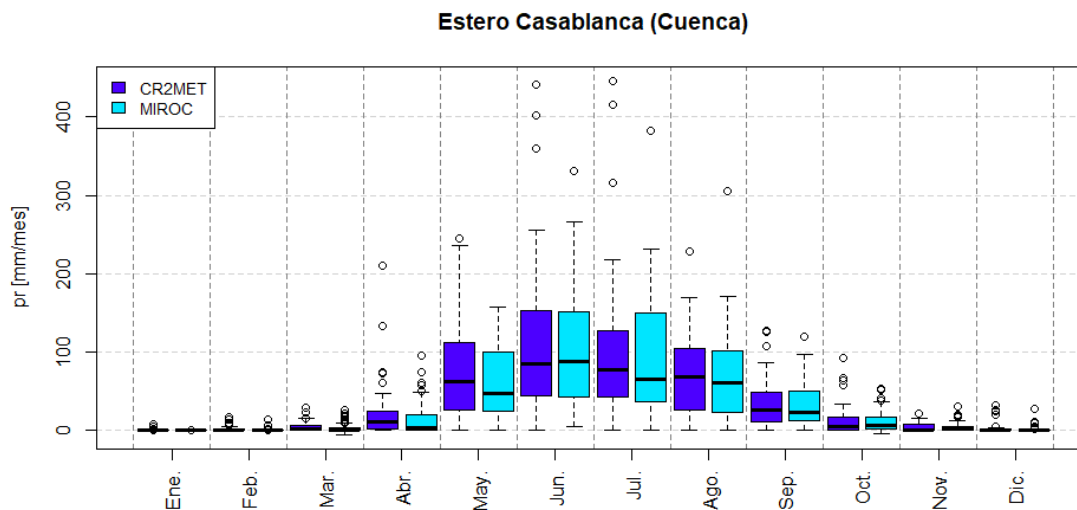


Figura 4-14. Distribución de precipitaciones medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM MIROC, intervalo 1979-2020.

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2017b).

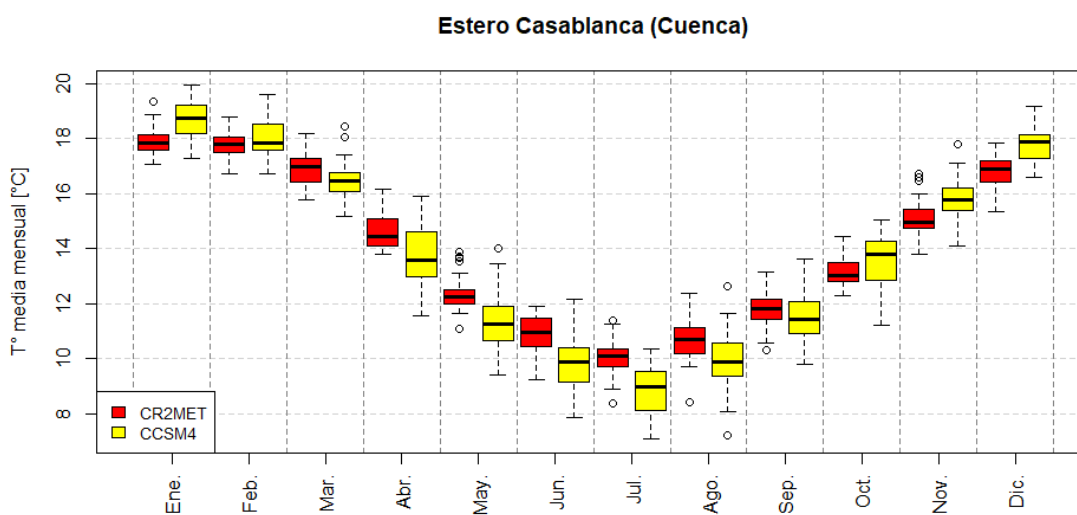


Figura 4-15. Distribución de temperaturas medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CCSM4, intervalo 1979-2020.

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2017b).

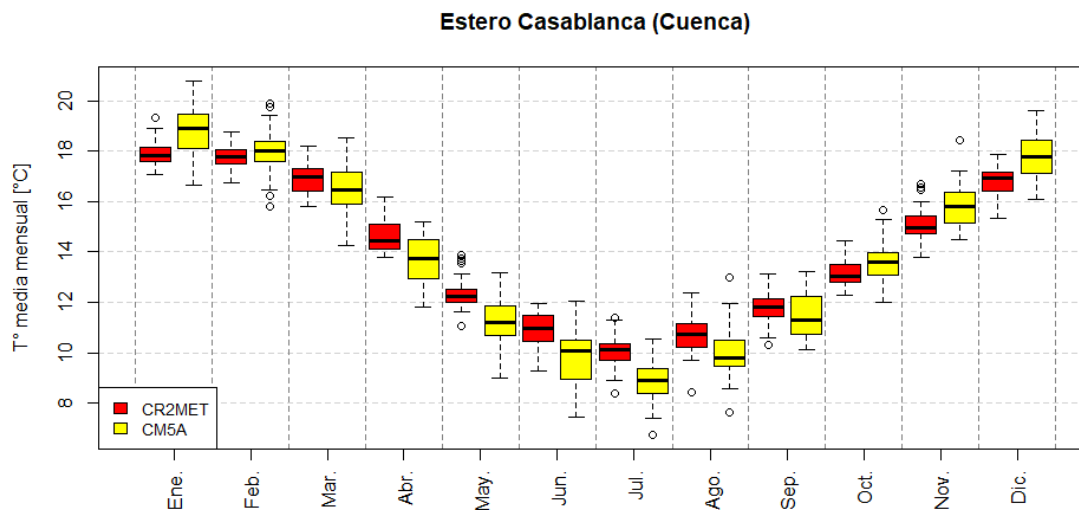


Figura 4-16. Distribución de temperaturas medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CM5A, intervalo 1979-2020.
Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2017b).

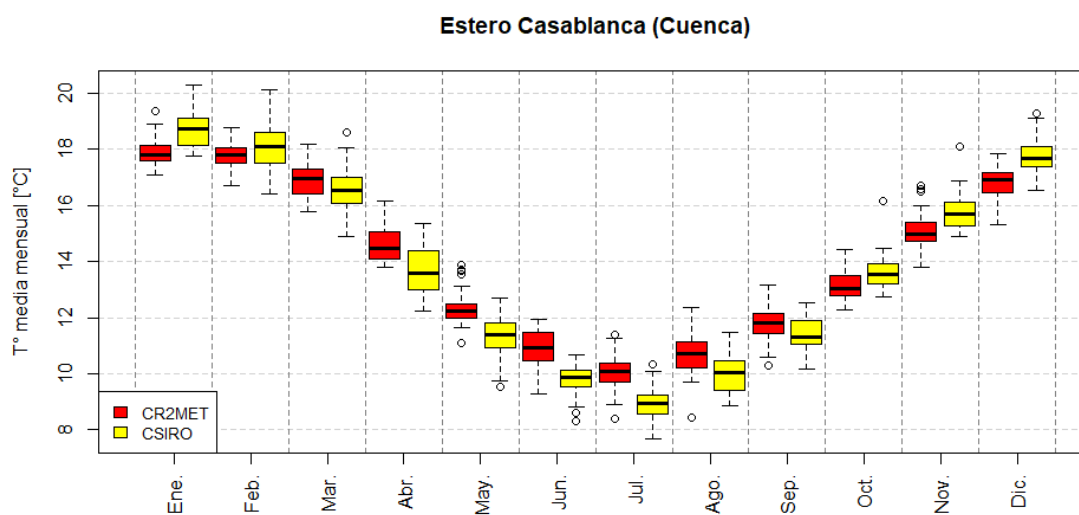


Figura 4-17. Distribución de temperaturas medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM CSIRO, intervalo 1979-2020.
Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2017b).

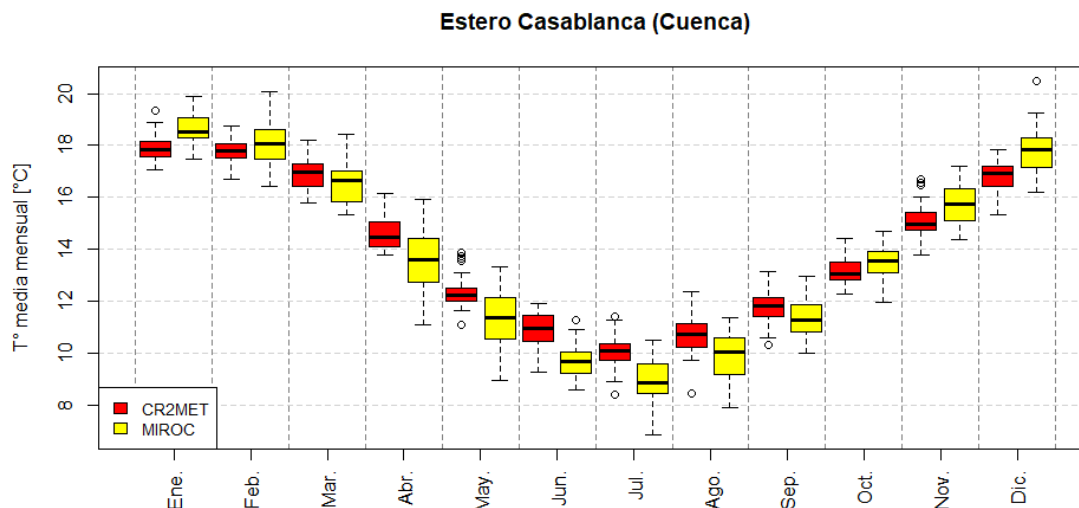


Figura 4-18. Distribución de temperaturas medias mensuales entre producto grillado CR2MET y GCM MIROC, intervalo 1979-2020.

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2021b) y DGA (2017b).

En la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran los errores mensuales en porcentaje para las precipitaciones y sesgos en °C para las temperaturas para los cuatro GCM analizados. El error medio mensual con respecto a las precipitaciones se determina por medio de una variación relativa porcentual entre el promedio indicado por CR2MET y el promedio indicado por cada GCM de la siguiente forma:

$$\Delta pr_{CR2MET-k}^i [\%] = 100 * (pr_{CR2MET}^i - pr_{GCM-k}^i) / pr_{CR2MET}^i$$

Por otro lado, el error medio mensual con respecto a las temperaturas se determina por medio de una variación absoluta entre el promedio indicado por CR2MET y cada GCM:

$$\Delta t m_{CR2MET-k}^i [\%] = abs(ta_{CR2MET}^i - ta_{GCM-k}^i)$$

Si bien se tienen meses con errores medios mensuales de precipitación considerablemente altos para todos los modelos, se debe tener en cuenta que las precipitaciones ocurridas en dichos meses constituyen una pequeña fracción del total anual, conllevando una menor variación de precipitaciones a escala anual, y, en consecuencia, decadal. La **iError! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra que los modelos CSIRO y MIROC siguen las tendencias de decaimiento de precipitación a nivel decadal que muestra el escenario histórico, mientras que muestran valores de precipitación media menores a este último.

Tabla 4-6. Errores Medios Mensuales, Valores Generales cuenca Estero Casablanca.

Mes	Modelos Climáticos Globales							
	CSIRO-Mk3-6-0		CCSM4		IPSL-CM5A		MIROC-ESM	
	Δpr [%]	$\Delta t2m$ [°C,abs]	Δpr [%]	$\Delta t2m$ [°C,abs]	Δpr [%]	$\Delta t2m$ [°C,abs]	Δpr [%]	$\Delta t2m$ [°C,abs]
Enero	-100	1,39	-100	1,39	-100	1,48	-100	1,33
Febrero	-65,52	0,91	-49,70	0,76	-66,11	1,05	-74,00	0,95
Marzo	-27,05	0,81	-8,72	0,64	-27,60	0,99	-21,67	0,89
Abril	-22,88	0,87	-25,16	1,05	-25,82	0,99	-25,32	1,10
Mayo	-12,67	0,91	-17,18	1,20	-17,94	1,14	-21,12	1,09
Junio	-6,81	0,88	-7,43	1,12	-13,17	1,18	-7,21	0,99
Julio	-9,07	0,80	-3,79	0,93	-3,56	1,03	-11,39	0,89
Agosto	14,69	0,86	4,44	1,15	1,44	1,09	-2,19	1,02
Septiembre	-3,77	0,82	-10,47	0,91	-4,97	0,81	-4,91	0,83
Octubre	-7,06	1,02	-7,83	1,26	-5,14	1,13	-8,52	0,99
Noviembre	5,53	1,16	4,27	1,21	51,69	1,24	7,18	1,19
Diciembre	-14,69	1,41	-24,48	1,43	-27,73	1,47	-45,92	1,57

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2017b).

4.3.6.2. Comparación entre múltiples Modelos de Circulación General

Los modelos de circulación señalados previamente se comparan junto con el conjunto de modelos disponibles en el repositorio CMIP5, para cada uno de los escenarios RCP disponibles, considerando las variaciones de precipitación y temperatura ocurridas entre el intervalo 2030-2060, con respecto al intervalo histórico 1975-2005. En la **Figura 4-10** se puede apreciar que, salvo algunas realizaciones en particular, los GCM de todos los escenarios muestran una disminución de las precipitaciones a niveles anuales, junto con un aumento de las temperaturas medias.

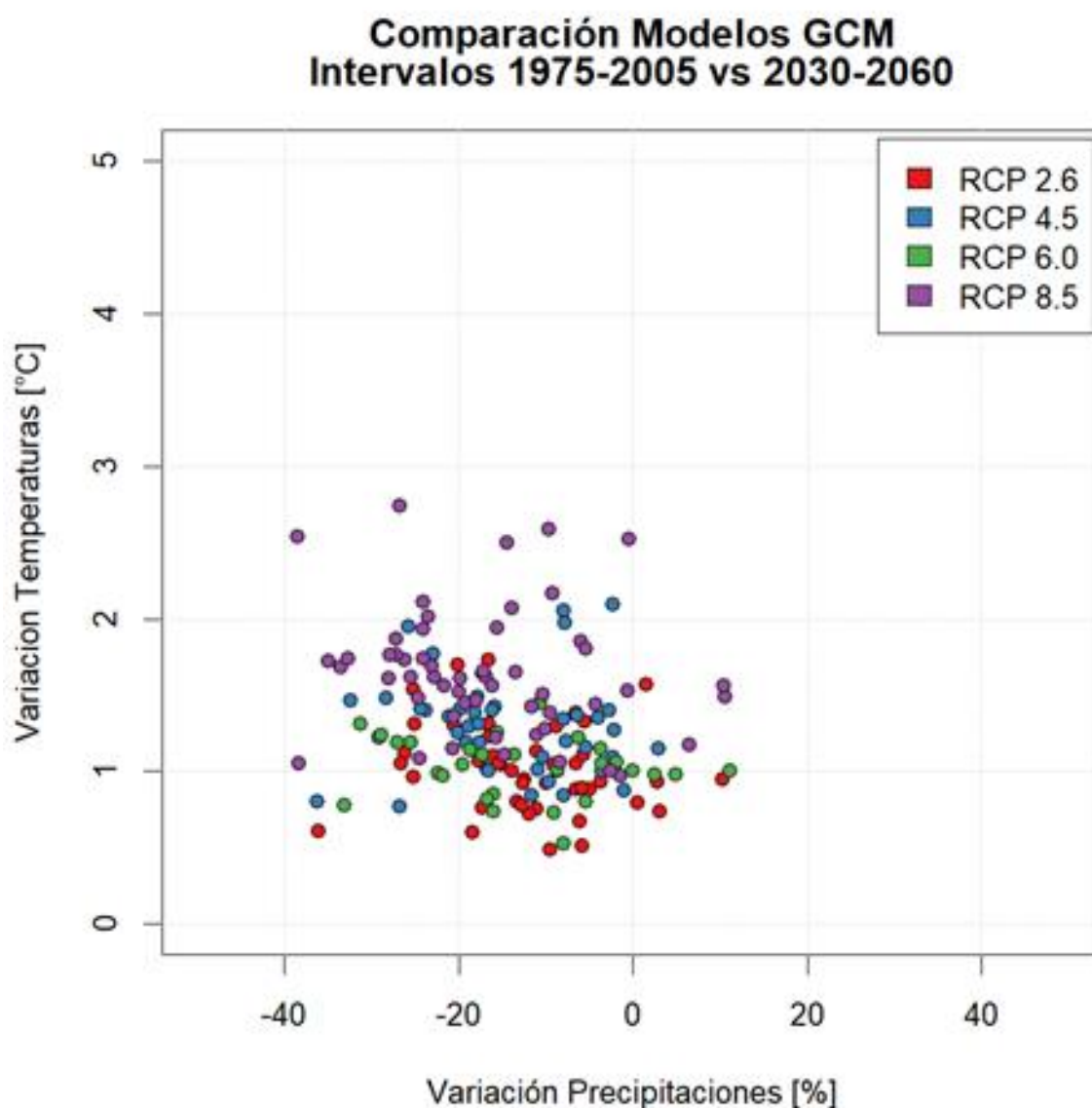


Figura 4-19. Comparación GCM, múltiples realizaciones, cuenca Estero Casablanca.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2017b).

Por otra parte, si se considera sólo el escenario RCP 8.5 en el análisis, se puede observar que el incremento en las temperaturas medias para cada realización es mucho más marcado, como muestra la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Junto con ello, al analizar particularmente los GCM utilizados por la DGA en la actualización del Balance Hídrico (DGA, 2017b), la variación porcentual de precipitaciones entre los intervalos 1975-2005 y 2030-2060 fluctúa entre un 15 a 30 por ciento; por su parte, el aumento de temperaturas medias es del rango entre 1 y 2 [°C].

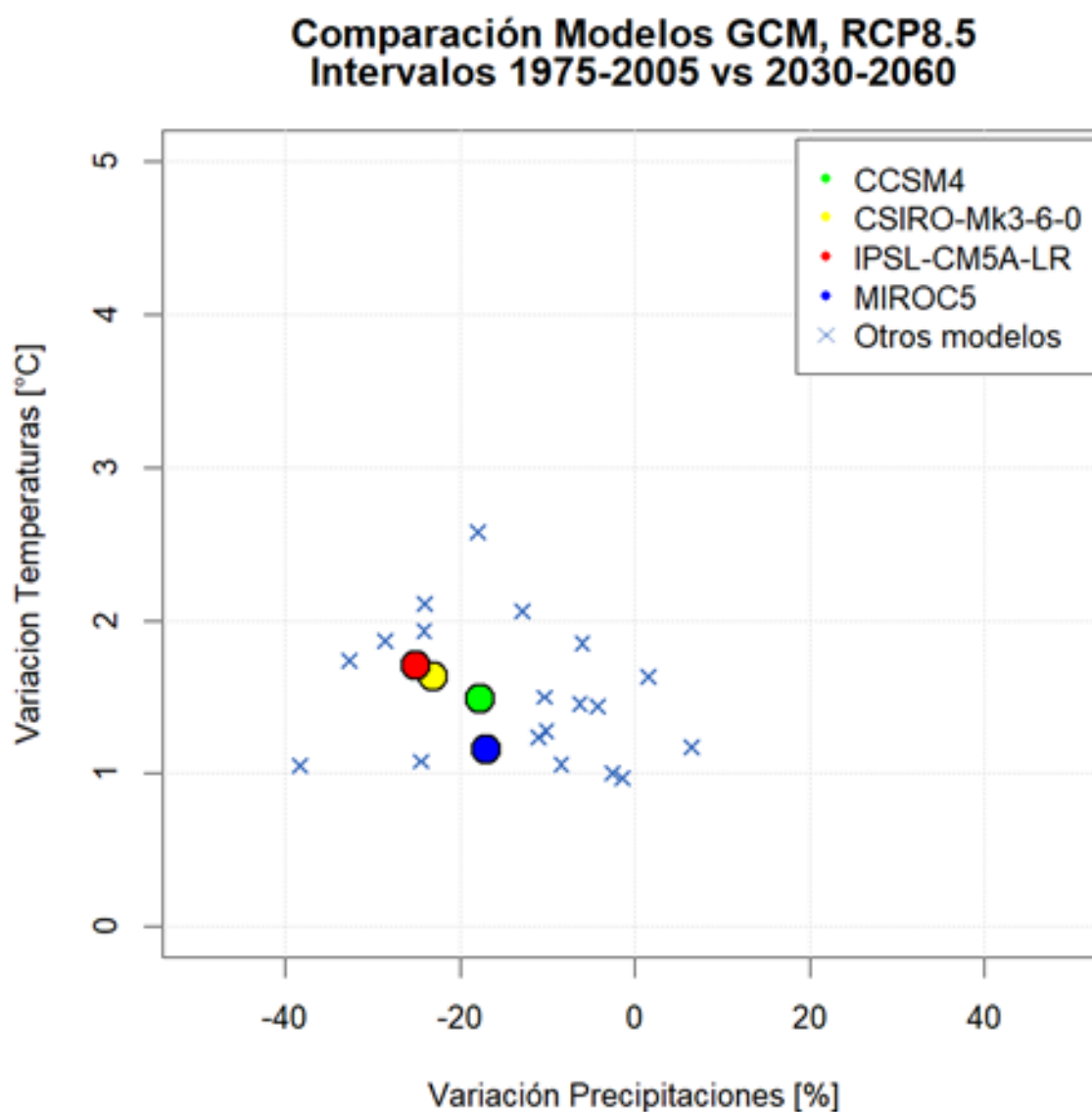


Figura 4-20. Comparación GCM, escenario RCP8.5, múltiples realizaciones, cuenca Estero Casablanca.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2017b).

4.3.6.3. Normalización de variables

De modo de garantizar continuidad en las distribuciones de temperaturas y precipitaciones en las series futuras de los escenarios de cambio climático, con respecto a las series históricas de dichos escenarios, se recurre a la determinación de factores de normalización a escala mensual.

Según la metodología descrita por CR2 (2018), se define la normalización por FACTOR y por SESGO, y su aplicación depende de la variable seleccionada. Las variables a las que se aplica la normalización por FACTOR son: precipitación, radiación, escorrentía, presión atmosférica superficial, humedad específica. Las variables a las que se aplica SESGO son: temperatura, velocidad del viento, presión a nivel del mar, humedad relativa. En el caso de normalización por FACTOR sin modelo de referencia, las unidades cambian a porcentaje, y en los otros casos se mantienen las unidades originales. El detalle de esta metodología se describe en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia..**

En la plataforma existe como modelo de referencia el producto CR2MET, también una simulación de evaluación realizada por el CR2 forzada por ERA-Interim en la plataforma RegCM4@ECMWF-ERAINT. Por último, existe la opción de utilizar como modelo de referencia el promedio de todos los modelos existentes sobre el período 1985-2005. El $prom_p$ de V_{ref} está definido por el promedio de los datos de los modelos de referencia sobre el período 1985-2005.

Tabla 4-7. Normalizaciones que se aplican a los datos seleccionados.

Tipo de Normalización	Con o sin Modelo de referencia	Formula de $V_{normalizada}$
FACTOR: Normalización aplicando un factor a variables cuya distribución está acotada.	Sin modelo referencia	$= \frac{V}{prom_p(V)} \cdot 100$
	Con modelo referencia	$= \frac{V \cdot prom_p(V_{ref})}{prom_p(V)}$
SESGO: Normalización aplicando un sesgo a variables cuya distribución es similar a una curva gaussiana	Sin modelo referencia	$= V - prom_p(V)$
	Con modelo referencia	$= V - prom_p(V) + prom_p(V_{ref})$

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2018).

Tabla 4-8. Factores para la precipitación mensual [%].

Mes	CCSM4	CM5A	CSIRO	MIROC
Enero	129,82	46,29	112,18	81,4
Febrero	65,79	73,76	100,54	151,59
Marzo	101,76	120,55	102,95	62,97
Abril	94,27	76,43	89,39	50,85
Mayo	62,76	85,14	88,45	74,53

Mes	CCSM4	CM5A	CSIRO	MIROC
Junio	87,32	89,28	65,24	93,33
Julio	68,53	57,27	81,4	63,59
Agosto	95,54	80,79	85,14	109,66
Septiembre	96,52	56,08	52,25	75,38
Octubre	78,66	93,91	131,03	101,7
Noviembre	92,99	59,74	46,7	80,19
Diciembre	88,76	69,89	54,67	69,33

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2018).

Tabla 4-9. Factores de sesgo para la temperatura media mensual [°C].

Mes	CCSM4	CM5A	CSIRO	MIROC
Enero	1,42	1,85	1,39	1,37
Febrero	0,99	1,17	1,64	1,38
Marzo	1,02	1,15	1,26	1,85
Abril	1,21	1,21	1,17	1,64
Mayo	1,23	0,78	0,96	1,12
Junio	0,71	0,55	0,96	1,05
Julio	1,23	0,76	0,9	1,15
Agosto	1,23	0,98	0,96	1,02
Septiembre	1,09	1,2	0,92	0,89
Octubre	0,49	1,04	0,86	0,87
Noviembre	1,21	1,38	1,27	1,16
Diciembre	1,17	1,26	1,12	1,66

Fuente: Elaboración propia a partir de CR2 (2018).

4.4. CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD

La presente sección tiene como objetivo describir la metodología de cálculo de los criterios de sustentabilidad (DGA, 2008b). Es importante destacar que cada uno de estos criterios se obtiene según SHAC.

4.4.1. Criterio 1: Descensos sustentables en el tiempo a nivel de sector acuífero

"Los descensos generales en el sector a evaluar deben estar estabilizados para una operación del sistema de 50 años, en caso contrario se considera que los descensos son sostenidos.

Si los descensos son sostenidos se considera que el volumen de afección sobre el acuífero en el largo plazo (50 años) no debe afectar más allá de un 5% del volumen total del acuífero. En caso contrario, el sistema acuífero será considerado con afección y se deberá cerrar el acuífero.

$$\frac{V_0 - V_{50}}{V_0} < 0,05$$

Donde:

V_{50} = Volumen del acuífero a los 50 años de operación indicado por el modelo.

V_0 = corresponde al volumen inicial en el acuífero antes de la operación del modelo."

Interpretación

El criterio trata sobre los descensos sustentables, y en principio se puede suponer que se debe evaluar en base a los registros en los pozos de observación. Sin embargo, para extender la serie de tiempo de estudio, se consideran los niveles simulados por el modelo en cada SHAC, que junto a sus respectivos parámetros hidrogeológicos (*Specific Storage*), se determina el volumen almacenado entre distintos periodos. El objetivo es que el descenso en el tiempo de estudio no sobrepase el 5%.

Propuesta de cálculo

- Metodología 1

Se consideran los primeros 5 años de volumen en cada SHAC para establecer una cantidad base con la cual comparar el descenso al final del periodo, este volumen inicial se denomina pseudo natural. Tomando en cuenta lo anterior, para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$C1 = \frac{V_{pseudo\ nat} - V_{final}}{V_{pseudo\ nat}} < 0,05$$

- Metodología 2

Para entender la estacionariedad y tendencia de las series de volúmenes, se calculan las variaciones de éstas utilizando medias móviles con un paso de 5 años.

$$C1 = \frac{V_{pseudo\ nat} - V_{x.movil.5.años}}{V_{pseudo\ nat}} < 0,05$$

El volumen en pseudo condición natural ($V_{pseudo\ nat}$) se calcula promediando los primeros 5 años de simulación, los cuales buscan representar condiciones más o menos estables o de cuasi- régimen permanente en el comportamiento del acuífero.

La variable a comparar con el volumen inicial, $V_{x_movil_5_años}$, se obtiene a partir de un promedio del volumen almacenado en cada SHAC usando una media móvil de 5 años a partir del primer año que no pertenece a la serie de régimen natural, por lo que se genera una serie de tiempo para la variable que puede ser graficada en función del tiempo.

De esta manera, en el caso de que el SHAC cumpla con el criterio en un periodo reciente, el acuífero se puede monitorear para mantener las condiciones, y en caso de acercarse al umbral del 5% de variación de volumen respecto al último paso de tiempo, se pueden gatillar rápidamente acciones de recuperación.

4.4.2. Criterio 2: Interferencia río acuífero

"Este criterio busca no afectar los recursos superficiales ya comprometidos.

El grado de interacción debe ser menor que 10% de los flujos superficiales pasantes en cada una de las zonas, evaluados como el caudal promedio anual de 85% de probabilidad de excedencia.

La afección sobre el cauce superficial se define como ΔQ , término compuesto por dos variables:

- a) Aumento de infiltración en el sector acuífero debido al aumento de la explotación.*
- b) Disminución de los afloramientos del río.*

$$\Delta Q \leq 10\% Q_{anual, 85\% \text{ probabilidad de excedencia}}$$

Interpretación

La primera variable (a) plantea el caso de que el cono de depresión, producto del bombeo, alcance el cauce, provocando un aumento en la infiltración debido a la succión que éste provoca. Se debe considerar, que esto ocurre en pozos cercanos al cauce y es altamente probable que no ocurra si el cono de depresión no intercepta el río. La segunda variable (b) se relaciona al hecho de que un bombeo podría estar redireccionando el agua que tendía a aflorar, disminuyendo el flujo ascendente al río.

Con este criterio se plantea que la variación de los caudales de afloramiento e infiltración provocados por la interacción río/acuífero, deben ser menores que un 10% de los caudales asociados a un 85% de probabilidad de excedencia.

Los caudales iniciales de infiltración y afloramiento se estiman bajo la misma metodología utilizada en el criterio 1, es decir, promediando los primeros 5 años de flujo.

Propuesta de cálculo

- Metodología 1

Este criterio se aborda analizando los caudales obtenidos a partir de los resultados del modelo acoplado, el cual se somete a un análisis de frecuencia para obtener aquel ajustado a un 85% de probabilidad de excedencia.

Para calcular los cambios en caudales de infiltración y afloramientos, y evaluar el cumplimiento o no del criterio, se usarán los mismos períodos de tiempo calculados en el criterio 1 (primer paso como la media de los 5 primeros años).

Tras obtener todos los flujos que se requieren, se plantean 5 casos:

1. No hay presencia de afloramientos, ni sectores de infiltración en el SHAC → '*Cumple*'
2. Tanto la diferencia de afloramientos como de infiltración es superior al $10\%Q_{P85\%}$ → '*No Cumple*'
3. Sólo la diferencia en afloramientos supera al $10\%Q_{P85\%}$ → '*No Cumple Drain*'
4. Sólo la diferencia en infiltraciones supera al $10\%Q_{P85\%}$ → '*No Cumple Rch*'
5. La suma de las diferencias de afloramiento e infiltraciones en el tiempo supera al $10\%Q_{P85\%}$ → '*No Cumple Suma*'

4.4.3. Criterio 3: Satisfacción de la demanda

"Para cada sector hidrogeológico, el modelo debe permitir una extracción mínima de un 95% de caudal ingresado como demanda y la oferta estará dada por el caudal de los pozos que el modelo indica que son factibles de obtener."

$$Q_{oferta} > 95\% Q_{demanda}$$

Interpretación

El concepto de "Oferta" se considera como aquel "Caudal entregado" o entrega total efectiva frente a la demanda asociada a los DAA permanentes simuladas en el modelo acoplado. Si el caudal entregado es inferior al 95% de los DAA otorgados, el criterio no se cumple.

Propuesta de cálculo

- Metodología 1

Tanto las Demandas totales por SHAC como los caudales efectivamente distribuidos, se obtienen directamente desde los resultados de WEAP, por lo que el cálculo del criterio también puede ser evaluado de manera temporal con la siguiente ecuación:

$$C3 = \frac{Q_{demanda} - Q_{entregados}}{Q_{demanda}}$$

Luego, en WEAP se agrupan las demandas para cada SHAC a nivel anual y se comparan con lo realmente entregado.

4.4.4. Criterio 4: Pozos secos (afectados)

"En cada sector hidrogeológico no debe haber más de un 5% de pozos desconectados o colgados. En caso contrario el sector quedará cerrado.

Esta condición apunta a respetar derechos de terceros sin importar la cantidad que extraiga cada pozo. "

$$\frac{N_{\text{pozos secos}}}{N_{\text{total de pozos}}} < 5\%$$

Interpretación

El único comentario al criterio es que no define un rango temporal para evaluarlo. La posibilidad de que los pozos más someros queden "colgados" puede aumentar en ciertas épocas del año, por lo que falta definir el cálculo temporal del criterio.

Propuesta de cálculo

- Metodología 1

No se cuenta con información de las cotas de los pozos

4.4.5. Criterio 5: Afección a otros sectores

"Verificar que el aumento de extracciones desde un sector no afecte la disponibilidad sustentable de otro sector aguas abajo o aguas arriba.

El cumplimiento de este criterio estará dado porque ninguno de los sectores abiertos en que se aumente la demanda provoque el no cumplimiento de los criterios para los otros sectores abiertos, o para los sectores cerrados."

Interpretación

Se evalúa si la acción en un SHAC influye negativamente en otros SHACs, es decir, si existe condición en la cual un SHAC dificulta o interfiere en el cumplimiento de los criterios de sustentabilidad descritos anteriormente para otro SHAC.

Propuesta de cálculo

- Metodología 1

Se observan los flujos modelados y se relacionan a las diferentes condiciones impuestas, notando las relaciones que existen entre distintas forzantes externas con el comportamiento esperado de la cuenca antes de estos estreses.

4.5. MERCADO DE AGUAS

4.5.1. Diagnóstico del Mercado de Aguas

Para el diagnóstico del Mercado de Aguas en el Estero Casablanca, se considera la información contenida en la base de datos entregada por DGA y que registra las transacciones informadas por CBR de Casablanca, esta base de datos está disponible en la página web de la DGA, <https://snia.mop.gob.cl/ciudadaniacbr/> (DGA, 2021e).

La metodología utilizada se basa en el análisis de la información de las transacciones efectivas de los DAA en el mercado reportado por Conservador de Bienes Raíces de Casablanca con jurisdicción en las comunas de Casablanca, El Quisco, Algarrobo y Curacaví y publicada en la web DGA y accedida por última vez el 01 marzo 2021. Toda la metodología aplicada a esta base de datos se trabajó en el mismo software que se descarga, que es Microsoft Excel.

4.5.2. Depuración de la base de datos

A partir de los mismos registros del Conservador de Bienes Raíces de Casablanca publicada en la web DGA, se estimó el valor de mercado de los DAA, para ello fue necesario primero depurar la base de datos con el objetivo de descartar registros inconsistentes e incompletos que no contengan elementos mínimos para estimar valores de litros por segundo. El procedimiento y criterios de depuración se basan en el procedimiento señalado en el estudio “Análisis de Mercados de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Chile”, SIT N.º 438, diciembre 2018. Los criterios utilizados fueron los siguientes:

- 1) Tipo de transacción sea la Compraventa;
- 2) Los registros tengan información respecto a la naturaleza del agua;
- 3) Tengan información respecto al tipo de ejercicio del derecho;
- 4) Tengan información respecto a caudales promedios;
- 5) Tengan información respecto a montos de transacción total; y
- 6) No tengan asociados a la transacción otros bienes o derechos.

4.5.3. Estimación de precios de DAA

Para la estimación de precios de litros por segundo [L/s] se realiza un análisis para los DAA a partir de los mismos registros del Conservador de Bienes Raíces de Casablanca publicada en la web DGA, con naturaleza subterránea y superficial, con tipo de transacción “Compraventa” y ejercicio del derecho “Permanente y Continuo”. Para ello, se revisa que las inscripciones consideradas para la estimación de precios de mercado de DAA dispusieran de los antecedentes correspondientes para asegurar una estimación fidedigna. Los criterios utilizados para la estimación se muestran a continuación:

- Tipo de transacción: compraventa
- Naturaleza del derecho: subterráneo y superficial, dependiendo del caso
- Tipo de derecho; consuntivo
- Caudal: volumen por unidad de tiempo
- Valor total de la transacción: monto en pesos, dólares o UF.

Luego de estos criterios, se convierten todos los valores de caudales a L/s, al igual que los valores de transacción a UF, con sus respectivas tasas de cambio.

Por último, se identifica y excluyen valores atípicos como registros con precio de transacción \$0, y caudales menores a 0,01 L/s. En el primer caso donde el precio de transacción es \$0, no se puede considerar de transacción dado que el precio asociado a esta es 0, lo cual no

tiene sentido económico. En el caso de caudales menores a 0,01 L/s, son caudales muy pequeños para ser considerados dentro de una transacción, además genera que los precios por caudal sean los máximos, por lo que se supone que sean errores de registro.

Por último, una vez depurada la base de datos, la estimación de los precios de mercado fue realizada usando la media y la mediana.

5. METODOLOGÍA APLICADA EN EL PLAN DE ACCIÓN

A continuación se presenta la metodología de evaluación de iniciativas y la priorización de estas.

5.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE INICIATIVAS

Para el cálculo de aquellos costos que corresponden a años anteriores al de la evaluación, del 2020 hacia atrás, se valoriza el costo en UF de ese mismo año. Lo anterior, para poder considerar esos montos en el presente. Finalmente, el valor de CAPEX y OPEX en UF se valoriza en dólares estadounidenses (USD), utilizando como referencia el promedio de los últimos 12 meses.

$$\text{Promedio de los últimos 12 meses USD} = 750,56$$

$$\text{Valor de la UF 09 - 12 - 2021} = \$30.882,24$$

$$\text{UF to USD} = 41.15 \text{ USD/UF}$$

Los valores tanto de la UF como del dólar se obtienen desde la página del Banco Central de Chile. Todos estos valores se encuentran en la última hoja de la planilla de Excel, llamada "Dolarización de la UF", donde se encuentran los valores de la UF entre los años 2005 y 2020, y los valores del dólar estadounidense en los últimos 12 meses.

Se usa una tasa de descuento de 6%, dado que la Tasa Social de Descuento vigente corresponde a 6% real anual.

Para la evaluación económica de las iniciativas se emplean referencias de programas, estudios y/o proyectos similares y atingentes. Las principales referencias son:

- Estudios básicos y programas que se encuentran en el Banco Integrado de Proyectos, donde se señala: el código ID, el nombre específico, el año, la duración, el monto en pesos chilenos y el monto en UF, según el año que corresponda.
- Mercado Público se utiliza para tener referencias en proyectos específicos o en ítems de costo dentro de proyectos más grandes. De ser necesario, se acompaña con el detalle a ocupar como referencia en la evaluación de la iniciativa. Se señala: el código de la licitación pública, el nombre específico, el año, la duración (en el caso que sea pertinente), el monto en pesos chilenos y el monto en UF, según el año que corresponda. Además, en el caso de ser el costo de un ítem y no del proyecto completo, se agrega el costo unitario por ítem a evaluar.
- Para la compra de bienes como computadoras, escritorios, entre otros, se emplea una cotización en línea de estos, estableciendo rangos de los costos y utilizando el valor medio de ellos.
- Se realizaron cotizaciones en el caso de necesitar servicios externos, como laboratorios para calidad del agua, y/o para tener referencias de costos de mantención u operación, como lo es el caso de la tecnificación del riego.

- Para los sueldos de los profesionales a contratar, se obtienen las remuneraciones desde el portal de transparencia propio de la municipalidad u otra institución pertinente.

En los casos en que la información es limitada se hacen los siguientes supuestos:

Para el caso de los estudios y de los programas, se considera la contratación de un inspector fiscal (Profesional grado 8 MOP) 1/4 del tiempo por 3 meses para generar bases de los estudios y/o programas, licitación y adjudicación. Una vez que comienza el o los estudios/programas, se requiere del inspector fiscal 1/4 de tiempo por lo que duren estos estudios y/o programas. Lo anterior, para el seguimiento del desarrollo de estos estudios y/o programas.

Existen casos donde la gestión del desarrollo de estos estudios y programas está a cargo la oficina de asuntos hídricos, el comité de cuenca u otro organismo que está debidamente señalado dentro de los supuestos.

En aquellos estudios, programas y/o planes que se realizan en una comuna o zona de mayor o menor superficie, se utiliza un orden de magnitud para una evaluación más certera del valor de estos estudios, programas y/o planes.

Además, en caso de obras hidráulicas o infraestructuras se utilizan supuestos referentes a la mantención como un porcentaje de la inversión. Porcentaje que es debidamente señalado en los supuestos de cada acción.

A continuación, se muestra un ejemplo de cómo es la evaluación económica de una acción en la Figura 5-1. Donde se indica una descripción concisa de la acción, luego el beneficio que esta genera, las referencias y supuestos utilizados, y el posible financiamiento de la acción.

Después se genera un flujo de caja considerando cada ítem para llevar a cabo la acción, diferenciándolos entre CAPEX y OPEX. Es importante señalar que los estudios, programas y planes son considerados dentro del OPEX.

La suma del CAPEX y OPEX se presenta en negrita en las filas 16 y 17 generalmente, correspondiendo estos valores al Valor Presente de la acción en su totalidad

Dentro de la misma tabla, se observan los valores referenciales utilizados como la tasa de descuento, el salario del inspector u otro valor necesario para la evaluación económica.

Finalmente, aparece la información de cada referencia en una tabla, indicando su ID, nombre, año, duración y monto en pesos y UF.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														

FO-01	Programa de constitución y fortalecimiento de CASUB												
Acción concreta	Constitución de una CAS y fortalecimiento para otras 3 CAS												
Beneficios	Gestión integrada de cuenca al coordinar y gestionar a los usuarios de agua subterránea entre ellos mismos, y en conjunto con Comité de GIRH y la Oficina de Asuntos Hídricos.												
Referencias y supuestos	Referencia 1: Banco Integrado de Proyectos (2021). Programa: Transferencia para fortalecer la gestión de la CASUB Valle de Azapa. ID 40011976-0. Monto: 5.225,4 UF . Duración 24 meses. Considera la constitución de una CASUB. Referencia 2: Banco Integrado de Proyectos (2019). Programa: Transferencia para fortalecer la gestión de las CASUB Ligua y Petorca. ID 30483941-0. Monto: 8.726 UF . Duración 24 meses. Considera el fortalecimiento de 8 CASUB, por lo tanto el fortalecimiento de una CASUB es de 1.091 UF Supuestos: Se requiere de inspector fiscal (Profesional grado 8 MOP) 1/4 del tiempo por 3 meses para generar bases de los programas, licitación y adjudicación. Una vez que comienzan los programas, se requiere del inspector fiscal 1/4 de tiempo por lo que duren, para el seguimiento de los programas												
Posible fuente de financiamiento	CNR												

ítem	Año											
	TOTAL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inspector técnico: Bases estudio, licitación y seguimiento	UF1,097	UF64.52	UF258.06	UF258.06	UF258.06	UF258.06						
Constitución de una CASUB	UF15,676		UF7,838.05	UF7,838.05								
Fortalecimiento de las CASUB	UF3,272				UF1,636.14	UF1,636.14						
CAPEX (Y.P)	UF0	UF0										
OPEX (Y.P)	UF53,996	UF65	UF7,638	UF7,206	UF1,590	UF1,500						
Número de CASUB	3											
Tasa de descuento	6%											
Profesional Grado 8 EUS	UF86.02											

ID	Nombre	Fuente	Año	Duración (meses)	Monto (pesos)	Monto (UF)	Monto ± CAS (UF)
40011976-0	Programa: Transferencia para fortalecer la gestión de la CASUB Valle de Azap (constitución de 1 CASUB)	BIP	2021	24	\$ 161,371,000	UF5,225.37	UF5,225.37
30483941-0	Programa: Transferencia para fortalecer la gestión de las CASUB la Ligua y Petorca (Fortalecimiento de 8 recientemente constituidas)	BIP	2019	24	\$ 243,059,000	UF8,726.06	UF1,090.76

Figura 5-1. Ejemplo de la evaluación económica propia de una iniciativa.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen capturada desde la planilla Excel de Evaluación Económica.

5.2. PRIORIZACIÓN DE LAS ACCIONES

Las acciones mencionadas en este PEGH son una selección de acciones identificadas a partir del trabajo interdisciplinario de los investigadores del estudio con los actores del territorio, todas importantes para la mejora de la gestión hídrica en las cuencas. Sin embargo, su implementación en el territorio requiere de una hoja de ruta que establezca la prioridad en el tiempo de cada una de ellas.

La priorización de acciones en el territorio en un contexto de escasez hídrica es altamente compleja debido a la necesidad de comparar criterios muy distintos, para los cuáles no siempre se tiene el mismo tipo de información, o en algunos casos el impacto es inconmensurable (Dodgson *et al.* 2000). En la mayoría de los casos el costo económico de

la acción es el criterio utilizado para decidir su implementación. En otros métodos de evaluación utilizados, la imprecisión, la incertidumbre y los aspectos arbitrarios de los datos se agregan en un número o puntaje para cada alternativa, lo que enmascara valoraciones muy negativas generalmente en los aspectos sociales y ambientales (Roy & Vincke 1981; Vincke, 1986). Sin embargo, en un contexto de escasez hídrica y conflictos socioambientales, se hace fundamental la priorización de la sostenibilidad social y ambiental de las propuestas traducida ya sea en la ponderación a los criterios sociales por encima de los económicos, o en la incorporación de la opinión de los principales actores en alguna etapa de selección de las propuestas (Banco Mundial, 2018). Involucrar a los principales afectados en la toma de decisiones puede generar impactos positivos en la sustentabilidad de las decisiones (Dietz & Stern 2008). En este sentido en esta etapa, además del costo, tiempo de implementación e impacto en la brecha, se levantó la opinión de los principales actores en las cuencas sobre cada una de las propuestas (criterio Beneficio percibido desde los actores locales) para ayudar en la distribución de las acciones en el tiempo; en la Figura 5-2 se resume el significado de cada criterio empleado para la priorización de las iniciativas.



Figura 5-2. Criterios considerados para la priorización de las actividades a implementar en el Plan Estratégico.

Fuente: Elaboración propia a partir del consenso de los especialistas.

A continuación, se describen los conceptos empleados en la priorización de propuestas de acciones. En el Anexo K.3 – Priorización, se encuentra la aplicación de dichos conceptos, aplicados a las iniciativas en estudio:

- **Acciones:** Propuesta de estrategias de gestión, infraestructura e información que apuntan a cerrar brechas específicas de las categorías: gobernanza, fortalecimiento de organizaciones, mejora de la eficiencia, búsqueda de nuevas fuentes, sistemas de información, capital humano y medio ambiente.
- **Brecha que aborda:** Descripción de la brecha específica dentro de cada categoría que va a ser abordada por la acción. La brecha no hace referencia exclusiva a la brecha hídrica de la cuenca (diferencia entre oferta y demanda), si no a objetivos específicos dentro de cada categoría.
- **Impacto esperado en la brecha (cuantitativo):** Traduce el impacto de cada acción en una métrica cuantitativa lo más aproximada posible (metros cúbicos, hectáreas, personas, etc.)
- **Criterios de evaluación:**
 - **Impacto en la brecha específica (bajo, medio, alto):** Traducción del impacto cuantitativo de cada acción en su brecha específica, en una escala cualitativa que va de bajo, medio a alto. Si la acción cierra la brecha, el impacto es alto. Si la acción requiere de una o más acciones para cerrar la brecha, el impacto puede ser de medio a bajo (ver contenido fichas en Anexo K – Plan de acción, Anexo K.1 – Listado iniciativas). En el caso de las acciones que cierran la brecha en demanda hídrica, se consideró la siguiente categorización:
 - **Bajo:** si cierra del 0%-30% de la demanda.
 - **Medio:** si cierra 30%-60% de la demanda.
 - **Alto:** si cierra 60%-100% de la demanda.
 - **Beneficio percibido por los actores locales (bajo, medio, alto):** El beneficio de cada acción según la percepción de los actores en el territorio fue levantado a través las diferentes instancias de participación ciudadana.
 - **Costo de implementación y operación:** El costo fue estimado o levantado de bibliografía, para luego ser traducido a una escala de Alto, Medio y Bajo. Donde Alto >999999 UF, Medio 99999 UF y Bajo 9999 UF.
 - **Tiempo de implementación:** información estimada en las fichas en una escala de corto, medio y largo plazo en el cual espera se dé inicio a su implementación, que en algunos casos involucra su operación y vida útil de la acción.
 - **Corto plazo:** a implementarse entre los años 1 y 2 del plan.
 - **Mediano plazo:** a implementarse entre los años 2 a 5 años del plan.
 - **Largo plazo:** a implementarse entre los años 5 a 10 del plan.
- **Prioridad:** La prioridad de la acción se establece de la combinación del Impacto esperado en la brecha, Beneficio percibido por los actores locales, costo de implementación y operación y el tiempo de implementación. La combinación de tres posibles resultados de Prioridad.
 - **ALTA:** se debe implementar lo antes posible.

- **MEDIA:** se puede implementar a mediano plazo.
- **BAJA:** se puede implementar a más largo plazo.

La combinación de escalas en los 4 criterios anteriores se estableció según reglas de criterio experto, donde son más importantes, e igualmente relevantes entre ellas, el impacto en la brecha y la importancia para los actores, seguidas por el costo y el tiempo de implementación. De esta manera si una acción tiene un alto impacto en la brecha y es altamente valorada (beneficio), el tiempo y costo se consideran como irrelevantes. En cambio, si los primeros criterios tienen menor valoración, se evalúa el costo (menor costo mejor) y el tiempo (menor tiempo mejor) en la evaluación general de la acción. De esta manera se incorpora la opinión local sobre el beneficio de las acciones en las cuencas, dando como resultado la Tabla 5-1:

Tabla 5-1. Regla de priorización de las acciones.

Impacto en la brecha específica (ALTO, MEDIO, BAJO)	Beneficio percibido por actores locales (ALTO, MEDIO, BAJO)	Costo de implementación y operación (ALTO, MEDIO, BAJO)	Tiempo de implementación (CORTO, MEDIO, LARGO)	Prioridad
ALTO	ALTO	No se considera	No se considera	ALTA
ALTO	MEDIO	BAJO, MEDIO	No se considera	ALTA
ALTO	MEDIO	ALTO	CORTO, MEDIO	ALTA
ALTO	MEDIO	ALTO	LARGO	MEDIA
ALTO	BAJO	BAJO, MEDIO	No se considera	MEDIA
ALTO	BAJO	ALTO	CORTO, MEDIO	MEDIA
ALTO	BAJO	ALTO	LARGO	BAJA
MEDIO	ALTO	BAJO, MEDIO	No se considera	ALTA
MEDIO	ALTO	ALTO	No se considera	MEDIA
MEDIO	MEDIO	BAJO, MEDIO	No se considera	MEDIA
MEDIO	MEDIO	ALTO	CORTO, MEDIO	MEDIA
MEDIO	MEDIO	ALTO	LARGO	BAJA
MEDIO	BAJO	BAJO, MEDIO	No se considera	MEDIA

Impacto en la brecha específica (ALTO, MEDIO, BAJO)	Beneficio percibido por actores locales (ALTO, MEDIO, BAJO)	Costo de implementación y operación (ALTO, MEDIO, BAJO)	Tiempo de implementación (CORTO, MEDIO, LARGO)	Prioridad
MEDIO	BAJO	ALTO	No se considera	BAJA
BAJO	ALTO	BAJO, MEDIO	No se considera	MEDIA
BAJO	ALTO	ALTO	No se considera	BAJA
BAJO	MEDIO, BAJO	No se considera	No se considera	BAJA

Fuente: Elaboración propia a partir de consenso entre especialistas.

6. PARTICIPACIÓN CIUDADANA

La participación ciudadana, tiene por finalidad el involucramiento activo de las y los ciudadanos en los diversos procesos relacionados con el desarrollo del PEGH. Los procesos participación ciudadana que se llevaron a cabo en el contexto del Planes Estratégicos de Gestión Hídrica en la cuenca Estero Casablanca, tiene por finalidad el informar a las y los ciudadanos sobre el desarrollo, características e importancia del PEGH, destacando el hecho de la importancia que posee la participación de los diversos estamentos de la comunidad en la identificación de problemáticas asociadas al agua, los requerimientos presentes como los desafíos que se presentan en el futuro. Durante el desarrollo de las actividades de participación ciudadana se buscó, empoderar a la comunidad en torno a la importancia del recurso hídrico en la cuenca, también se llevó a cabo un trabajo colaborativo, en donde se identificó sectores con problemas de abastecimiento de agua, los desafíos que enfrentan los diversos usuarios del agua en la cuenca, entre otros.

6.1. METODOLOGÍA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

La Propuesta Técnica del “Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero de Casablanca” busca contar con información que permita la formulación de programas a corto, mediano y largo plazo, para lo cual se requiere obtener información primaria, preferentemente a partir de procesos ciudadanos participativos. Si bien, en una primera instancia éstos se encontraban diseñados para ser trabajados de manera presencial, debido a la problemática de salud pública originada a partir de la pandemia del SARS CoV-19 y las consiguientes restricciones de movimiento y reunión que contemplan las resoluciones sanitarias gubernamentales, es que se proponen las siguientes estrategias de trabajo para las diversas instancias, respondiendo de esta manera a las acciones necesarias para el desarrollo del PEGH de la cuenca Estero Casablanca.

6.1.1. Objetivos específicos de Participación Ciudadana

1. Sistematizar y analizar la información generada en los distintos procesos de participación realizada como parte de la elaboración del PEGH, en cuanto a información generada, compromisos adquiridos, conclusiones generales, etc.
2. Desarrollar actividades de participación a través de enfoque estratégicos y sistemático, garantizando la identificación, caracterización y participación de los actores identificados; promoviendo de este modo la coordinación y orientación de las diversas intervenciones con una visión a multi-escala, para así orientar las decisiones públicas y privadas de los proyectos, programas y planes relacionados directa o indirectamente con el agua en la cuenca
3. Generar nueva información a través de instancias de participación que estén dirigidas a conocer las realidades y percepción de los participantes en materias clave sobre la gestión de recursos hídricos en la cuenca, tales como institucionalidad, gobernanza, problemas ambientales, estado de infraestructura hidráulica, disponibilidad del agua; para así formular escenarios de gestión hídrica estratégicos y contingentes a los contextos locales.

4. Presentar a los actores relevantes la instancia de ser partícipes en los avances y los resultados de la simulación de los escenarios diseñados en el Plan de Cuenca, para involucrarlos y responder a sus resultados de la simulación de los escenarios diseñados en el Plan de Cuenca
5. Validar en conjunto con los actores relevantes, el planteamiento de las estrategias de gestión hídrica identificadas y propuestas del presente Plan de Cuenca
6. Generar instancias para informar, educar y discutir a modo tal que favorezca el intercambio de recursos, tecnologías y conocimiento entre los diferentes participantes.
7. Consolidar resultados del proceso participativo para informarlos a la ciudadanía en general
8. Generar mecanismos de comunicación y coordinación constante y fluido entre la plataforma de actores relevantes y el equipo del proyecto, en dos instancias a) a través de la colaboración más estrecha con un subgrupo técnico interlocutor representante de las instituciones participantes, y un encargado del equipo de proyecto en terreno; y b) mediante el uso de tecnologías de la información de uso masivo con toda la comunidad (página web, creación de grupo de redes sociales (Facebook, YouTube) y en WhatsApp)
9. Generar confianza en los modelos hidrológicos y legitimidad hacia el proceso participativo a través de retroalimentación constante, formación de interlocutores técnico y la transparencia en el proceso de incorporación de la información resultado de los talleres en los componentes técnicos de manera clara y efectiva

6.1.2. Herramientas metodológicas

Para el desarrollo de las diversas instancias de participación ciudadana a lo largo del plan, se trabajó con la metodología cualitativa, la cual permite profundizar en las causas de fenómenos sociales, lo que resulta indispensable a la hora de analizar la relación entre la comunidad y el recurso hídrico. Para el desarrollo del plan la metodología cualitativa permitió conocer las opiniones, perspectivas, visiones, etc. De los diversos actores locales del territorio. Para la recolección de información se utilizó, la entrevista en profundidad, para el desarrollo de las diversas actividades de participación se trabajó con análisis FODA, lluvia de ideas, cartografía participativa y se utilizaron diversas aplicaciones. A continuación, se describe cada una de las herramientas metodológicas utilizadas.

De las entrevistas; se trabajó con la entrevista semiestructurada la cual se caracteriza por presentar un grado mayor de flexibilidad, debido a que parten de preguntas planeadas, que se ajustan a los entrevistados (servicios públicos, gremios, organizaciones sociales y ambientales). Su ventaja es la posibilidad de adaptarse a los sujetos con enormes posibilidades para motivar al interlocutor, aclarar términos, identificar ambigüedades y reducir formalismo.

Las entrevistas se organizan en cuatro etapas, la primera de ellas corresponde a la etapa de preparación, en donde coordinan aspectos organizativos de la misma, como los objetivos, la generación de la convocatoria, quien es el hospedador de la reunión. El contacto con las y los entrevistados, se realiza por medio de un correo electrónico o por llamadas telefónicas, donde hay una presentación por parte de la persona que está invitando (indicando su nombre, apellido y cargo), se contextualiza el motivo de la invitación y se acuerda una fecha y hora de realización de la reunión. Las entrevistas se realizan por plataforma Zoom, Google Meet o WhatsApp, según la sugerencia del entrevistado.

La segunda etapa o etapa de apertura, el hospedador de la reunión tiene abierta la sesión cinco minutos antes que esta inicie, para evitar generar ansiedad en los entrevistados, una vez que el entrevistado(a) ingresa a la reunión, los encargados de PAC proceden a presentarse y agradecer aceptar la invitación a esta instancia, se presentan los objetivos de la entrevista y el tiempo de duración. La entrevista se inicia con la presentación de cada uno de presentes, el equipo ejecutor del proyecto se presenta e indica su nombre y función dentro del proyecto. Seguidamente se realiza una descripción del PEGH, destacando que el mandante del proyecto es la Dirección General de Aguas, que el plan es de carácter indicativo y que durante la entrevista se busca conocer la percepción de los actores en temas relacionados con el agua.

La tercera etapa corresponde al desarrollo de la entrevista, donde se intercambia información, siguiendo la pauta de recolección de información con la flexibilidad necesaria que permitió conocer las necesidades de cada uno de los actores con los cuales se sostuvo la entrevista.

La última etapa corresponde al cierre de la entrevista, en donde se informa al entrevistador que estamos llegando al final de la entrevista, se da tiempo de que el entrevistado profundice o exprese algunas ideas que no ha mencionado. Se termina con una síntesis de la reunión y de los acuerdos relacionados con el envío de información, si las partes así lo han acordado. Finalmente se agradece al entrevistado por el tiempo y la participación, tal como se resumen en la Figura 6-1.

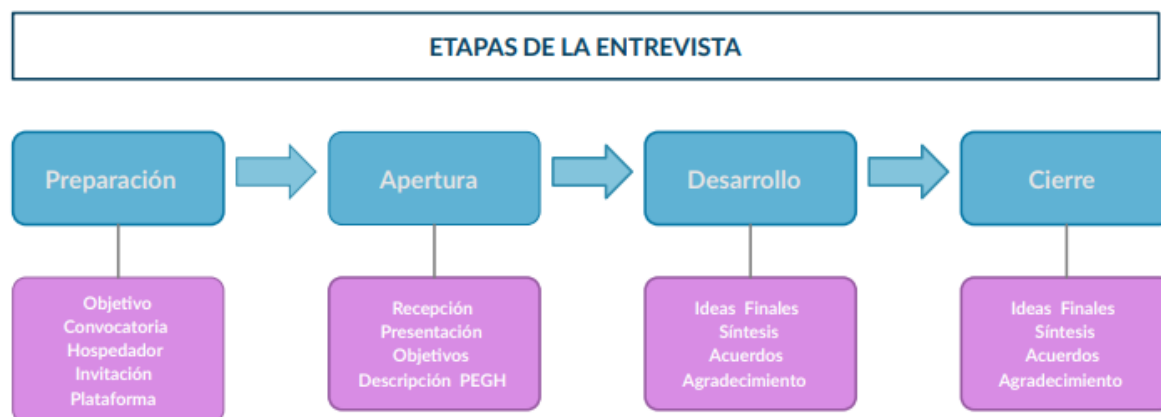


Figura 6-1. Etapas de las entrevistas a los actores relevantes de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2020).

Para el desarrollo de las entrevistas se contó con una pauta de recolección de información (ver Tabla 6-1), organizada en cinco partes; caracterización de la institución/organización, uso del agua de la institución/organización, Infraestructura hídrica, percepción de la gestión hídrica en la cuenca, perspectiva y memoria. Caracterización de la institución/organización, busca identificar el cargo o función al interior de la institución u organización del entrevistado(a), el conocer la ubicación de la sede donde se reúnen los miembros de la organización, así como el año de fundación, de sus asociados (rango etario, sexo), de los requisitos de ingreso a la institución u organización. En cuanto al uso del agua que dan o privilegian los entrevistados(as), pudiendo ser esta de consumo humana, productiva o ambas, se ve el tema de los derechos de agua y la vigencia de estos, de la disposición de agua y si cuentan con fuente auxiliar de agua. En lo que respecta al consumo de agua para riego, se preguntó acerca del tipo de riego, los tiempos de riego, la dotación, volumen de riego y superficie regada. En lo que respecta a la infraestructura hídrica, se preguntó si cuentan con algún tipo de infraestructura, sobre el estado y característica de esta, del número de personas que se benefician de la infraestructura, de los umbrales y de la calidad del agua. Se consultó a los entrevistados (as), acerca de su percepción de la gestión, se les pide que comente como visualizan a futuro la cuenca, se busca conocer las expectativas que ellos sobre la gestión hídrica en la cuenca, se les pide que comenten acerca de la forma en que debiese llevarse a cabo la gestión hídrica en el cuenca, cuáles son los problemas que ellos observan en cuanto a la calidad y cantidad de agua disponible, así como de los problemas que pueden observar con alguna institución o grupo de personas en específico, con respecto a la gestión del agua. En lo que corresponde a perspectiva y memoria histórica, se busca que los y las entrevistados recuerden acerca de los últimos años que consideran había una precipitación abundante y cuando comenzó los periodos de sequía y como asocian eso con los cambios en el paisaje asociados a cultivos, urbanización y vegetación.

Tabla 6-1. Pauta de recolección de información en las entrevistas.

Pauta de Recolección de Información Durante las Entrevistas	
Caracterización de la Institución u Organización	Nombre y cargo de los y las entrevistados.
	Nombre de contacto, número telefónico y/o correo electrónico.
	¿Cuentan con Sede? [Propia o cedida]. Dirección de sede
	Año de fundación de la Institución/Organización
	Nombre de los integrantes del directorio y duración de su cargo
	Número de asociados(as)
	Número de personas que buscan incorporarse a la Institución (pregunta orientada a Servicios Sanitarios Rurales y Organismos de Usuarios del Agua.)
	Requisitos de ingreso a la organización (pregunta orientada a Servicios Sanitarios Rurales y Organismos de Usuarios del Agua.)
	Rango etario de los miembros de la organización/ Institucional

Pauta de Recolección de Información Durante las Entrevistas	
	Distribución por sexo de los integrantes de la institución (aproximado)
Uso del Agua Humano/ Productivo	¿En qué usos del agua prioriza? Uso Doméstico/Productivo (Detallar actividad)
	Tipo de Organización de Usuarios de Agua (APR MOP, No-MOP u otra).
	¿Cuentan con Derechos de agua? En el caso de contar con derechos de agua: número de derechos, vigencia, forma en la fueron adquiridas, etc.
	En el caso de los Servicios Sanitarios Rurales ¿Cuánto pagan por m3? (Disposición)
	Tipo de riego: Rulo (sin riego), superficial (surco), tecnificado (aspersión, microaspersión, goteo, pivote central, subterráneo).
	En el caso de riego; Tiempo de riego, Volumen de riego (Dotación por hectáreas), superficie de riego
	¿Reciben agua de alguna fuente auxiliar? ¿Cuánta y a través de qué medios? (Compra o subsidio mediante camiones aljibe)
Infraestructura	¿Con qué infraestructura cuentan?
	Calidad de la infraestructura (pozos, canales, estanques, riego, otros)
	¿De dónde extrae el agua? Aguas Subterránea (noria, pozo), Superficial: (estanque, embalse, canal, otro)
	¿Realiza mediciones de calidad de Agua? ¿Qué miden y cada cuánto?
	Características de la infraestructura: Profundidad de los pozos, superficie de canales, volumen de estanques, caudalímetros (u otro)
	Número de personas que se benefician de la infraestructura.
	¿Cuánta agua obtienen de la infraestructura? Umbrales: Aceptable, Moderado, Inaceptable, Punto Crítico.
Gestión Hídrica en la Cuenca	Desde el punto de vista hídrico, ¿Cómo visualiza el futuro de la cuenca?
	¿Qué objetivo debe tener para usted la gestión del agua en Casablanca? (Expectativas)
	¿Cómo debería enfrentarse el manejo hídrico de la cuenca?
	¿Qué otros problemas tienen con relación a la Cantidad como a la calidad de Agua?
	¿Con que actores se vincula o si tienen algún tipo de conflicto con alguna institución o grupo en específico?
Perspectivas y Memoria Histórica	¿El año con mayor precipitación en la zona? ¿el año con menor precipitación en la zona? Precipitaciones (años de sequía y lluvias)
	¿Qué cambios observa en el paisaje? Cambios paisajísticos (cultivos, urbanización, vegetación, otros)

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2020).

El procedimiento analítico utilizado se denomina: “Teoría Empíricamente Fundada”, que se caracteriza por ser una estrategia centrada en construir conceptos, hipótesis y teorías desde los datos obtenidos directamente en el trabajo de campo. Así, la Teoría Fundamentada

facilita una comprensión teórica emergente de las relaciones sociales y los patrones de comportamiento.

Siguiendo a Cuñat (2007), existen dos estrategias fundamentales para lograr la elaboración de proposiciones teóricas que sigan las pretensiones anteriores, estas son:

- El *método comparativo constante*: La elaboración conceptual entremezcla codificación y análisis de los datos, refinando las proposiciones y explorando entre sus interrelaciones para desembocar en una teoría integradora y coherente.
- El *muestreo teórico*: Los casos de estudio se regulan según el proceso de construcción teórica comparativa, es decir, según su capacidad para refinar o expandir los conceptos y proposiciones esbozados. De esta manera, la saturación de los datos es definida de manera –además– teórica.

De este modo, el análisis es de carácter inductivo y creativo, fundándose en la preocupación por generar una explicación pertinente sobre un fenómeno social concreto, se apunta a la elaboración de un conocimiento substantivo y específico. Es decir, la explicación no proviene de marcos teóricos ya elaborados, sino que desde los análisis desplegados de la observación del fenómeno mismo (Cuñat, 2007).

En consecuencia, las entrevistas semi-estructuradas realizadas fueron sistematizadas según el procedimiento conocido como “matriz de datos” (Jansen, 2012), distribuyendo el contenido de los registros según un proceso de codificación reflexivo, relacional y ordenado (Hernández *et al.*, 2014).

Cabe mencionar que la importancia de utilizar distintas técnicas y fuentes radica en la posibilidad de “triangular” la información, permitiendo así profundizar nuestros análisis (Hernández *et al.*, 2014), de esta manera tal como señala la Tabla 6-2 es relevante realizar un análisis con los diferentes actores involucrados en la cuenca Estero Casablanca, es por esto que se diseñó esta tabla para realizar la triangulación para realizar un proceso de codificación reflexivo relacional y coordinado.

Tabla 6-2. Tabla de análisis de entrevistas con actores.

Sector	Usuarios de Agua	Gremios	Sociedad Civil	Servicios Públicos
Tipo de organización				
Usos del agua				
Infraestructura y estado de esta				
Cantidad de personas que se benefician de la infraestructura				
Calidad del Agua				
Derechos de agua inscritos				

Sector	Usuarios de Agua	Gremios	Sociedad Civil	Servicios Públicos
Tipo de riego y superficie				
Disponibilidad hídrica				
Brechas de la gestión hídrica				
Objetivos de la gestión hídrica				
Propuestas de la Gestión hídrica				

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2020).

Análisis Matriz FODA; el análisis FODA, es una herramienta de planeación y toma de decisiones que ayuda a entender los factores internos y externos de la gestión hídrica en la cuenca Estero Casablanca. El análisis FODA, se utiliza para evaluar de manera visual y concreta, en torno a la gestión del agua en la cuenca y tener un panorama de las consecuencias, que podrían tenerse al elegir una decisión (Figura 6-2. Ejemplo de Matriz FODA utilizada en la Primera Reunión Sectorial).

La construcción de la matriz FODA, requiere del análisis de cuatro dimensiones relacionado con la gestión del agua en la cuenca Estero Casablanca. Estas dimensiones son; Fortalezas o factores positivos que son propios (internos) de la cuenca, Oportunidades, corresponde a factores positivos para la cuenca que provienen de su contexto (externos), Debilidades factores negativos que son propios de la cuenca (internos) y Amenazas factores negativos para la cuenca que provienen de su contexto (externo). El proceso de recolección de información que permitirá la construcción de una matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) de la gestión del agua en la cuenca Estero Casablanca, permitirá conocer las potencialidades y debilidades que presenta la gestión del agua a nivel de cuenca. La construcción del FODA tiene en consideración la perspectiva de institucionalidad y gobernanza.



Figura 6-2. Ejemplo de Matriz FODA utilizada en la Primera Reunión Sectorial.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2020).

Mapa de Actores; el mapa de actores es una herramienta gráfica (Figura 6-3) que refleja las conexiones entre los distintos actores involucrados en el proceso de gestión hídrica en la cuenca. Esta herramienta permite identificar a las y los actores (personas, organizaciones o instituciones) implicados en los procesos de gestión en la cuenca Estero Casablanca y luego establecer relaciones entre ellos, lo que facilita tener una imagen clara respecto de su nivel de influencia y de participación en los procesos de gestión del agua.

El mapa de actores se construye a partir de información recolectada en las entrevistas con los diversos actores presentes en el territorio y de la primera reunión sectorial. La construcción del mapa se realiza a partir de preguntas generales que buscan conocer a percepción que poseen ellos de sí mismos como de otras organizaciones o instituciones en relación con el grado de influencia e interés que poseen la gestión del agua en la cuenca. Una vez identificados los grados de interés e influencia, se construye el mapa de actores, para identificar a cada actor en el mapa se construye una leyenda que permitirá identificar con facilidad a los actores en el cuadrante que cada actor se identifica.

Grado de Influencia e Interés de los Actores en la Gestión del Agua en la Cuenca

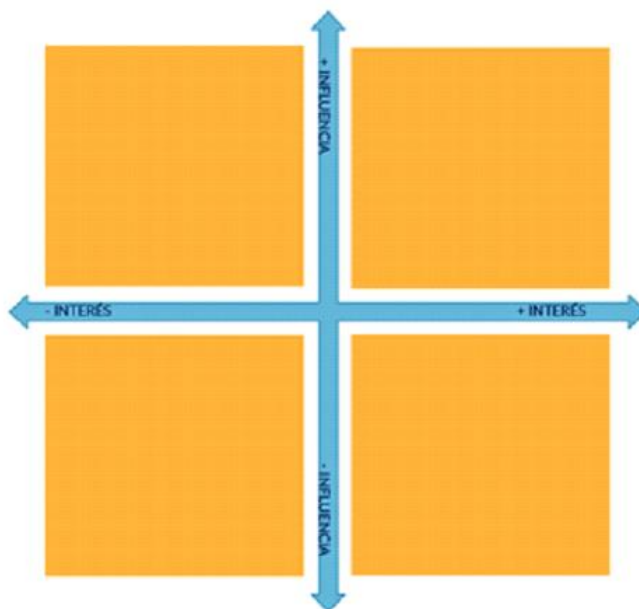


Figura 6-3. Ejemplo de mapa de actores.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2020).

Lluvia de Ideas (*brainstorming* ó tormenta de ideas); la lluvia de ideas es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado, en un trabajo que se lleva a cabo en una asamblea, o con un grupo reducido de personas directamente involucradas en las problemáticas y desafíos que implica la gestión del agua en la cuenca. En la lluvia de ideas se busca recolectar todas las ideas y percepciones de los participantes en torno al Plan Estratégico de gestión Hídrica en el Cuenca del Estero Casablanca. En lo que corresponde al tiempo de desarrollo, esta técnica se desarrolla de manera muy rápida.

En lo que respecta a la forma de trabajo, primero se hace una introducción a la dinámica con una pregunta abierta sobre la temática de la gestión hídrica en la cuenca Estero Casablanca, la pregunta se escribe en la aplicación jamboard, que estamos utilizando. Los participantes visualizarán todas las ideas expresadas en la aplicación, pudiendo también compartir ideas también escrita en el chat como expresarlas de manera abierta en el taller.

Cartografía Participativa; la cartografía participativa es un proceso de levantamiento de mapas que trata de hacer visible la asociación entre la tierra y las comunidades locales empleando el lenguaje, comprendido y reconocido comúnmente, de la cartografía. Como cualquier tipo de mapa, los mapas participativos presentan información espacial a distintas

escalas. Pueden representar información detallada del trazado y la infraestructura de una ciudad o poblados, así como también, los ríos, las carreteras y los caminos, entre otros. También se pueden usar para representar una zona amplia, por ejemplo, toda la superficie de las zonas que utiliza tradicionalmente una comunidad, incluyendo información sobre la distribución de los recursos naturales y los límites territoriales. Los mapas participativos no se limitan a exponer sin más información sobre las características distintivas geográficas; también pueden ilustrar importantes conocimientos sociales, culturales e históricos, incluyendo, por ejemplo, información sobre el uso y ocupación de la tierra, demografía, etc.

Aplicaciones, en el desarrollo de las reuniones como de los talleres se utilizaron aplicaciones, las que entenderemos como un programa informático diseñado como una herramienta para realizar operaciones o funciones específicas. Las utilizadas a lo largo del plan son jamboard, mentimeter y zoom, cada una de las cuales detallamos a continuación.

1. Jamboard: Es una pizarra digital que te permite colaborar en tiempo real, lo que permite es trabajar de manera simultánea con los participantes y donde cada uno de ellos puede intervenir de forma colaborativa en la pizarra. La aplicación permite; escribir y dibujar con el lápiz óptico que se incluye con la pizarra, buscar en Google e insertar imágenes o páginas web, arrastrar y cambiar el tamaño del texto.

2. Mentimeter: Es una aplicación web para interactuar y hacer participar a una audiencia. Los participantes tienen la posibilidad de conectarse mediante los teléfonos móviles, tablets o pc's.

3. Zoom: Es un servicio de videoconferencia basado en la nube que puede usar para reunirse virtualmente con otras personas, ya sea por video o solo audio o ambos, todo mientras realiza chats en vivo, y le permite grabar esas sesiones para verlas posteriormente.

6.1.2.1. Plan de trabajo PAC

El plan de trabajo de participación ciudadana considero, cuatro etapas, la primera correspondió a la recopilación de antecedentes, que le permitió analizar la información generada en las distintas iniciativas y pro diferentes organismos público privado de relevancia para el desarrollo del plan estratégico. La segunda es el proceso de identificación de actores claves, que participaron de las plataformas estratégicas multisectoriales de cuenca Estero Casablanca. La tercera etapa corresponde a las reuniones con instituciones gremiales, organismos usuarios del agua, servicios sanitarios rurales, organizaciones sociales, etc. La última, se caracteriza por el desarrollo de talleres de diagnóstico, taller de estrategias y el taller final de resultados.

6.1.2.2. Recopilación de antecedentes

El proceso de recopilación de información se llevó a cabo a través de dos instancias, que se han llevado a cabo de forma paralela entre ellas, la primera es a través de entrevistas semiestructuradas con dirigentes de servicios sanitarios rurales, representantes y dirigentes de gremios y de organizaciones sociales presentes en la cuenca y con encargados de diversas reparticiones públicas. La segunda corresponde a las reuniones sectoriales y los talleres diagnósticos, de estrategias y el de Alianzas y resultados.

6.1.2.3. Definición de escalas de análisis.

La propuesta de intervención establece una escala de análisis sectorial-regional que se llevó a cabo con entrevistas con representantes de Instituciones del Estado, Organizaciones Sociales y Asociaciones Gremiales en una etapa de trabajo diagnóstico participativo, una escala de análisis de cuenca que se implementará con talleres grupales a una escala de análisis de territorial integrada cuando se presentaron los análisis finales compartidos.

Además, la estrategia de participación ciudadana estableció la conformación de dos grupos de trabajo: 1) Grupo Ampliado de Plataformas Estratégicas Multi-Sectorial, formado por representantes de organizaciones públicas, privadas y sociales con injerencia en la gestión hídrica en las cuencas, y 2) Subgrupo Técnico, formado por miembros del grupo ampliado con rol técnico dentro de sus organizaciones e instituciones que permitieron apoyar más directamente el diseño del modelo hidrológico y servir de interlocutores con el grupo ampliado. Esta estrategia de coproducción de conocimiento en distintas fases permitió generar sinergias y confianza en el proceso.

Adicionalmente, el equipo del estudio contó con mecanismos de comunicación fluida, lo que otorga la posibilidad de generar instancias más informales para responder a dudas y consultas que surgieron en los distintos grupos de interés.

Como se ha explicado anteriormente, que en la cuenca se conformó una Plataforma Estratégica Multi-Sectorial, que fue la base del trabajo colaborativo con las organizaciones. El propósito de la metodología colaborativa que se implementó fue primordialmente el de Informar de los avances del estudio y Consultar con los actores locales sobre información relevante para afinar el diagnóstico, propuestas técnicas y el modelo hidrológico. Además, en base al Espectro de la Participación Pública del IAP2 (*International Association for Public Participation*), en la metodología se avanzó hacia el nivel de Involucrar a los participantes, al no solo incorporar inquietudes y aspiraciones públicas en las estrategias, sino también en el diseño de algunas de las acciones que fue posible incluir en el Plan de Acción, además de retroalimentar a los participantes de cómo su información fue tomada y considerada por el equipo técnico (comunicación bidireccional). Aunque este no es el objetivo de la participación ciudadana establecidas en las bases, creemos que un mayor grado de involucramiento de los participantes en la producción de información permitió garantizar la comprensión y aceptación del modelo para así generar las estrategias para la cuenca.

6.1.2.4. Reuniones de presentación en la cuenca

Se realizan cuatro reuniones sectoriales, las que se llevan a cabo con; servicios públicos, agrupaciones gremiales/productivas, organizaciones sociales, organizaciones de usuarios del agua y servicios sanitarios rurales. Estas reuniones se realizarán para presentar el equipo, el proyecto y hacer una rápida radiografía de la situación desde la perspectiva de estos cuatro grupos, previo a las reuniones grupales de mayor convocatoria. Se utilizó la metodología FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para un rápido escaneo de las limitaciones de cada actor en gestión del agua que pudiese comprometer los Planes de Acción. En esta reunión se realizó una breve actividad para levantar información para el Análisis de Redes Sociales y saber con quienes conectan, coordinan y/o antagonizan estas instituciones. Las reuniones sectoriales se organizaron de manera conjunta con la DGA regional de manera de congregarse la mayor parte de las organizaciones.

En las reuniones se explica el alcance de la modelación hidrológica e hidrogeológica a través de los modelos existentes hasta la fecha, donde se presentaron resultados preliminares y posibilidades de implementar acciones de gestión. Se deja invitados a todos los participantes a seguir involucrados en el proceso y para que participen de las instancias de capacitación en los llamados Sub-grupos técnicos.

De estas cuatro reuniones con; servicios públicos, agrupaciones gremiales/productivas, organizaciones sociales, organizaciones de usuarios del agua y servicios sanitarios rurales, productivos e instituciones se quiere obtener un levantamiento rápido de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas respecto a cómo cada sector ve su intervención en la cuenca, además de cómo se vinculan con otras organizaciones en la cuenca y fuera de ella. Esta información se utilizará para retroalimentar el diagnóstico, las carteras de acción y las propuestas del Plan Estratégico de carácter indicativo. Se buscó sentar las bases del alcance del modelo hidrológico y el objetivo de un Plan Estratégico de cuenca para no generar expectativas distintas.

6.1.2.5. Planificación de la Reunión Inicial Sectorial

La planificación de la reunión sectorial se construyó a partir de los requerimientos establecidos en las bases y se orienta a introducir a la comunidad en el proceso de construcción del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca Estero Casablanca. Para cada una de las reuniones sectoriales desarrolladas (servicios públicos, agrupaciones gremiales/productivas, organizaciones sociales, organizaciones de usuarios del agua y servicios sanitarios rurales.), se utilizó la misma planificación.

La planificación considera la elaboración de una planificación general de la primera reunión sectorial, la que presenta el objetivo general de la reunión, seguido de la identificación de los actores o público objetivo de la reunión, a continuación se identifican las actividades a desarrollar que para el caso de la primera reunión sectorial son tres, luego se presentan los resultados esperados de la reunión, el número total de reuniones y los actores invitados a cada una de ellas, se presentan los recursos a utilizar durante el desarrollo de las actividades y el tiempo total estimado de duración de la reunión (Tabla 6-3).

Tabla 6-3. Planificación de las reuniones sectoriales.

Planificación de reuniones sectoriales	
Objetivo de las reuniones	a) Dar a conocer a la comunidad el inicio del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca Estero Casablanca. b) Identificar la perspectiva de; los servicios públicos, agrupaciones gremiales/productivas, sociales, organizaciones usuarias del agua y servicios sanitarios rurales, sobre la gestión del agua en la cuenca Estero Casablanca. c) Analizar el estado actual de los recursos hídricos, el mercado del agua, usos del agua, institucionalidad y gobernanza del agua, en la cuenca Estero Casablanca.
Público objetivo	Representantes de organizaciones públicas y privada con injerencia en la cuenca: a) Servicios públicos, profesionales de servicios públicos, autoridades regionales y provinciales. b) Agrupaciones gremiales /productivas/sociales c) Organizaciones de usuarios del agua presentes en la cuenca d) Asociaciones Gremiales o Instituciones Privadas vinculadas a la gestión de la cuenca. e) Servicios sanitarios rurales
Actividades	Actividad 1: ¿Qué es un Plan Estratégico de Gestión Hídrica Actividad 2: Construcción de la Matriz FODA de la Gestión del Agua Actividad 3: Mapa de Actores
Resultado(s) esperado	Análisis Foda de la gestión de la cuenca del río Bueno Mapa Inicial de Actores y sus interrelaciones (influencia e interés)
Número de reuniones	Un total de cuatro reuniones sectoriales: (1) Servicios Públicos (1) Asociaciones Gremiales (1) Organizaciones de la Sociedad Civil (1) Organizaciones Usuarias del Agua y Servicios Sanitarios Rurales
Recursos utilizados	Aplicación Mentimeter Programa Powers Point Conexión plataforma Zoom
Tiempo	90 minutos

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA, 2020.

Como ha sido señalado, construir una Matriz FODA significa analizar los factores positivos y negativos, internos y externos, del sistema en cuestión. De este modo, se caracterizan cuatro dimensiones: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenaza.

El trabajo realizado durante estas sesiones ha sido triangulado con las reuniones y cuestionarios recopilados de manera progresiva durante este estudio, de manera de complementar y profundizar en la comprensión de los elementos considerados. A

continuación, una fase crucial del análisis FODA corresponde a la ponderación de la influencia relativa de cada uno de estos.

A la postre, la importancia de la matriz FODA radica en que permite elaborar, de manera sencilla y ágil, una caracterización estratégica de un sistema determinado. En consecuencia, este paso constituye la base para la formulación de planes de acción (Ponce, 2007).

6.1.2.6. Capacitación con sub-grupo técnico

Se realizaron reuniones de capacitación con miembros del Sub-grupo Técnico (Tabla 6-4), conformado por encargados técnicos de distintas organizaciones públicas y privadas sobre el uso de las herramientas de modelación, con énfasis en su uso y entendimiento de los resultados entregados. A lo largo de estas sesiones se recogieron sus inquietudes y requerimientos de información, para afinar el diseño del sistema dentro del alcance técnico de la herramienta. Esto permitió alinear expectativas y clarificar la información que se maneja.

Tabla 6-4. Planificación de reuniones de capacitación de subgrupo técnico.

Planificación reuniones subgrupo técnico	
Objetivo de las reuniones capacitación	Dar a conocer a la comunidad el uso de las herramientas de modelación, con énfasis en su uso y entendimiento de los resultados entregados en el Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la cuenca Estero Casablanca.
Público Objetivo	Representantes de organizaciones públicas y privada con injerencia en la cuenca: a) Servicios públicos, profesionales de servicios públicos, autoridades regionales y provinciales. b) Agrupaciones gremiales /productivas/sociales c) Organizaciones de usuarios del agua presentes en la cuenca d) Asociaciones Gremiales o Instituciones Privadas vinculadas a la gestión de la cuenca. e) Servicios sanitarios rurales
Contenido Taller Capacitación 1	a) ¿Qué es el ciclo del agua? b) ¿Qué es y cómo se pone en práctica la modelación hidrológica? c) Elementos para una toma de decisiones.
Contenido Taller Capacitación 2	a) Conceptualización de la modelación hidrológica en Weap. b) Uso del modelo en la cuenca Estero Casablanca. c) Resultados. d) Escenarios futuros con análisis climático, futuras obras, etc.

Planificación reuniones subgrupo técnico	
Resultados esperados	Se busca, empoderar a la comunidad a partir de proceso de formación asociados a las problemáticas de modelación e internalizado en el diseño y usos de herramientas de modelación. Un grupo técnico informado de los avances y alcances de los modelos hidrológicos Un grupo interlocutor con bases técnicas, en torno al PEGH
Número de reuniones	Se llevaron a cabo dos reuniones.
Recursos utilizados	Conexión plataforma zoom. Programa power point.
Tiempo	Cada capacitación, se planifico para 90 minutos cada una.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA, 2020.

6.1.2.7. Taller Diagnóstico

Se realizaron dos talleres, uno en Casablanca y otro en Quintay, con el objetivo de establecer un diagnóstico general de: 1) principales problemas y desafíos en la gestión del agua, y 2) visiones de futuro de la cuenca. Dichas sesiones utilizaron las técnicas participativas de lluvia de ideas guiadas (para la etapa de problemas), y una actividad de identificación y priorización de acciones para la gestión de cuenca exitosa (Tabla 6-5).

Además, en este primer taller ampliado se realizó un trabajo de identificación de brechas de información para retroalimentar el diagnóstico y las estrategias en cuanto a: 1) necesidad en infraestructura/inversión, 2) necesidades de información y 3) normativa/gestión.

Para este taller se utilizaron técnicas de Mapeo Participativo (sobre mapas digitales) para que cada actor individualmente y en grupo establezca en la cuenca los lugares donde hay problemas de inversión, información o de gestión según su sector/organización. Cabe remarcar que las cartografías participativas corresponden a una técnica que permite la democratización de la construcción del conocimiento comunitario que permite visibilizar lugares y problemas sociales que requieren ser analizados colectivamente (Soliz & Maldonado, 2012).

Por otro lado, ella es valorada pues permite el diálogo de saberes de origen distinto, en un espacio de respecto y construcción participativa. En particular, esta técnica permite su articulación con distintos Sistemas de Información Geográficos (Rojas, 2016), por lo que resulta adecuada para nuestros objetivos.

Durante cada taller se trabajó con el software Google Jamboard, identificando y especializando las brechas identificadas en las actividades anteriores. Esto nos permitió triangular la información obtenida a lo largo de las entrevistas individuales y complementar el trabajo levantado desde las áreas de modelación hidrológica y medioambiente.

Tabla 6-5. Planificación taller diagnóstico.

Planificación taller diagnóstico	
Objetivo del taller	Reportar a la comunidad avances a la fecha del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca Estero Casablanca. Generar un diagnóstico de los principales problemas y desafíos del agua desde la perspectiva de las agrupaciones gremiales/productivas, sociales, organizaciones usuarias del agua y servicios sanitarios rurales en la cuenca Estero Casablanca
Público Objetivo	Representantes de organizaciones públicas y privada con injerencia en la cuenca: a) Servicios públicos, profesionales de servicios públicos, autoridades regionales y provinciales. b) Agrupaciones gremiales /productivas/sociales c) Organizaciones de usuarios del agua presentes en la cuenca d) Asociaciones Gremiales o Instituciones Privadas vinculadas a la gestión de la cuenca. e) Servicios sanitarios rurales
Contenidos	a) ¿Cómo se elabora un Plan Estratégico de Gestión Hídrica? b) Objetivos estratégicos del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca Estero Casablanca c) Expectativas del Plan Estratégico de Gestión Hídrica (PEGH). d) Características de la cuenca Estero Casablanca y sus condiciones históricas. e) Cambio climático y sus efectos sobre la cuenca f) Calidad del agua (superficial y subterránea) y medio Ambiente en la cuenca g) Resultados de la primera reunión sectorial h) Identificación de los principales problemas y desafíos en la gestión del agua en la cuenca Estero Casablanca. i) Localización de problemas relacionados con la gestión hídrica en la cuenca Estero Casablanca.
Resultados esperados	Sentar las bases del alcance de los modelos hidrológicos e hidrogeológicos Recopilar información para retroalimentar el diagnóstico (problemas), posibles acciones (visión futura), brechas de información y brechas de estrategias.
Número del taller	Se llevaron a cabo dos reuniones, en Casablanca y Quintay.
Recursos utilizados	Conexión plataforma Zoom. Programa Power Point. Aplicación Jamboard
Tiempo	Cada reunión, se planifico para 90 minutos cada una.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA, 2020.

6.1.2.8. Taller Estrategias

En el taller de estrategias, llevado a cabo en las localidades de Quintay como de Casablanca, se profundiza sobre las estrategias técnico-normativas para alcanzar las visiones presentadas en el primer taller y los principales desafíos en cuanto a implementación (Tabla 6-6). A este taller se presentaron las primeras listas de posibles estrategias de acción. Para evaluar la lista preliminar de estrategias se utilizó las técnicas de DAFO, como la denominada score (acrónimo en inglés de fortalezas, desafíos, opciones, respuestas y efectividad) que permitió identificar como las estrategias puedan interactuar en el territorio.

Tabla 6-6. Planificación taller estrategias.

Planificación taller estrategias	
Objetivo del taller	<p>Presentar a la comunidad los principales problemas y desafíos en la gestión del agua desde la perspectiva de las agrupaciones gremiales/productivas, sociales, organizaciones usuarias del agua y servicios sanitarios rurales en la cuenca Estero Casablanca.</p> <p>Generar estrategias orientadas a la seguridad hídrica en la cuenca Estero Casablanca.</p>
Público Objetivo de las reuniones técnicas	<p>Representantes de organizaciones públicas y privada con injerencia en la cuenca:</p> <p>a) Servicios públicos, profesionales de servicios públicos, autoridades regionales y provinciales.</p> <p>b) Agrupaciones gremiales /productivas/sociales, vinculadas la gestión del agua.</p> <p>c) Organizaciones de usuarios del agua presentes en la cuenca</p> <p>e) Servicios sanitarios rurales</p>
Contenido	<p>a) ¿Cómo se elabora un Plan Estratégico de Gestión Hídrica?</p> <p>b) Objetivos estratégicos del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca Estero Casablanca</p> <p>c) Expectativas del Plan Estratégico de Gestión Hídrica (PEGH).</p> <p>d) Diagnóstico y estrategias en balance hídrico; antecedentes generales de cuenca, Escenarios de cambio climático, brechas de demanda.</p> <p>e) Diagnóstico y estrategias en medio ambiente y calidad del agua; descripción medio ambiente de la cuenca Estero Casablanca, descripción de calidad del agua, brechas en medio ambiente y calidad del agua.</p> <p>f) Generación de estrategias de forma participativa</p>

Planificación taller estrategias	
Resultados esperados	Obtener las percepciones frente a la factibilidad de algunas de las estrategias y generar estrategias a múltiples escalas que apunten a la sinergia entre los distritos sectores. También se obtendrá un listado priorizado de estrategias de acciones y posibles alianzas para un mejor ajuste al territorio local de las mismas.
Número de reuniones	Se llevaron a dos reuniones, una en Casablanca y en Quintay.
Recursos utilizados	Conexión plataforma Zoom. Programa Power Point. Aplicación Jamboard.
Tiempo	Cada reunión, se planificó para 90 minutos cada una.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA, 2020.

6.1.2.9. Taller Alianzas y Resultados

En el desarrollo de este taller se presentaron los avances del balance hídrico, así como las estrategias y cartera de acciones en evaluación para la cuenca, así como también un listado de posibles carteras de acciones para la cuenca y potenciales alianzas hacia una gestión coordinada (Tabla 6-7).

Tabla 6-7. Tabla de análisis de planificación y resultados.

Planificación taller alianzas y resultados	
Objetivo del taller	Presentar los avances del balance hídrico, así como las estrategias y cartera de acciones en evaluación para la cuenca Estero Casablanca.
Público Objetivo	Representantes de organizaciones públicas y privada con injerencia en la cuenca: a) Servicios públicos, profesionales de servicios públicos, autoridades regionales y provinciales. b) Agrupaciones gremiales /productivas/sociales, vinculadas la gestión del agua. c) Organizaciones de usuarios del agua presentes en la cuenca e) Servicios sanitarios rurales.
Contenido	Se presenta; a) Listado ajustado de Cartera de Acciones para la cuenca Estero Casablanca. b) Se presenta potenciales alianzas hacia una gestión coordinada.

Planificación taller alianzas y resultados	
Resultados esperados	a) Transmitir los resultados del trabajo del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero Casablanca. b) Recoger impresiones e inquietudes respecto al modelo y su funcionamiento. c) Recoger impresiones finales respecto a los desafíos de posibles futuras estrategias de cartera de acciones y toma de decisiones en la cuenca Estero Casablanca.
Número de reuniones	Se realizará un taller, en Casablanca.
Recursos utilizados	Conexión plataforma zoom. Programa power point.
Tiempo	120 minutos

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA, 2020.

6.2. PLAN DE MEDIOS

El plan de medios del Estudio “Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero Casablanca” tiene como objetivos (i) enunciar las principales características del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero Casablanca; (ii) Divulgar las actividades desarrolladas a lo largo del PEGH en la cuenca Estero Casablanca; y (iii) identificar información que permita a la comunidad aumentar su acervo entorno a información relacionada con aspectos físicos, hidrológicos y socioculturales de las cuenca Estero Casablanca.

De este modo, este plan se valdrá de medios de comunicación como prensa como radios locales, redes sociales y página web, para difundir los talleres, reuniones y actividades en general ejecutadas en el marco del estudio. Con este objetivo se valdrá de un lenguaje simple, sin abandonar el contenido técnico, para mantener informada a la población local.

El público objetivo serán los habitantes en general de la cuenca Estero Casablanca y aquellas personas que se encuentren interesadas en saber un poco más acerca de los componentes de las cuencas, como en los PEGH.

En consecuencia, el presente Plan de Medios se organiza siguiendo los siguientes objetivos:

1. Objetivo general del plan de medios: Producir una estrategia de comunicación bidireccional con los actores identificados que permita la entrega y recolección de información sobre el Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero Casablanca.
2. Objetivos específicos: a) Enunciar las principales características del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero Casablanca, b) divulgar las actividades desarrolladas a lo largo del PEGH en la cuenca Estero Casablanca, c) identificar información que permita a la comunidad conocer elementos físicos, hidrológicos y socioculturales de una cuenca Estero Casablanca.

6.2.1. Diagnóstico de medios de comunicación en la cuenca.

A continuación, se desarrolla un diagnóstico de medios de comunicación presentes en la cuenca, en el que se define conceptualmente la radio, prensa, con el fin de conocer la ubicación geográfica, permitiendo determinar canales de difusión e información (de noticias, reuniones, etc.) de las diversas actividades que se desarrollan en la cuenca en torno al Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero Casablanca.

En el diagnóstico se menciona en primer lugar la radio, que consiste en un medio que permite la comunicación social, en la cual interactúan el receptor y el emisor, en el que encuentra un espacio, la cultura, entretenimiento, información y educación (Ciespal, 1980). En segundo lugar, se menciona la prensa que existe en la cuenca (de tipo impresa o digital), y que consiste en una serie de información escrita que puede dar origen a un periódico, diario o revista o notas de prensa digital (Ecu Red, 2021).

Se desarrolla un ítem de brecha digital que tiene por objetivo definir el uso de las tecnologías de la información y comunicación (Tics), y entregar datos del uso de internet por parte de la población de la cuenca, ya que es importante para divulgar información e involucrar a la ciudadanía en actividades de participación ciudadana del plan (vía telemática).

La radiodifusión sonora es un servicio de telecomunicaciones, cuyas transmisiones están destinadas a la recepción libre y directa por el público en general, y está compuesta por cuatro tipos de estaciones: amplitud modulada (AM), frecuencia modulada (FM), onda corta (OC) y un servicio especial denominado servicios de radiodifusión de comunitaria y ciudadana (RCC).

Las concesiones del servicio de radiodifusión sonora sean en frecuencia modulada, amplitud modulada, onda corta o comunitaria ciudadana se otorgan por concurso público.

A nivel nacional existen 2511 de radioemisora, de las cuales un 9% se encuentran en la región de Valparaíso. De acuerdo a registros del Servicios de Telecomunicaciones a junio del 2021 la cuenca Estero Casablanca, existen 10 concesiones de radios para funcionar, de las cuales solo una es RCC, concesionada a Agrupación Amigos de la Información para Casablanca, dos de las radios cuentan con sus estudios en la región metropolitana y ocho de ellas en la comuna de Casablanca y todas las radios cuentan con la planta de transmisión en la comuna de Casablanca (ver Tabla 6-8).

Tabla 6-8. Emisoras radiales identificadas en la cuenca Estero Casablanca.

Zona Servicio	Frecuencia Principal	Nombre Radio	Concesionaria	Comuna Estudio
Casablanca	99,3	Cooperativa	Cía. Chilena de Comunicaciones s.a.	Santiago
Casablanca	92,7	Radio Quintay	Radio y Televisión de Casablanca Ltda.	Casablanca
Casablanca	93,5	Radio Bio Bio	Bio-bio Comunicaciones S.A.	Providencia
Casablanca	90,1	Radio Estilo	Inversiones Madrid Ltda.	Casablanca

Zona Servicio	Frecuencia Principal	Nombre Radio	Concesionaria	Comuna Estudio
Casablanca	96,9	Radio Casablanca	Agencia de publicidad y promociones Santiago Sale Ltda.	Casablanca
Casablanca	97,9	Radio Dulce de Casablanca	Comunicaciones e inversiones Cesar Ramos Silva E.I.R.L.	Casablanca
Casablanca	103,9	Radio Okey	Comunicaciones Sebastián Alexis Araya Rojas E.I.R.L.	Casablanca
Casablanca	106,1	Radio Ruta Casablanca	Agrupación Amigos de la información para Casablanca	Casablanca
Casablanca	106,9	No informado	Centro Cultural Social Valle Hermoso	Casablanca
Casablanca	106,7	Radio Domina	Agrupación de adelanto manos unidas de Quintay	Casablanca

Fuente: Concesiones vigentes de Amplitud Modulada. Actualizado a junio 2021. www.subtel.gob.cl.

Prensa

El nuevo soporte digital ha permitido el surgimiento de nuevos medios de prensa, además de los tradicionales de circulación impresa, tanto a escala comunal (Casablanca), como a escala regional (Región de Valparaíso). Del mismo modo, la prensa se ha abierto a las nuevas plataformas de información, adquiriendo dominios digitales para su mayor difusión. Por otro lado, esto permite también un mejor flujo de información, aumentando la velocidad de su difusión, como también la diversidad de líneas editoriales (Tabla 6-9).

Tabla 6-9. Catastro de prensa en la cuenca Estero Casablanca.

Circulación	Nombre	Formato	Dirección electrónica
Regional	La Estrella de Valparaíso	Digital e impreso	http://www.estrellavalpo.cl/
Regional	El Mercurio de Valparaíso	Digital e impreso	http://www.mercuriovalpo.cl/
Regional	Epicentro	Digital e impreso	https://www.epicentrochile.com/
Regional	El Observador	Digital e impreso	http://www.observador.cl/
Regional	El Martutino	Digital	https://www.elmartutino.cl/
Regional	Gran Valparaíso	Digital	https://www.granvalparaiso.cl/
Regional	El Día	Digital	http://www.diarioeldia.cl/
Comunal	Casablanca Times	Digital	https://www.rutacasablanca.cl/
Comunal	El Espejo	Impreso	
Regional	Semanario Página 12	Impreso	
Regional	El Líder de San Antonio	Impreso	
Regional	Diario PROA Regional	Impreso	

Fuente: Elaboración propia en base a Registro de Medios Servel (2021) y búsqueda propia.

Brecha digital

Año tras año, las tecnologías de la información (Tics) continúan transformando la comunicación a escala local, nacional e internacional. El desarrollo técnico de celulares, computadores, tablets y otros aparatos ha permitido que prácticamente toda la población pueda poseer o acceder a ellos, consolidando la masificación de las redes sociales y medios de comunicación instantáneos. De esta manera, las Tics se han vuelto progresivamente una parte fundamental de dinámicas tan esenciales como lo son el trabajo, la educación e incluso la salud.

Sin embargo, su masificación no puede ser tomada por sentada, pues tanto entre países de distintas regiones del mundo, como dentro de cada nación, se dan diferencias en el acceso de la población a estas tecnologías. Este fenómeno es el que se ha denominado como "Brecha digital", para abordar la exclusión de determinados grupos sociales, ya sea por su situación socioeconómica o rango etario, entre otras variables posibles. De esta manera, cabe señalar que en Chile el índice de conexiones alcanza los 16,1 por cada 100 habitantes (García, 2020).

Gómez (2017) señala que las brechas digitales pueden resumirse en cuatro tipo: en primer lugar, el interés o atracción por la nueva tecnología que puede ser explicado por factores sociales, culturales o psicológicos; en segundo lugar, el acceso físico o material relativo a la disponibilidad de hardwares, softwares, aplicaciones, redes o al uso de Tics en general; luego, la alfabetización digital, también llamada educación digital; y finalmente, el uso significativo por experiencia, como es la utilización en el trabajo o en alguna otra instancia de vinculación con las Tics.

Si bien en Chile, los sectores urbanos (76,1%) exhiben una mejor conectividad en comparación a las zonas rurales (49,6%), cabe señalar que a nivel nacional el acceso a internet está aumentando mediante un modelo de inversión público-privado (García, 2020). En específico, la Región de Valparaíso es una de las regiones con mejor estándar de acceso, el cual sigue mejorando año a año (Tabla 6-10). No obstante, vale relevar que no existe información estadística respecto de la comuna o la cuenca Estero Casablanca.

Tabla 6-10. Porcentaje de usuarios de internet, Región de Valparaíso.

Región	2013	2015	2017	2020
Valparaíso	61,2%	68%	73,7%	79,9%

Fuente: León y Meza, 2020.

6.2.2. Estrategia de difusión

En la actualidad debemos tener en cuenta el importante auge que han presentado las redes sociales virtuales, las cuales hoy tienen un amplio impacto en un sentido territorial pero también etario, estando a disposición de la población en general. En específico, hemos seleccionado la aplicación WhatsApp, por ser algunas de las más difundidas entre la sociedad civil y porque sus características (tanto instantaneidad como amplitud de difusión). Se propone una estrategia de difusión que considera una página web,

comunicación por medio de WhatsApp, comunicados de prensa y capsulas radiales (Figura 6-4).

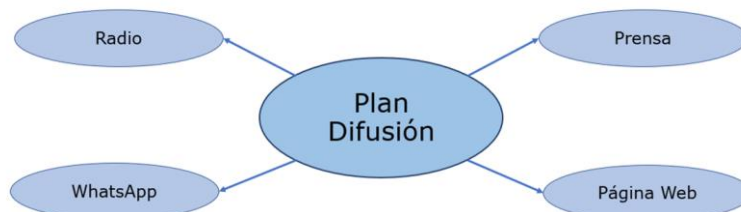


Figura 6-4. Plan de difusión en la cuenca Estero Casablanca.

Fuente: Elaboración propia partir de DGA (2020).

El manejo de una página web y Whatsapp, nos permitirá comunicar las principales características, como a divulgar las actividades desarrollada en la cuenca en torno al Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la Cuenca del Estero Casablanca. Estas plataformas serán complementadas mediante la presencia en prensa radial, donde se difundieron dos cápsulas radiales, cuya finalidad es dar a conocer las principales características del plan (Tabla 6-11,Tabla 6-12,Tabla 6-13).

Tabla 6-11. Operacionalización Objetivo Específico 1 estrategia de difusión.

O.E.1: Enunciar las principales características del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Estero Casablanca.		
Medio	Descripción	Evidencia
Página Web	Se crea una plataforma virtual donde se comparte información del plan como de otros temas relacionados con la perspectiva hídrica de la cuenca. Una vez finalizado el estudio, se traspasará el hosting y el dominio a la DGA.	Página Web.
Redes Sociales	Mediante la aplicación WhatsApp se buscó establecer contacto con los diferentes actores sociales en el territorio.	Registros de coordinación con diversos actores.
Radio	Se busca difundir cápsulas radiales con información sobre el estudio, como también participar de programas radiales en transmisiones en vivo o grabadas.	Registros de audio de las participaciones.
Prensa	Se realizó una nota de prensa, para difundir las características del PEGH.	Nota de prensa y captura de pantalla de la publicación.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2020)

Tabla 6-12. Operacionalización del Objetivo Específico 2 estrategia de difusión.

OE 2: Divulgar las actividades desarrolladas a lo largo del PEGH en la cuenca Estero Casablanca		
Medio	Descripción	Evidencia
Página Web	Desde la plataforma virtual se difundirán las actividades realizadas, como también las invitaciones a las actividades participativas ejecutadas en el marco del estudio.	Página Web
WhatsApp	Mediante WhatsApp se buscará difundir las actualizaciones del estudio y las actividades a ser realizadas, buscando fomentar la participación ciudadana.	Registro de comunicaciones

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2020).

Tabla 6-13. Operacionalización del Objetivo Específico 3 estrategia de difusión.

OE 3: Identificar información que permita a la comunidad aumentar su acervo entorno a información relacionada con aspectos físicos, hidrológicos y socioculturales de una cuenca.		
Medio	Descripción	Evidencia
Página Web	Desde la plataforma virtual se difundirán contenidos técnicos y científicos desde una perspectiva educativa, buscando promover su acervo en torno a temáticas como cuencas hidrográficas, modelamiento espacial, gobernanza hídrica, entre otros.	Página Web
Material informativo	Se presentan videos, e información orientada a fortalecer la educación en torno a las cuencas hídricas y el cuidado del agua.	Material subido a la página web

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2020).