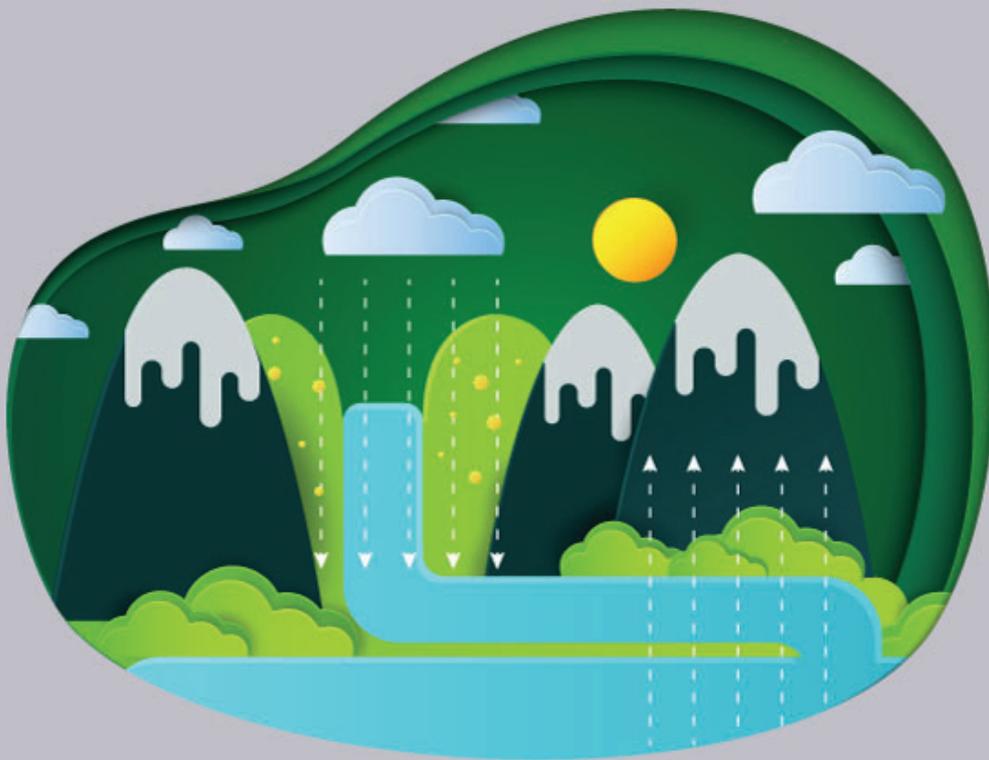


Observaciones del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, CR2, al Anteproyecto Plan de Adaptación al Cambio Climático de Recursos Hídricos

Septiembre 2024



UNIVERSIDAD
DE CHILE

PATROCINA



UNIVERSIDAD
DE CONCEPCIÓN



UNIVERSIDAD
AUSTRAL DE CHILE

INSTITUCIONES ASOCIADAS



AGENCIA NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

FINANCIA

Santiago, septiembre 5 de 2024
(CR)2/Nº053/2024

Señora
Jessica López Saffie
Ministra de Obras Públicas
Presente

Estimada Sra. Ministra,

Junto con saludar y por medio de la presente, se acompañan las observaciones al anteproyecto del "Plan de Adaptación al Cambio Climático de Recursos Hídricos (PACC-RH)", realizadas por investigadores e investigadoras del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, (CR)2.

Valoramos el esfuerzo invertido en el anteproyecto del PACC-RH, respecto del cual destacamos varios aspectos positivos, necesarios para un plan definitivo que permita avanzar hacia la seguridad hídrica (SH) y adaptarse al cambio climático en Chile, así como algunas omisiones en temáticas relevante, sin las cuales, el PACC-RH no cumpliría con los requisitos legales establecidos en la Ley 21.455; es por ello, que el objetivo de las observaciones formuladas es identificar las principales debilidades del anteproyecto y proveer recomendaciones para abordarlas. Entre éstas, destaca la propuesta de indicadores cuantitativos de seguridad hídrica para abordar una de las limitaciones principales del plan.

El documento está estructurado en 4 Capítulos. En el Capítulo 1 se describe la limitación del PACC-RH que consideramos más fundamental. En el Capítulo 2 se presentan observaciones generales a los contenidos del PACC-RH, en base a lo que establece la LMCC en su Artículo 9, número 2. En el Capítulo 3 se presenta una propuesta de indicadores de seguridad hídrica. Finalmente, en el Capítulo 4 se presentan observaciones específicas a los objetivos del plan. La mayoría de las observaciones tienen asociada una recomendación para abordarla. Todas las observaciones y recomendaciones están numeradas. Los extractos del PACC-RH se presentan en color azul. Cabe destacar que, dado el alcance de este documento, no se hace una revisión en detalle de cada una de las medidas y acciones establecidas en el plan.

De ser acogidas nuestras observaciones y recomendaciones desarrolladas en los Capítulos 1 a 4, se espera que el conjunto de medidas y acciones del plan se actualicen en coherencia con dichas observaciones, en particular aquellas asociadas a indicadores de seguridad hídrica.

Asimismo, para que los distintos instrumentos legales que establece la LMCC sean coherentes, los indicadores y rangos compatibles con seguridad hídrica que se definan para la elaboración de este PACC-RH (ver Capítulos 1 a 3), debieran también ser considerados en la actualización de la NDC de Chile, proceso simultáneo a estas observaciones.

Quedamos disponibles para colaborar y responder en caso de existir cualquier duda o comentario que puedan tener.

Muy atentamente se despide,



PILAR MORAGA SARIEGO

Directora

Centro en Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2)
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

PMS/jbg
c.c.: Archivo

Observaciones del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, CR2, al Anteproyecto Plan de Adaptación al Cambio Climático de Recursos Hídricos

Autores coordinadores: Camila Álvarez Garretón, Juan Pablo Boisier, Marco Billi.

El presente documento está estructurado en 4 Capítulos. En el Capítulo 1 se describe la limitación del PACC-RH que consideramos más fundamental. En el Capítulo 2 se presentan observaciones generales a los contenidos del PACC-RH, en base a lo que establece la LMCC en su Artículo 9, número 2. En el Capítulo 3 se presenta una propuesta de indicadores de seguridad hídrica. Finalmente, en el Capítulo 4 se presentan observaciones específicas a los objetivos del plan. La mayoría de las observaciones tienen asociada una recomendación para abordarla.

Todas las observaciones y recomendaciones están numeradas. Los extractos del PACC-RH se presentan en color azul. Cabe destacar que, dado el alcance de este documento, no se hace una revisión en detalle de cada una de las medidas y acciones establecidas en el plan.

Índice

Capítulo 1:	
Limitación fundamental del PACC-RH.....	7
Capítulo 2:	
Observaciones generales al PACC-RH	8
Capítulo 3:	
Propuesta de indicadores de monitoreo de metas de seguridad hídrica	11
Capítulo 4:	
Observaciones específicas a objetivos del PACC-RH	15
Referencias	17
Anexo:	
Artículos relevantes de los instrumentos que definen el PACC-RH.....	18

Capítulo 1: Limitación fundamental del PACC-RH

En este documento se identifican algunos elementos fundamentales que no se abordan en el anteproyecto, sin los cuales, según nuestra evaluación, el PACC-RH no cumpliría con los requisitos legales establecidos en el artículo 9.2) de la Ley 21.455. El punto más gravitante se refiere a la definición o adopción de indicadores de monitoreo, reporte y verificación, conforme al artículo 9.2 f) de dicho cuerpo legal.

La omisión de indicadores objetivos tiene dos consecuencias importantes. En primer lugar, la ausencia de este elemento impide hacer el seguimiento del cumplimiento de las medidas que propone el plan. Para que los indicadores exigidos en la LMCC (Artículo 9.2.f) sean funcionales a los objetivos de SH establecidos en la ECLP, las metas deben ser expresadas en valores específicos, cuantificables y/o medibles mediante indicadores. Es decir, no basta con establecer un indicador y describir su evolución en el tiempo. También se deben definir los rangos o valores del indicador que van a ser considerados compatibles con la meta de SH de la ECLP.

La definición de indicadores de SH y de rangos compatibles con las metas de SH establecidas en la ECLP son un aspecto transversal que se establece tanto en la Ley Marco de Cambio Climático como en la ECLP y la NDC (ver artículos asociados en el Anexo 1). La ausencia de indicadores y sus rangos compatibles con SH impide hacer una evaluación robusta de los objetivos, las líneas estratégicas y las medidas del PACC-RH (mayor detalle en Observación General #6 del Capítulo 2). Asimismo, hace muy difícil o imposible poder hacer seguimiento al impacto del Plan completo en su objetivo principal de promover adaptación, y debilita el principio de progresividad indicado en la LMCC, en cuanto no permite dar cuenta de cómo las medidas están avanzando hacia la meta de reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del país frente a los efectos adversos del cambio climático.

La segunda consecuencia de la omisión de indicadores de SH es que atenta contra el derecho de participar en la formulación del PACC-RH, pues no se pone a disposición la información necesaria mínima exigida por la ley para poder realizar observaciones.

Para abordar esta limitación, en el Capítulo 3 se proponen diversos indicadores de monitoreo de SH (Tabla 2). Dados los diversos aspectos de la SH, un único indicador no es suficiente para cuantificar la disponibilidad, calidad y acceso al agua en una cuenca, región o país, ni evaluar progresos en sus niveles. Es por esto que la Tabla 2 propone varios indicadores que pueden complementar a otros que resuelva la autoridad, y que debieran considerarse de forma conjunta para evaluar las metas de seguridad hídrica que establece la ECLP, diseñar medidas de adaptación para alcanzar estas metas, y contar con herramientas para evaluar el progreso de dichas medidas.

Cabe destacar que en el Capítulo 3 se recomiendan indicadores y se sugieren rangos para algunos de ellos que son compatibles con niveles adecuados de SH, sin embargo, la definición qué rangos adoptar como meta de SH es decisión de las autoridades.

De ser acogidas las observaciones y recomendaciones relacionadas a los indicadores y sus rangos compatibles con SH, el conjunto de medidas y acciones del plan se deberían actualizar de tal manera de que sean consistentes con dichas métricas.

Capítulo 2: Observaciones generales al PACC-RH

Tabla 1: Comentarios generales con respecto a los contenidos del PACC-RH, según lo que establece la LMCC en su Artículo 9, número 2.

LMCC, Artículo 9, número 2	Observación general a los contenidos del PACC-RH y recomendación asociada, en base a lo que establece la LMCC.
a) Caracterización del sector y su vulnerabilidad.	
b) Evaluación de efectos adversos del cambio climático y riesgos actuales y proyectados para el sector, incluyendo aquellos asociados a las zonas latentes que se encuentren declaradas al momento de su elaboración.	<p>Observación General 1: Para que las medidas y acciones del PACC-RH se puedan diseñar de forma coherente con lo que se busca, es decir, una reducción de riesgos y aumento de la resiliencia, el PACC-RH debe definir escenarios climáticos de referencia y horizontes de tiempo sobre los cuales va a trabajar.</p> <p>Si bien, las simulaciones climáticas bajo distintos escenarios socioeconómicos globales son robustas en proyectar condiciones de precipitación adversas para Chile central (menor acumulación), la magnitud de estos descensos depende de los modelos y escenarios globales de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) considerados (e.g., DGA, 2022; Alvarez-Garreton et al., 2023a). Esto conlleva distintos niveles de riesgo sobre los cuales se debe trabajar. Aún cuando las proyecciones tienen incertidumbres respecto de lo que va a ocurrir en las próximas décadas, si el PACC-RH no define bajo qué condiciones va a definir sus objetivos, las medidas y acciones quedan ambiguas en términos de algunas características fundamentales. Por ejemplo: ¿Las medidas y acciones deben considerar una disponibilidad hídrica para Chile asociada a escenarios pesimistas u optimistas de mitigación global en las emisiones de GEI? ¿La disponibilidad hídrica debe derivarse de proyecciones climáticas basadas en modelos globales de alta o de baja sensibilidad climática? ¿En qué horizonte de tiempo se deben evaluar los efectos del cambio climático? (¿mediados de siglo? ¿fin de siglo?).</p> <p>Trabajar sobre escenarios climáticos generales, como los mencionados en la sección 2.2.1 del PACC-RH: “Se proyecta una disminución generalizada de las precipitaciones en casi todo el país para el periodo 2035-2065, excepto en regiones extremas donde se espera un aumento (MMA, 2020a). A nivel nacional, se espera un descenso del 5% en la precipitación acumulada anual (MMA, 2020a)”, no permite hacer una evaluación robusta de riesgos ni un diseño efectivo de medidas para reducirlos, ya que no se puede analizar un riesgo en términos de SH si es que no se define una disponibilidad hídrica (o tipos de sequías) sobre la cual evaluar dicho riesgo.</p> <p>Recomendación a Observación General 1: Escoger escenarios de referencia de mitigación de GEI (por ejemplo, uno optimista como el SSP1 y otro más pesimista como el SSP3), y utilizar un conjunto de modelos climáticos globales de diversa sensibilidad, regionalizados para representar adecuadamente el clima de Chile, para proyectar distintas condiciones climáticas. Las proyecciones climáticas permiten determinar la disponibilidad hídrica asociada a cada escenario y</p>

	<p>modelo. Existen diversos trabajos desarrollados mediante fondos públicos que cuentan con este tipo de proyecciones de disponibilidad hídrica para Chile que podrían utilizarse para este fin (e.g., DGA, 2022; Alvarez-Garretón et al., 2023a).</p> <p>Observación General 2: La evaluación de riesgos debe incorporar indicadores de seguridad hídrica para su análisis y esos indicadores deben dar cuenta de los escenarios climáticos y de disponibilidad hídrica definidos en el PACC-RH (Observación General 1). Para más detalle acerca de indicadores, ver Observación General 6, Recomendación a Observación General 6 y Tabla 2.</p> <p>Observación General 3: Los planes de adaptación deberían considerar co-impactos (o co-beneficios) de las medidas consideradas en los planes de mitigación. Por ejemplo, la reforestación es una medida para aumentar la captura de carbono, pero tiene efectos en los procesos hidrológicos de una cuenca y su disponibilidad hídrica, la cual puede ser mayor o menor a la disponibilidad previa al cambio de cobertura dependiendo de qué tipo de vegetación se reemplaza.</p>
<p>c) Descripción detallada de las medidas de adaptación, con indicación de plazos de implementación y asignación de responsabilidades. Los planes deberán priorizar las medidas de adaptación en base a criterios de costo efectividad, considerando los lineamientos señalados en la Estrategia Climática de Largo Plazo. En el caso de que se disponga la dictación o revisión de regulaciones sectoriales, éstas serán priorizadas por la autoridad respectiva.</p>	<p>Observación General 4: Tanto las medidas como las acciones no presentan plazos de implementación.</p> <p>Observación General 5: No se presenta una priorización de las medidas en base a criterios de costo efectividad. En particular, la efectividad de una medida no se puede evaluar si no se cuenta con métricas o indicadores que permitan hacer dicha evaluación (ver Observación General 6).</p>
<p>d) Descripción detallada de las medidas relativas a los medios de implementación, considerando los lineamientos identificados en la Estrategia Climática de Largo Plazo, con indicación de plazos y asignación de responsabilidades.</p>	<p>Ver Observación General 4.</p>
<p>e) Descripción detallada de las medidas tendientes a reducir y gestionar el riesgo creado por el cambio climático al sector que regula el plan, y aplicando un enfoque territorial, cuando corresponda. Respecto de los riesgos de desastres, las medidas deberán ser aquellas contenidas en los planes sectoriales de gestión del riesgo de desastres, si los hubiere, o, en caso contrario, la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública ejercerá el rol de contraparte técnica para el diseño de dichas medidas.</p>	<p>Ver Observación General 1, 2 y 4. En síntesis, para que una acción sea efectiva en reducir un riesgo, es necesario poder medir ese riesgo (Observación General 2 y 6), considerando escenarios de cambio climático (Observación General 1).</p>

<p>f) Indicadores de monitoreo, reporte y verificación de cumplimiento de las medidas del plan, conforme lo establecido en la Estrategia Climática de Largo Plazo.</p>	<p>Observación General 6: El anteproyecto no cumple con este punto que establece la Ley, lo que, a nuestro parecer, es su limitación más gravitante (Capítulo 1). El plan presenta un objetivo general (OG) y 4 objetivos específicos (OE) que se abordan siguiendo cuatro líneas estratégicas (LE) definidas según lineamientos de la ECLP. Luego, se definen 11 medidas y 30 acciones asociadas a las LE.</p> <p>Según lo establecido en la ECLP y la NDC (ver Tabla Anexo 1), el PACC-RH debe contar con indicadores de monitoreo de SH que permitan evaluar si las medidas establecidas están cumpliendo con las metas establecidas en la ECLP. Una vez definidos los indicadores y sus rangos compatibles con SH, las medidas y acciones se deberían redactar en función del cumplimiento de dichas métricas y rangos. Ante la ausencia de estos indicadores, los objetivos del PACC-RH quedan planteados en términos relativos, y su cumplimiento no se puede evaluar de forma robusta. Por ejemplo, se utilizan términos como “promover la resiliencia” (OG), “incrementar la seguridad hídrica” (OE1), “fomentar la seguridad hídrica” (OE2), “propiciar la seguridad hídrica” (OE3), “promover la prevención, la preparación, la capacidad de respuesta y la recuperación con resiliencia” (OE4). Estos objetivos no cumplen con lo establecido en la ley ya que i) no se entregan indicadores que permitan medir la SH y ii) no se establecen los valores de dichos indicadores que permitan evaluar si se logra el incremento de SH establecido como objetivo.</p> <p>Sin contar con indicadores ni rangos compatibles con metas de SH, las medidas y acciones que propone el PACC-RH se expresan de una forma que impide su evaluación y seguimiento, lo que contradice el Artículo 9, número 2, letra f de la LMCC. Un ejemplo es la medida M3 y su acción asociada A9. La M3 establece: <i>Promover el aprovechamiento productivo sustentable de las aguas superficiales y subterráneas, a lo largo de las cuencas, desde un enfoque de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)</i>. La acción A9 establece: <i>Promover la distribución de las aguas a escala de cuenca considerando usos prioritarios y cambio climático</i>. Dado que no se cuantifica la meta de SH (establecida en la ECLP) a alcanzar, la medida M3 no deja claro qué significa un “aprovechamiento sustentable”, ni tampoco qué significa “avanzar en garantizar la seguridad hídrica a largo plazo”. Asimismo, la acción A9 no queda asociada a ningún indicador, por lo que no es posible medir su eficacia o monitorear su cumplimiento. En particular, ¿qué implica que la DGA (institución responsable de A9) promueva una distribución que considere usos prioritarios y el cambio climático? Por un lado, la acción de <i>promover</i> no asegura el cumplimiento de una meta como aumentar la SH. Asimismo, “<i>considerar usos prioritarios</i>” no implica que éstos se aseguren. Por último, “<i>considerar cambio climático</i>” no especifica qué escenarios climáticos se deben considerar, ni tampoco en qué horizonte de tiempo se debe trabajar (ver Observación General 1).</p> <p>En resumen, hay dos debilidades fundamentales con respecto a este punto que deben ser abordadas: i) la definición de indicadores de SH, y ii) el establecimiento de rangos o valores de dichos indicadores que sean compatibles con metas de SH.</p> <p>Recomendación a Observación General 6: En la Tabla 2 se proponen una serie de indicadores que pueden utilizarse para medir SH. Esta tabla también sugiere rangos de cada indicador que son compatibles con metas de SH. De ser acogidas las observaciones y recomendaciones relacionadas a los indicadores y sus rangos compatibles con seguridad hídrica, el conjunto de medidas y acciones establecidas en el PACC-RH se deberían actualizar de tal manera de que sean consistentes con dichas métricas.</p>
<p>g) Identificación de barreras institucionales, normativas y económicas para el cumplimiento de las medidas indicadas en las letras c), d) y e) del número 2) de este artículo.</p>	

Capítulo 3:

Propuesta de indicadores de monitoreo de metas de seguridad hídrica

Tabla 2: Propuesta de indicadores de monitoreo para medir seguridad hídrica, de sus rangos para que sean compatibles con las metas de SH establecidas en la ECLP, y consideraciones para el diseño de medidas y acciones para alcanzar dichas metas.

Indicador	Descripción del Indicador.	Rango del indicador compatible con las metas de SH establecidas en la ECLP.	Relevancia del indicador y consideraciones para el diseño de medidas y acciones que permitan alcanzar la meta.
IEH	<p>Indicador de Estrés Hídrico (IEH):</p> <p>Los niveles de estrés hídrico de una cuenca se relacionan con problemas de seguridad hídrica. El indicador IEH es ampliamente utilizado para evaluar los niveles de estrés hídrico a escala de cuenca.</p> <p>El IEH se calcula a escala de cuenca, como la razón entre el uso consuntivo total de agua dentro de la cuenca y la disponibilidad hídrica de ésta.</p> <p>Una cuenca se considera que tiene un alto estrés hídrico cuando el IEH supera el 40% a mediano plazo (de 5 a 10 años).</p> <p>Referencias: Falkenmark y Lundqvist (1998), Vörösmarty et al. (2000), Oki y Kanae (2006), Alvarez-Garreton et al. (2023b), Boisier et al. (2024)</p>	<p>Tal y como mencionamos al principio de este documento, la meta asociada al IEH debe ser establecida por las autoridades.</p> <p>Se sugiere establecer como meta alcanzar/mantener niveles de IEH cercanos o menores a 40% para todas las cuencas BNA de Chile al 2050.</p> <p>El cálculo del IEH, así como su brecha con respecto a la meta establecida, debe considerar los escenarios de cambio climático establecidos en Recomendación a Observación General 1.</p>	<p>Dada la disponibilidad hídrica definida por los escenarios climáticos globales, solo hay dos formas de aliviar el estrés hídrico representado por el IEH de una cuenca: reducir el uso consuntivo de agua o aumentar la disponibilidad de agua a través de fuentes alternativas.</p> <p>Si la política pública establece un objetivo de, por ejemplo, alcanzar valores de IEH del 40% o menos para 2050, diferentes acciones para ajustar la disponibilidad y demanda de agua podrían ayudar a lograr este objetivo.</p> <p>La gestión de RRHH dentro de cada cuenca BNA (establecido en los PERHC) debería incluir la meta del IEH en su planificación, y planificar una redistribución de los usos de agua entre los propietarios de DAA de tal forma que la suma de los usos de agua proveniente de fuentes superficiales y subterráneas no sobrepase el 40% (o el porcentaje asociado a la meta establecida por las autoridades) de la disponibilidad hídrica de la cuenca al 2050 y al 2100. Esta disponibilidad debe incluir la disponibilidad hídrica definida por el clima (ver Recomendación a Observación General 1) así como la disponibilidad proveniente de fuentes artificiales.</p> <p>Ejemplo de acciones que pueden contribuir a alcanzar la meta de IEH:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Invertir en fuentes artificiales de agua de forma de alcanzar la meta de IEH. • Determinar los usos de agua en base a las actividades que desarrollan y que planifican desarrollar los usuarios, independientemente de sus DAA otorgados, de forma de poder estimar de manera robusta los usos totales dentro de la cuenca.

<p>ICE</p>	<p>Indicador de caudales ecológicos mínimos (ICE):</p> <p>Definir un indicador que dé cuenta de los caudales mínimos que escurren por los cauces, eligiendo ciertos ríos representativos en todas las regiones; por ejemplo, los de desembocadura de cuencas BNA, así como sus principales tributarios.</p> <p>Se sugiere que el ICE considere variaciones estacionales de los cauces, así como valores medios anuales. Esto se puede calcular de forma similar a lo que establece el Decreto 71 vigente desde 2015 (Congreso Nacional, 2015), pero revisando los parámetros de la formulación y eliminando el límite superior del 20% del caudal medio anual.</p>	<p>La meta asociada al ICE debe ser establecida por las autoridades.</p> <p>Se sugiere seguir la literatura y experiencias internacionales, que establecen un caudal ecológico mínimo considerando las variaciones estacionales del régimen natural del cauce, y tener valores promedio anuales mínimos que no sean menores al 40% del caudal medio anual del río (ver Alvarez-Garreton et al. 2023a y sus referencias).</p>	<p>De forma complementaria a lo que establece el Código de Aguas con respecto al resguardo de caudales ecológicos al momento de otorgar nuevos derechos de aprovechamiento de agua, el ICE debe velar por el resguardo de los ecosistemas fluviales, estableciendo caudales mínimos que no se limiten por el 20% del caudal medio anual del río que establece el Código de Aguas (Art. 129bis). En el estudio desarrollado por Alvarez-Garreton et al. (2023b), se mostró que este límite superior conlleva altos niveles de estrés hídrico, y no es adecuado para la protección de los ecosistemas fluviales.</p> <p>Las medidas para cumplir con esta meta deberían contemplar el monitoreo en línea de ciertos cauces representativos (por ejemplo, la desembocadura de cuencas BNA al mar, así como sus principales tributarios), y diseñar acciones que permitan restablecer el caudal ecológico mínimo si es que éste está por bajo la meta por un período dado. Notar que este indicador está directamente relacionado con el IEH.</p>
<p>IAS</p>	<p>Indicador de aguas subterráneas (IAS) que da cuenta de la variación de niveles freáticos en pozos de observación de las cuencas BNA de Chile.</p> <p>Se recomienda tomar como referencia los indicadores de sostenibilidad que establece la Ley de Gestión Sostenible de Aguas Subterráneas vigente en California, que se relacionan con los siguientes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Descensos sostenidos y significativos de los niveles freáticos 2. Reducciones del volumen de almacenamiento de los acuíferos 3. Intrusión salina 4. Subsistencia del terreno 5. Descenso de cauces y cuerpos de agua superficiales conectados a sistemas subterráneos. 	<p>La meta asociada al IAS debe ser establecida por las autoridades.</p> <p>Se sugiere adoptar como meta lo que establece La Ley de Gestión Sostenible de Aguas Subterráneas vigente en California (SGMA, por su sigla en inglés) (https://water.ca.gov/sgma).</p>	<p>Tomando como referencia los planes que establece la Ley de Gestión Sostenible de Aguas Subterráneas vigente en California, se pueden establecer las medidas que permitan que la utilización y gestión de las aguas subterráneas de las cuencas BNA de Chile eviten lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Descensos sostenidos y significativos de los niveles freáticos 2. Reducciones del volumen de almacenamiento de los acuíferos 3. Intrusión salina 4. Subsistencia del terreno 5. Descenso de cauces y cuerpos de agua superficiales conectados a sistemas subterráneos. <p>Las medidas deberán abordar el sobreuso y la extracción excesiva de aguas subterráneas, que causa el agotamiento en las cuencas, para lograr niveles equilibrados de aguas subterráneas y alcanzar la sostenibilidad a largo plazo.</p> <p>Por ejemplo, las medidas vigentes en California establecen que para las cuencas de aguas subterráneas que experimentan el agotamiento más severo, conocidas como las cuencas críticamente agotadas, se debe lograr la sostenibilidad de las aguas subterráneas para 2040. Para las cuencas de alta y media prioridad restantes, el plazo de sostenibilidad es 2042.</p> <p>La evaluación del IAS y la detección de si éste sobrepasa el umbral establecido en la meta requiere de un monitoreo en línea de los pozos de observación de la DGA. También se deben contemplar acciones efectivas para disminuir las tasas de extracción dentro de la cuenca en caso de que el umbral se sobrepase.</p>

<p>IAP</p>	<p>Indicador de agua potable (IAP):</p> <p>Definir una métrica que dé cuenta del acceso al agua potable para consumo doméstico. Por ejemplo, el número de habitantes sin abastecimiento de agua para consumo humano mediante una empresa sanitaria o un un servicio sanitario rural (SRR).</p>	<p>La meta asociada al IAP debe ser establecida por las autoridades.</p>	
<p>IEC</p>	<p>Indicador económico de acceso (IEC):</p> <p>Definir una métrica que dé cuenta de los desafíos de la población para solventar los costos asociados al acceso al agua.</p> <p>Por ejemplo, un indicador de IEC podría ser la razón entre el costo del acceso y el ingreso económico familiar.</p>	<p>La meta asociada al IEC debe ser establecida por las autoridades.</p>	<p>El acceso a agua debe ser asequible para los distintos tipos de usuarios, considerando tanto el costo de suministro (cuando este está ofrecido por un proveedor específico) como el costo de derechos de agua (auto-suministro), incluyendo en este caso los costos técnicos de provisión.</p> <p>Esto permite dar cuenta de umbrales económicos que limitan la seguridad hídrica, asociados con el ingreso disponible de cada hogar, sus necesidades efectivas de consumo (dependientes a su vez del tamaño del hogar y de su eficiencia hídrica, pero también de los usos de agua) y las tarifas hídricas vigentes. En esto hay que considerar a lo menos los usos fundamentales (consumo, higiene personal, aseo, cocina, saneamiento, etc.) así como necesidades básicas asociadas con la agricultura de subsistencia, riego de jardín y plantas (una necesidad que cobra relevancia especialmente en zonas semiáridas y áridas), la calefacción por caldera etc. (ver https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/05363ead-c81f-4c55-a8c9-4170d4502666/content)</p>
<p>ICA</p>	<p>Indicador de calidad de agua (ICA):</p> <p>Definir una métrica que dé cuenta de la calidad de agua en lugares representativos.</p>	<p>La meta asociada al ICA debe ser establecida por las autoridades.</p> <p>Se sugiere que esté basada en la normativa de calidad (norma chilena 1.333, Requisitos de calidad del agua para diferentes usos; Decreto 735, Reglamento de los servicios de agua destinados al consumo humano y sus actualizaciones).</p>	<p>La calidad del agua es fundamental para garantizar, por un lado, su seguridad, y por el otro, su adecuación perceptual para el consumo. Los estándares de seguridad demandan que el uso de agua no produzca efectos colaterales sobre la salud o bienestar de las personas, lo que dice relación con la inocuidad de los servicios y la protección contra accidentes asociados a su uso. En el caso del agua, esto queda asociado a la presencia de contaminantes en el recurso que puedan afectar la salud de la población (WHO, 2018), a las inundaciones o crecidas repentinas de caudal en asentamientos que acceden al recurso directamente de las fuentes naturales, o al uso de artefactos o fuentes de acceso o almacenamiento de agua poco seguras o cuya ruptura puede dañar la vivienda o poner a riesgo los integrantes del hogar. En relación a la presencia de contaminantes es importante destacar —como fue mencionado anteriormente— que el acceso a una fuente mejorada y libre de contaminación dependerá, en muchos casos, de la existencia de un servicio hídrico gestionado de manera segura.</p>

			<p>En algunos casos, servicios hídricos deficientes pueden afectar tanto la salud de los habitantes de un hogar, al mismo tiempo que la de otros hogares, por ejemplo, esto es lo que ocurre en el caso de una inadecuada evacuación de aguas negras y grises, tal como lo establece el ODS 6 (FAO, OIE y WHO, 2020).</p> <p>Adicionalmente, para la seguridad hídrica cobra también una gran relevancia la calidad perceptual, la cual refiere primariamente a características organolépticas del agua potable (color, olor, sabor o turbiedad); si estas no se ajustan a las expectativas de aquello que los hogares consideran agua ‘de calidad suficiente’, estos pueden decidir no hacer uso de ella, incluso cuando en términos sanitarios ésta fuera idónea para el consumo humano. Esta situación se puede observar, por ejemplo, en el caso del agua desalada, que en algunos casos se considera perceptualmente como un agua con un mal gusto, o en el caso del agua rural potabilizada, que puede tener una apariencia turbia. Esto puede provocar que la población recurra a alternativas menos seguras para su abastecimiento, como la compra de agua envasada de calidad no certificada (Jepson, 2014, Fragkou y McEvoy, 2016; Rowles et al., 2018).</p>
ICS	<p>Indicador de corte de suministro (ICS):</p> <p>Definir un indicador que dé cuenta de la frecuencia en cortes de suministro.</p>	<p>La meta asociada al ICS debe ser establecida por las autoridades. Frecuencia de cortes de suministro debe cumplir con la legislación vigente (SISS) en todas las áreas incluyendo las rurales.</p>	<p>Este indicador es relevante para asegurar la confiabilidad del suministro de agua potable, parte clave de la seguridad hídrica. Los estándares de confiabilidad están referidos a la estabilidad del acceso al servicio que condicionan el cumplimiento de su función. En este sentido, los cambios en la presión hídrica del sistema de distribución de agua potable condicionan la estabilidad del servicio en la cantidad y calidad requerida, por ejemplo, aumentando la turbidez en las cañerías (Liu et al., 2017). En el caso del sector rural, que en muchos casos se abastece de agua directamente de las fuentes naturales, los cambios en los caudales de los cursos de agua durante el año también condicionan el acceso en cantidad al servicio.</p>
IEX	<p>Indicador asociado a eventos extremos (IEX):</p> <p>Definir un indicador que dé cuenta del riesgo asociado a eventos extremos.</p> <p>Podría adoptarse el nivel de riesgo para la infraestructura crítica y la vivienda, calculado según metodología de ARClim u otra.</p>	<p>La meta asociada al IEX debe ser establecida por las autoridades.</p>	
IEP	<p>Indicadores experienciales y perceptuales de inseguridad hídrica (IEP).</p>	<p>La meta asociada al IEP debe ser establecida por las autoridades.</p> <p>Se sugiere que la meta se asocie a un nivel adecuado de cumplimiento para todo el país.</p>	<p>Este tipo de indicadores, que se están generando como escalas estandarizadas para América Latina, complementan las formas tradicionales de medir la seguridad hídrica agregando componentes experienciales y perceptuales que de otra forma suelen quedar afuera (https://www.wisescales.org/).</p>

Capítulo 4: Observaciones específicas a objetivos del PACC-RH

Tabla 3: Observaciones específicas a objetivos del PACC-RH y recomendaciones

Objetivo establecido en el PACC-RH	Observación	Recomendación de modificación
<p>Objetivo general: El objetivo general del PACC-RH consiste en promover la resiliencia del sector de los recursos hídricos a nivel nacional ante los efectos adversos del cambio climático, considerando la disponibilidad de las aguas, la sustentabilidad acuífera y los eventos extremos, con un enfoque de territorialidad.</p>	<p>Observación Específica 1</p> <p>En base a lo expuesto en el Capítulo 1, se recomienda modificar el objetivo general para abordar las limitaciones asociadas a la ausencia de indicadores y metas de seguridad hídrica del anteproyecto.</p>	<p>Recomendación - Observación Específica 1:</p> <p>Objetivo general: El objetivo general del PACC-RH consiste en garantizar niveles mínimos de seguridad hídrica en todas las cuencas de Chile, proveyendo su resiliencia ante los efectos adversos del cambio climático, considerando la disponibilidad de las aguas, la sustentabilidad acuífera y los eventos extremos. Estos niveles de seguridad hídrica deben ser cuantificables mediante indicadores que deben tener asociados metas específicas, con un enfoque de territorialidad y distintos escenarios de cambio climático.</p>
<p>OE 1: Establecer medidas, instrumentos y/o incentivos a fin de incrementar la seguridad hídrica para consumo humano, de subsistencia y saneamiento.</p>	<p>Observación Específica 2</p> <p>En base a lo expuesto en el Capítulo 1, se recomienda modificar el objetivo específico 1 para abordar las limitaciones asociadas a la ausencia de indicadores y metas de seguridad hídrica del anteproyecto.</p>	<p>Recomendación - Observación Específica 2:</p> <p>OE 1: Establecer medidas, instrumentos y/o incentivos para fomentar que todas las cuencas BNA de Chile alcancen y mantengan niveles de seguridad hídrica para consumo humano, de subsistencia y saneamiento, de acuerdo a las metas establecidas en la ECLP y a los indicadores de monitoreo compatibles con dichas metas especificados en la Tabla 2.</p>
<p>OE 2: Establecer medidas, instrumentos y/o incentivos para fomentar la seguridad hídrica para la conservación y la preservación ecosistémica.</p>	<p>Observación Específica 3</p> <p>En base a lo expuesto en el Capítulo 1, se recomienda modificar el objetivo específico 2 para abordar las limitaciones asociadas a la ausencia de indicadores y metas de seguridad hídrica del anteproyecto.</p>	<p>Recomendación - Observación Específica 3:</p> <p>OE 2: Establecer medidas, instrumentos y/o incentivos para fomentar que todas las cuencas BNA de Chile alcancen y mantengan niveles de seguridad hídrica para la conservación y la preservación ecosistémica, de acuerdo a las metas establecidas en la ECLP y a los indicadores de monitoreo compatibles con dichas metas especificados en la Tabla 2.</p>

<p>OE 3: Establecer medidas, instrumentos y/o incentivos para propiciar la seguridad hídrica en el desarrollo de actividades productivas.</p>	<p>Observación Específica 4</p> <p>En base a lo expuesto en el Capítulo 1, se recomienda modificar el objetivo específico 3 para abordar las limitaciones asociadas a la ausencia de indicadores y metas de seguridad hídrica del anteproyecto.</p>	<p>Recomendación - Observación Específica 4:</p> <p>OE 3: Establecer medidas, instrumentos y/o incentivos para propiciar la seguridad hídrica en el desarrollo de actividades productivas, de acuerdo a las metas establecidas en la ECLP y a los indicadores de monitoreo compatibles con dichas metas especificados en la Tabla 2.</p>
<p>OE 4: Establecer medidas, instrumentos y/o incentivos que promuevan la prevención, la preparación, la capacidad de respuesta y la recuperación con resiliencia de los territorios frente a amenazas asociadas al ciclo del agua derivadas del cambio climático, tales como sequías, inundaciones y pérdida de calidad de las aguas.</p>	<p>Observación Específica 5</p> <p>En base a lo expuesto en el Capítulo 1, se recomienda modificar el objetivo específico 4 para abordar las limitaciones asociadas a la ausencia de indicadores y metas de seguridad hídrica del anteproyecto.</p>	<p>Recomendación - Observación Específica 5:</p> <p>OE 4: Establecer medidas, instrumentos y/o incentivos que promuevan la prevención, la preparación, la capacidad de respuesta y la recuperación con resiliencia de los territorios frente a amenazas asociadas al ciclo del agua derivadas del cambio climático, tales como sequías, inundaciones y pérdida de calidad de las aguas, de acuerdo a las metas establecidas en la ECLP y a los indicadores de monitoreo compatibles con dichas metas especificados en la Tabla 2.</p>
<p>NA</p>	<p>Observación Específica 6</p> <p>En base a lo expuesto en el Capítulo 1, se recomienda incluir un objetivo específico 5 que permita abordar las limitaciones asociadas a la ausencia de indicadores y metas de seguridad hídrica del anteproyecto.</p>	<p>Recomendación - Observación Específica 6:</p> <p>OE 5: Evaluar y hacer seguimiento de los niveles de seguridad hídrica actuales y proyectados en todas las cuencas BNA de Chile, de acuerdo a las metas establecidas en la ECLP y a los indicadores de monitoreo compatibles con dichas metas especificados en la Tabla 2.</p>

Referencias:

- Alvarez-Garreton, C., Boisier, J. P., Billi, M., Lefort, I., Marinao, R., and Barría, P.: Protecting environmental flows to achieve long-term water security, *J Environ Manage*, 328, 116914, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116914>, 2023a.
- Alvarez-Garreton, C., Boisier, J.P., Blanco, G., Billi, M., Nicolas-Artero, C., Maillat, A., Aldunce, P., Urrutia-Jalabert, R., Zambrano-Bigiarini, M., Guevara, G., Galleguillos, M., Muñoz, A., Christie, D., Marinao, R., & Garreaud, R. (2023b). Seguridad Hídrica en Chile: Caracterización y Perspectivas de Futuro. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR2, (ANID/FONDAP/1522A0001), 72 pp. Disponible en www.cr2.cl/seguridadhidrica
- Boisier, J.P., Alvarez-Garreton, C., Marinao, R. and Galleguillos, M.: Increasing water stress in Chile evidenced by novel datasets of water availability, land use and water use, *EGUsphere* [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-2695>, 2024.
- Congreso Nacional de Chile (2015): Decreto 71. Modifica decreto No 14, de 2012, que aprueba reglamento para la determinación del caudal ecológico mínimo, Ministerio del Medio Ambiente. <https://bcn.cl/2uipf>
- DGA (2022). Homologación del cálculo hidrológico para la estimación de la oferta natural de agua histórica y futura en Chile. SIT N° 524. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile. Elaborado por: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Falkenmark, M. and Lundqvist, J.: Towards water security: political determination and human adaptation crucial, *Nat. Resour. Forum*, 22, 37–51, <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.1998.tb00708.x>, 1998.
- FAO, OIE y WHO (2020), Technical Brief on Wastewater, Sanitation, Hygiene and Wastewater Management to Prevent Infections and Reduce the Spread of Antimicrobial Resistance. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332243/9789240006416-eng.pdf?ua=1>.
- Fragkou, M. C., y McEvoy, J. (2016), Trust matters: Why augmenting water supplies via desalination may not overcome perceptual water scarcity. *Desalination*, 397, 1-8. <https://doi:10.1016/j.desal.2016.06.007>.
- Jepson, W. (2014), Measuring “no-win” waterscapes: Experience-based scales and classification approaches to assess household water security in colonias on the US–Mexico border. *Geoforum*, 51, 107–120. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.002>.
- Oki, T., and Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *science*, 313(5790), 1068-1072.
- Rowles III, L. S., Alcalde, R., Bogolasky, F., Kum, S., Diaz-Arriaga, F. A., Ayres, C., ... y Lawler, D. F. (2018), Perceived versus actual water quality: Community studies in rural Oaxaca, Mexico. *Science of the Total Environment*, 622, 626-634. <https://doi:10.1016/j.scitotenv.2017.11.309>.
- Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., and Lammers, R. B.: Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth, *Science*, 289, 284–288, <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>, 2000.
- WHO (2018) Drinking-water. World Health Organization fact sheets. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Anexo:

Artículos relevantes de los instrumentos que definen el PACC-RH

Tabla Anexo: Selección de algunos artículos relevantes de los instrumentos que definen el PACC-RH.

Ley Marco de Cambio Climático (LMCC)	Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP)	Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC)
<p>Artículo 9. Número 2</p> <p>Los planes sectoriales de adaptación deberán contener, al menos, lo siguiente:</p> <p>f) Indicadores de monitoreo, reporte y verificación de cumplimiento de las medidas del plan, conforme lo establecido en la Estrategia Climática de Largo Plazo</p>	<p>2.3 Fundamentos de construcción de la ECLP (pg. 50)</p> <p>En la actualización de la NDC de Chile al 2020, también fueron incorporados compromisos en materia de seguridad hídrica, enfocados en el desarrollo de indicadores que permitan establecer metas de seguridad hídrica, a nivel territorial y organizacional; la gestión del agua a escala de cuencas; y el aumento de la resiliencia del sector de servicios sanitarios.</p> <p>4.2 Lineamientos de la adaptación a nivel nacional, sectorial, regional y comunal (Pg. 93)</p> <p>Promover la seguridad hídrica para consumo humano y saneamiento, y provisión de agua para los ecosistemas y las actividades productivas, contribuyendo al uso eficiente de los recursos hídricos en los territorios. Este lineamiento es transversal y se observará en el cumplimiento de los demás objetivos, metas, lineamientos y directrices de la presente Estrategia.</p> <p>Objetivo 1: Promover la seguridad hídrica, priorizando el abastecimiento para consumo humano, seguido de la provisión de agua para los ecosistemas y, luego, las actividades productivas estratégicas. (pg. 173)</p> <p>Meta 1.1: Al 2025, contar con definición de seguridad hídrica para Chile validada y publicada por la Dirección General de Aguas o cualquier institucionalidad con las competencias del Ministerio de Obras Públicas. Además, incorpora el concepto validado de seguridad hídrica en los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas y sus actualizaciones.</p> <p>Meta 1.2: Revisión y seguimiento de metas para el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS6), sobre agua limpia y saneamiento; específicamente, contribuir con reportes e información de forma permanente, para construir los indicadores para el ODS6, junto con mantener comunicación permanente con los organismos custodios y aquellos organismos nacionales relevantes en el proceso. Esto en el marco de las atribuciones y prioridades que tenga la Dirección General de Aguas.</p>	<p>Contribución en Adaptación N°7 (A7)</p> <p>a) Al 2025 se habrá implementado un indicador, a nivel nacional y a escala de cuenca hidrográfica, que permita hacer seguimiento de la brecha y riesgo hídrico y avanzar en alcanzar la seguridad hídrica del país.</p>



(CR)² | Center for Climate
and Resilience Research
www.CR2.cl

Observaciones del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, CR2, al Anteproyecto Plan de Adaptación al Cambio Climático de Recursos Hídricos



UNIVERSIDAD
DE CHILE

PATROCINA



UNIVERSIDAD
DE CONCEPCION



UNIVERSIDAD
AUSTRAL DE CHILE

INSTITUCIONES ASOCIADAS



AGENCIA NACIONAL DE
INVESTIGACION Y DESARROLLO

FINANCIA