

# **SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

## **XXVI CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

### **INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA FLEXIBLES EN UN CONTEXTO DE INCERTIDUMBRE CLIMÁTICA: UN CASO DE ESTUDIO DE LOS CONTRATOS DE OPCIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.**

**ANTONIA ÁVILA<sup>1</sup>**  
**SEBASTIÁN VICUÑA<sup>2,3,4,6</sup>**  
**JORGE GIRONÁS<sup>2,3,4,5</sup>**  
**OSCAR MELO<sup>3,6,7</sup>**  
**DANIELA RIVERA<sup>6,8</sup>**  
**MARÍA MOLINOS<sup>5,6</sup>**  
**VALENTINA STRAPPA<sup>7</sup>**

#### **RESUMEN**

La zona central de Chile se encuentra en la peor sequía de su historia. Esta se ha extendido por 14 años, generando un déficit en las precipitaciones de entre 60% y 80% del promedio histórico, provocando una escasez futura a nivel país de un 61% para el agua de uso doméstico en el sector urbano. La posibilidad de que esta situación se exacerbe en el futuro producto del cambio climático ha motivado el desarrollo de diversos estudios que evalúan distintas medidas de adaptación para evitar fallas en la seguridad hídrica.

Un ejemplo de estas medidas son los contratos de opción. El instrumento consiste en la opción de traspasar agua desde un usuario (típicamente agrícola) a otro (típicamente proveedor de agua potable). Un contrato de opción se ejecuta cuando existe una condición climatológica que lo amerita y considera una compensación monetaria a los usuarios que entregan el agua.

Se hipotetiza en este trabajo que los contratos de opción son una alternativa para la gestión de recursos hídricos bajo condiciones de incertidumbre acerca de la disponibilidad hídrica futura y la existencia de múltiples intereses. Utilizando el caso de estudio de la cuenca del Río Aconcagua, se presenta una evaluación de este instrumento como una herramienta para reducir el impacto de las sequías en el consumo humano en un contexto de incertidumbre climática. De los resultados del análisis se obtiene que dependiendo del escenario climático las activaciones semestrales del contrato varían entre 0 a 49 veces para el periodo 2019-2061, con transferencias hacia el sector urbano entre 0 a 0,53 Mm<sup>3</sup>/año. Considerando un rango de valores del agua entre 0,54 y 1,54 USD/m<sup>3</sup> y un requerimiento mínimo de agua por cliente entre 0 y 20 m<sup>3</sup>/mes la compensación económica que tendría que realizar ESVAL hacia los agricultores está entre los 0 a 988 USD/cliente/año.

---

<sup>1</sup> Estudiante de Magíster en Ciencias de la Ingeniería

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Escuela de Ingeniería UC

<sup>3</sup> Centro de Cambio Global UC

<sup>4</sup> Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastre (CIGIDEN).

<sup>5</sup> Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS)

<sup>6</sup> Centro de Derecho y Gestión del Agua

<sup>7</sup> Departamento de Economía Agraria Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal UC

<sup>8</sup> Facultad de Derecho UC

## 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático plantea nuevas amenazas alrededor del mundo, entre ellos el aumento de la temperatura, cambio en la frecuencia de los eventos climático-extremos y la disminución en las precipitaciones, todo esto plantea nuevos desafíos para la seguridad hídrica (Vicuña et al., 2018). A partir de esto se han generado diferentes escenarios que proyectan los riesgos potencialmente altos para el futuro. Sin embargo, surge incertidumbre dados los distintos impactos previstos al utilizar los diferentes modelos climáticos globales (GCM) en múltiples escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (Revi et al., 2014).

Según Olmstead (2014), lo anterior puede afectar la variabilidad a corto plazo y disponibilidad a largo plazo de los recursos hídricos en varias regiones del planeta. Para hacer frente a esto se pueden usar diferentes estrategias, las cuales pueden clasificarse como estructurales, que son aquellas relacionadas con la construcción o el reacondicionamiento de infraestructuras (Ricalde et al., 2022), por ejemplo, reutilización de aguas residuales o construcción de nuevos embalses. Y las no estructurales son las que modifican el sistema del agua a través de la gestión, cambiando los procesos institucionales y las normativas sin alterar la configuración física del sistema (Ricalde et al., 2022). Como, por ejemplo, son el uso de herramientas financieras en los sistemas de recursos hídricos o los contratos de opción. Trabajos previos, como el de Ricalde et al. (2022), muestran que en un contexto de incertidumbre es importante poder contar con portafolios de medidas que sean capaces de responder de manera estructural y flexible frente a estos impactos.

Este trabajo se enfoca en la evaluación de los contratos de opción como un ejemplo de medida flexible de adaptación para hacer frente a los impactos de la sequía en el consumo de agua potable. Esta medida consiste en el traspaso temporal de agua desde un usuario a otro y la compensación monetaria a los usuarios que entregan el agua. Además, los contratos de opciones permiten que el titular posponga las decisiones de compra de agua hasta que se disponga de más información (e.g. Characklis et al., 2006; Kasprzyk et al., 2009), en este sentido la transferencia no ocurre hasta que se ejerza la opción de hacerlo, por lo que el contrato no se encuentra activo siempre. En el caso específico de este estudio, la transferencia se haría entre los agricultores (quienes darían el agua) y las empresas sanitarias (quienes recibirían el agua).

Considerando específicamente a Chile, este país se encuentra viviendo la peor sequía de su historia, la cual se ha extendido por 14 años. Esto ha llevado a que exista un déficit de precipitaciones de entre un 60% y 80% del promedio histórico, a una acumulación de nieve que registra déficits de más de un 85% y que los principales embalses del país se encuentren a tan solo un 34% de su capacidad (DGA, 2022). Además, se proyecta que en el futuro existirá un 61% de escasez de agua para uso doméstico a nivel país, lo cual se agrava aún más en algunas comunas (DGA, 2022). Considerando lo anterior, la necesidad de medidas para hacer frente al cambio climático se vuelve cada día más importante.

Este estudio se enfoca específicamente la cuenca del Aconcagua, la cual es responsable de abastecer a las principales ciudades de la región de Valparaíso, que son Viña del Mar y Valparaíso. Además, abarca alrededor de un 45% de la región de Valparaíso y se encuentra dividida en cuatro secciones con sus respectivas juntas de vigilancia. La región de Valparaíso es la segunda región con mayor población del país, con un 10% de la población total (INE, 2017) y es la tercera en generar el mayor PIB del país con un 7,7% (OBSERVA, 2022). Además, a abril del 2023 existían 37 de 38 comunas con decreto de escasez vigentes en esta zona, lo que corresponde a un 97% de la región (DGA, 2023). Por otro lado, el Ministerio de Medio Ambiente estima que en la Región de Valparaíso en el futuro habrá una escasez de agua para el

uso doméstico en el sector urbano de un 88% (DGA, 2022). La disminución en las precipitaciones y la distribución de la cuenca ha generado una gran variedad de conflictos entre los regantes de las diferentes juntas de vigilancia y la empresa sanitaria ESVAL, lo cual ha llevado a que sea aún más complicado tomar decisiones para mejorar la gestión de los recursos hídricos en la zona.

## 2. METODOLOGÍA

En la presente sección se presenta la metodología utilizada para el desarrollo de la evaluación del instrumento. Esta sección se encuentra dividida en tres partes. La primera parte trata sobre la elección de los modelos climáticos utilizados, la segunda presenta la implementación del contrato de opción en WEAP y por último se describe la forma de calcular la compensación.

### 2.1. ELECCIÓN DE MODELOS CLIMÁTICOS

Para abordar la incertidumbre, se decidió trabajar con dos escenarios de emisión basados en último informe del IPCC. Un escenario optimista, conocido como SSP126 y otro pesimista, denominado SSP585 (IPCC, 2023). Dentro de estos escenarios de emisiones existe una gran cantidad de modelos climáticos, pero no todos se adecuan de buena forma a la zona de estudio. Para poder determinar cuáles eran los mejores modelos con los que trabajar se utilizaron dos índices de sesgo. El primero es el sesgo promedio anual (SPA), que mide el promedio anual de las precipitaciones o temperatura ( $\bar{x}$ ) del modelo  $j$  en la estación  $i$  y lo compara con el mismo valor calculado para la estación  $i$  (ver Ec. 1). El segundo es el índice de coeficiente de variación (SCV), el cual mide el cociente entre el coeficiente de variación ( $\frac{s}{\bar{x}}$ ) del modelo  $j$  en la estación  $i$  y el coeficiente de variación en la estación correspondiente (ver Ec. 2). Tanto en el caso de la Ec. (1) como (2), mientras más cercano a cero sea el valor, mejor será el ajuste del modelo. Por otro lado, dado que se tiene una gran cantidad de estaciones, se realizó la suma del índice de coeficiente de variación para todas las estaciones  $i$  y también para cada variable  $k$  (precipitación y temperatura), al igual que con el índice de precipitaciones anuales. Finalmente, sacando un promedio de ambos índices para cada modelo, se obtiene los valores utilizados para seleccionar los modelos que mejor ajustan (Ec. 3).

$$SPA_i = \frac{\bar{x}_{ji} - \bar{x}_i}{\bar{x}_i} \quad (1)$$

$$SCV_i = \frac{\frac{s_{ji}}{\bar{x}_{ji}} - \frac{s_i}{\bar{x}_i}}{\frac{s_i}{\bar{x}_i}} \quad (2)$$

$$MR = \frac{\sum_k \sum_i SPA_{ki} + \sum_k \sum_i SCV_{ki}}{2} \quad (3)$$

## 2.2. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OPCIÓN

Para la modelación de la cuenca se utilizó el modelo desarrollado para la cuenca del Río Aconcagua por la Dirección General de Agua en el contexto del desarrollo de los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (DGA, 2020). Este modelo utiliza la herramienta WEAP (Yates et al., 2005) para la modelación superficial y MODFLOW (Harbaugh, 2005) para la modelación subterránea. Para poder simular cómo funcionaría el contrato de opción lo que se hizo fue realizar un cambio de prioridades en la asignación del agua desde la agricultura hacia el agua potable en aquellos sitios pertenecientes a la operación de la empresa sanitaria ESVAL (puntos naranja y rosado en la Figura 2.2).

Este cambio ocurre cuando el índice de precipitaciones estandarizado (IPE) o el índice de caudales estandarizado (ICE) se encuentra bajo un cierto valor umbral. El IPE corresponde al número de desviaciones estándar que la precipitación acumulada se desvía del promedio climatológico, en ese caso desde 1980 a 2018. Mientras, que el ICE hace referencia al número de desviaciones estándar que el caudal acumulado se desvía del promedio climatológico. Según el decreto N°1331 de la DGA, en la determinación de decretos de escasez para la región de Valparaíso se debe utilizar un promedio de los últimos 12 meses para el caso del IPE y de los últimos 6 para el caso del ICE. En la Figura 2.2 se puede ver los puntos donde se realiza el cálculo tanto del ICE como del IPE.

Por otro lado, el decreto N°1331 también establece que se considerará que existe una situación de escasez hídrica cuando el valor de cualquiera de los dos indicadores sea menor a -1.04. En este trabajo se decidió sensibilizar el valor del gatillo (umbral) y para esto se consideró lo desarrollado por Mckee et al. (1993) y se decidió considerar gatillos más extremos de -1,54 y -2,04, es decir, una sequía severa y extrema respectivamente.

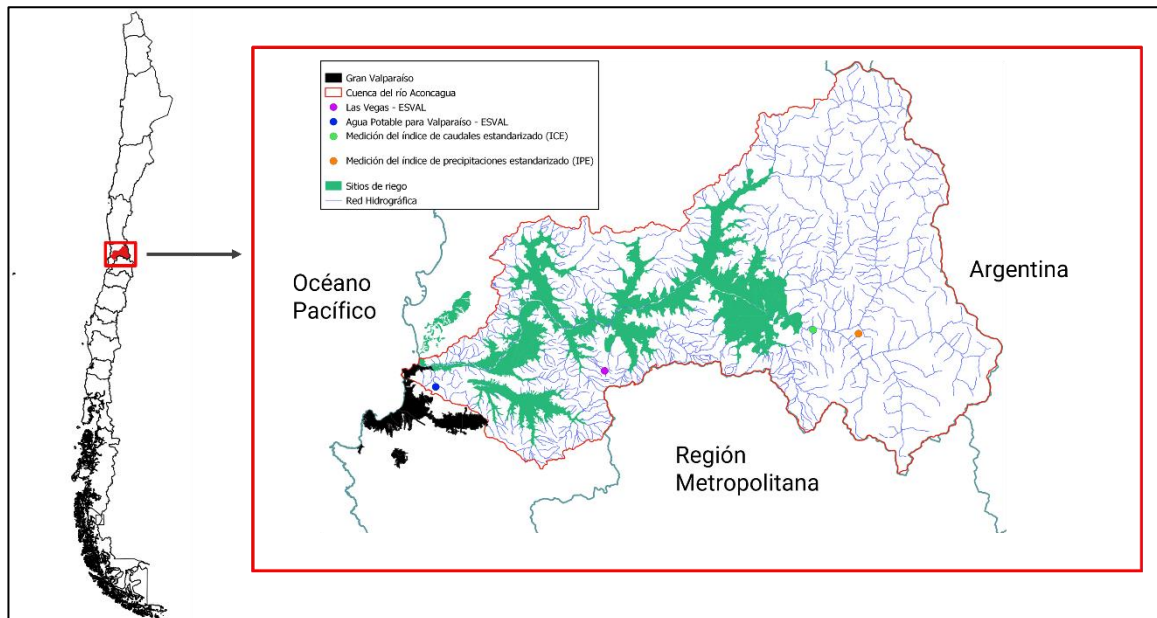


Figura 2.2: Puntos relevantes a considerar dentro de la cuenca  
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se tomó la decisión de que la evaluación de la activación se realizaría a principios del año hidrológico y a mediados de año, es decir, en abril y octubre. Sin

embargo, los índices se calculan de forma mensual. Además, el contrato, estará activo durante 6 meses, en otras palabras, si es que el contrato es activado ya sea en abril y octubre este permanecerá activado hasta la siguiente evaluación. Se considera que el contrato se activa cuando los índices (ICE o IPE) se encuentran bajos los valores ya indicados. Esto ocurrirá durante todo el periodo de estudio que va desde 2019 hasta 2061, para así considerar el futuro a mediano plazo.

### 2.3. CÁLCULO DE LA COMPENSACIÓN

Se calcula un valor de compensación para cubrir las pérdidas que tendría el sector agrícola producto del agua cedida para el uso urbano. Para poder realizar este cálculo es necesario conocer el valor del agua en la zona de estudio. Para hacer este cálculo se utilizó una metodología similar a la usada en Vicuña et al. (2022). En este sentido, lo que se hizo fue tomar una lista de diferentes frutales, viñas, hortalizas, cereales y forrajeras con el fin de obtener un cultivo de referencia.

Con el cultivo de referencia ya establecido, se utilizaron los costos por hectárea disponibles en la página de la oficina de estudios y políticas agrarias (ODEPA)<sup>9</sup>, donde se priorizó los valores disponibles para la región de Valparaíso, mientras que, si es que no estaba disponible, se revisaban los valores en la región Metropolitana. En caso de no encontrar en esa última región, se procede a revisar la siguiente región más al sur en orden.

Por otro lado, también es necesario conocer el requerimiento de agua de cada cultivo en metros cúbicos por hectárea y para esto se utilizaron los valores usados en Vicuña et al. (2022) que se obtuvieron a partir del modelo WEAP. Con estos dos valores finalmente, se obtiene el valor de agua en pesos por metro cúbico, dividiendo el costo por hectárea por requerimiento.

Tabla 2.1: Valor del agua por tipo de cultivo

Tipos de cultivo	Valor del agua (\$/m <sup>3</sup> )
Cereales	226
Forrajeras	133
Hortalizas	3.033
Viñas	847
Frutales	773

Fuente: Elaboración propia.

Para poder llevar estos valores a la zona de estudio, es decir, a la cuenca del Aconcagua, se consideraron los datos disponibles en el Censo Agropecuario del 2007<sup>10</sup> y el catastro frutícola para la región de Valparaíso realizado en el año 2020<sup>11</sup> para la provincia de San Felipe. Con estos datos se obtuvo la cantidad de hectáreas utilizadas por cada grupo de cultivos en las comunas de San Felipe, Catemu, Llaillay, Panquehue, Putaendo y Santa María.

<sup>9</sup> <https://www.odepa.gob.cl/fichas-de-costos>

<sup>10</sup> <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>

<sup>11</sup> <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/70428/catastroFruticolaValpo2020.pdf>

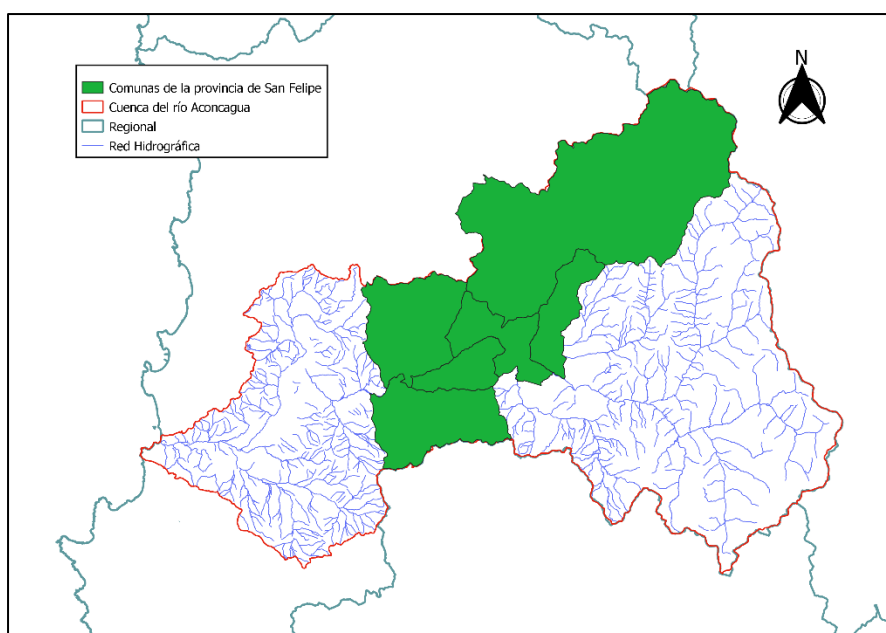


Figura 2.3: Ubicación de las comunas de la provincia de San Felipe.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de esto se puede calcular el porcentaje que representa cada grupo de cultivo y así ponderar los precios<sup>12</sup> ya obtenidos por estos porcentajes.

Tabla 2.2: Valor del agua ponderado por superficie en cada comuna de la provincia de San Felipe.

Comuna	Valor del agua ponderado por superficie (USD/m <sup>3</sup> )
San Felipe	0,85
Catemu	0,83
Llaillay	0,87
Panquehue	0,74
Putaendo	0,86
Santa María	0,92

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, sacando un promedio de los valores obtenidos para cada comuna, se obtiene que el valor del agua a utilizar es de 0,85 USD/m<sup>3</sup>. Al igual que con los gatillos, este valor fue sensibilizado quedando así con tres valores a usar 0,35, 0,85 y 1,35 todos en USD/m<sup>3</sup>.

Por otra parte, es necesario también conocer el umbral de subsistencia, es decir, cuanta es la cantidad de agua que un domicilio debería utilizar por mes. Esto para ir en línea con lo que establece el Código de Aguas, modificado por la Ley 21.345, acerca del acceso al agua y saneamiento, donde el uso de agua se limita a aquellas necesidades básicas y esenciales para la vida (Vicuña et al, 2022). En este caso se considera una compensación total y una parcial, para la cual se consideraron umbrales de 10, 15 y 20 m<sup>3</sup>/mes por domicilio, esto basado en lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera como acceso óptimo para fines de derechos humanos al agua, también en lo establecido por la Corte Suprema en algunas

<sup>12</sup> Considerando un valor de cambio de 857,66.

sentencias pronunciadas en casos de falta de acceso al agua potable<sup>13</sup> y lo que define el artículo 2 letra b) de la Ley N°18.778 de 1989 (Vicuña et al., 2022).

Para poder estimar el volumen de agua transferida que debe ser compensada, se consideraron los datos de consumo por rango, entregados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), utilizando los reportes de ESVAL (reporte SIFAC II)<sup>14</sup> (Vicuña et al., 2022). Se consideró el promedio mensual de los datos de consumo de agua por rango para el período que va desde enero de 2019 hasta diciembre de 2021 y para el Gran Valparaíso, lo que incluye las comunas de Viña del Mar, Valparaíso, Concón, Quilpué y Villa Alemana (Vicuña et al., 2022).

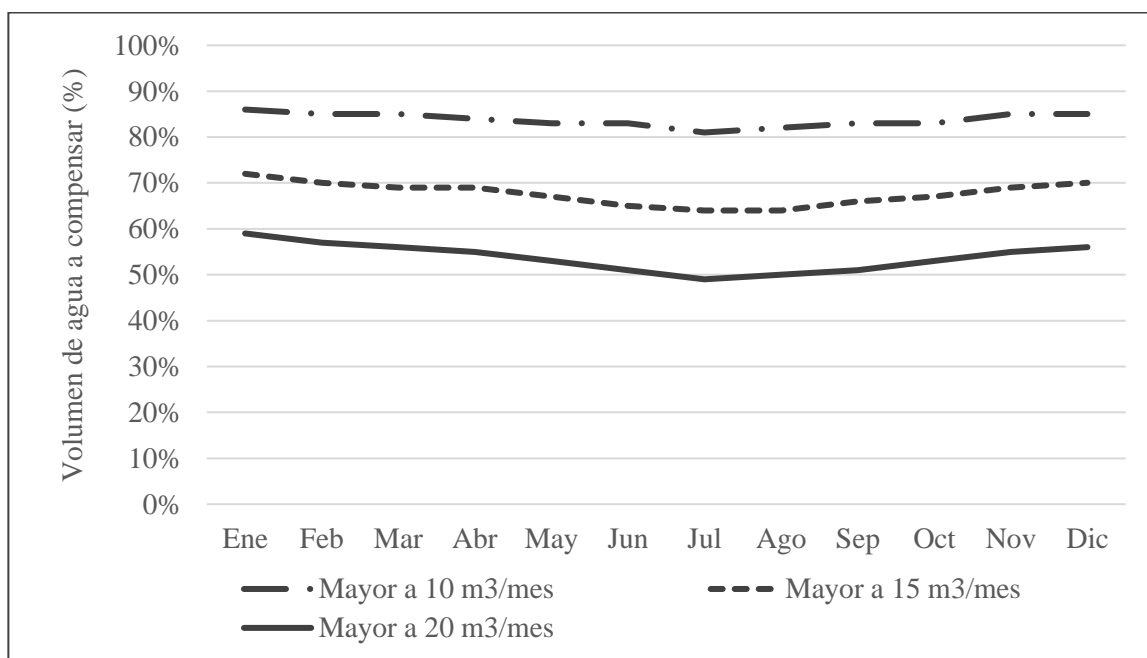


Figura 2.4: Volumen de agua a compensar, considerando distintos umbrales de uso personal y doméstico o consumo humano.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la compensación se calcula como:

$$\text{Monto a compensar} =$$

$$\text{Porcentaje a compensar} * \text{Volumen de agua recibido} * \text{Valor a compensar} * \text{Indice de estacionalidad}$$

El índice de estacionalidad cambia según si la activación ocurrió en abril u octubre. Por otro lado, el volumen de agua recibido por ESVAL también va a ir cambiando según el periodo en el que se activa el contrato.

Finalmente, para poder obtener el volumen de agua cedido lo que se hace es obtener la suma de cada mes para el periodo 2019-2021 para todos los sitios de riego y para los dos sitios de ESVAL. Estos valores se multiplican por el umbral que se esté evaluando y por el valor del agua en cuestión. Luego, se suman los valores mensuales para obtener el valor anual y se divide en el periodo de evaluación; para así obtener finalmente el valor promedio anual.

<sup>13</sup> Ver sentencias en casos Dusta, Almendra y otros con Gobernación Provincial de Petorca y otra (2020); Gallardo Castro, Ximena y otras con Anglo American Sur S.A (2021); e INDH con SEREMI de Salud de Valparaíso y otra (2021).

<sup>14</sup> ver <https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-7247.html>

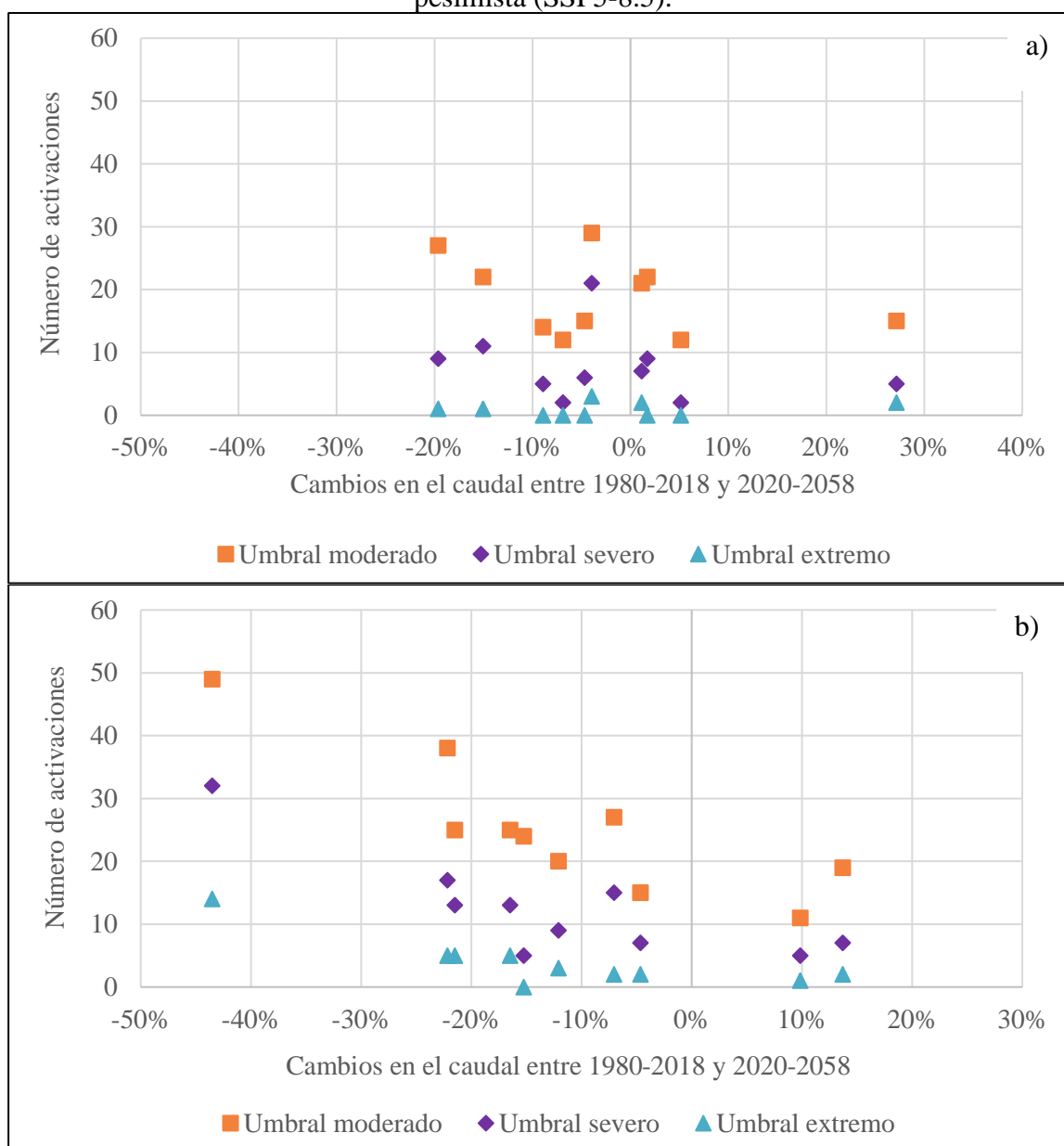
### 3. RESULTADOS DEL CASO DE ESTUDIO

A continuación, se muestran los resultados obtenidos siguiendo la metodología presentada anteriormente. En primer lugar, se muestran los resultados relacionados con la implementación del contrato y, en segundo lugar, se muestran los resultados para la compensación económica.

#### 3.1. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTRATO

Obteniendo ya los resultados de la implementación del contrato podemos ver en la figura 3.1 cómo varía la cantidad de activaciones versus el cambio en el caudal recibido por los sitios de ESQL producto de la activación en el periodo de entre 2019 y 2061.

Figura 3.1: Número de activaciones para distintos umbrales de sequía versus cambio en caudal en distintos escenarios climáticos para: a) escenario favorable (SSP1-2.6) y b) escenario pesimista (SSP5-8.5).

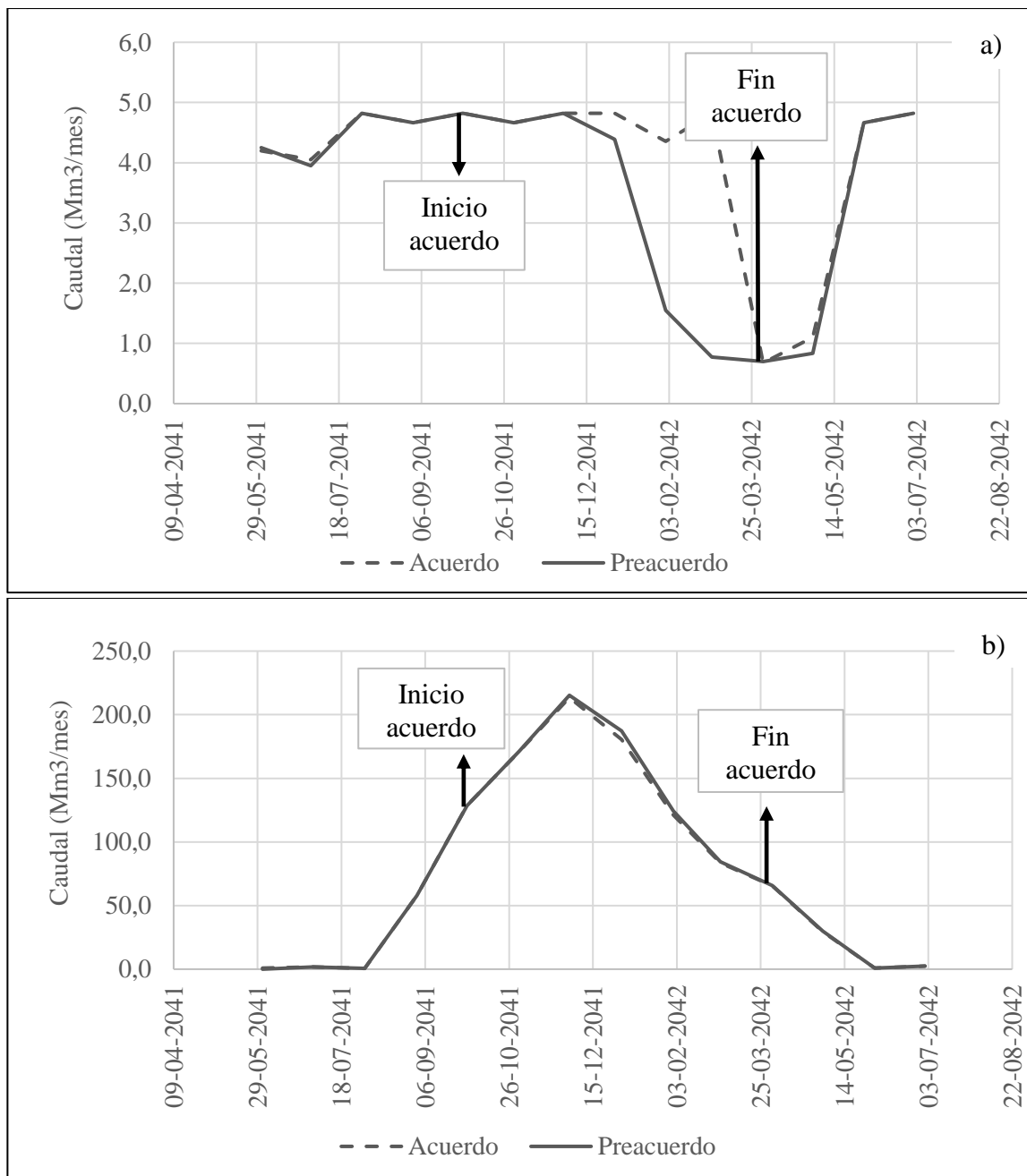


Fuente: Elaboración propia.



A continuación, se muestra un ejemplo de lo que ocurre cuando existe una activación del contrato tanto para los sitios de riego de la cuenca como para los sitios pertenecientes a ESVAL.

Figura 3.2: Ejemplo de activación de acuerdo para el modelo NESM3 y escenario SSP585 período junio de 2041 a julio de 2042. Nota: a) Caudal de agua que recibe ESVAL; b) Caudal que reciben los sitios de riego.



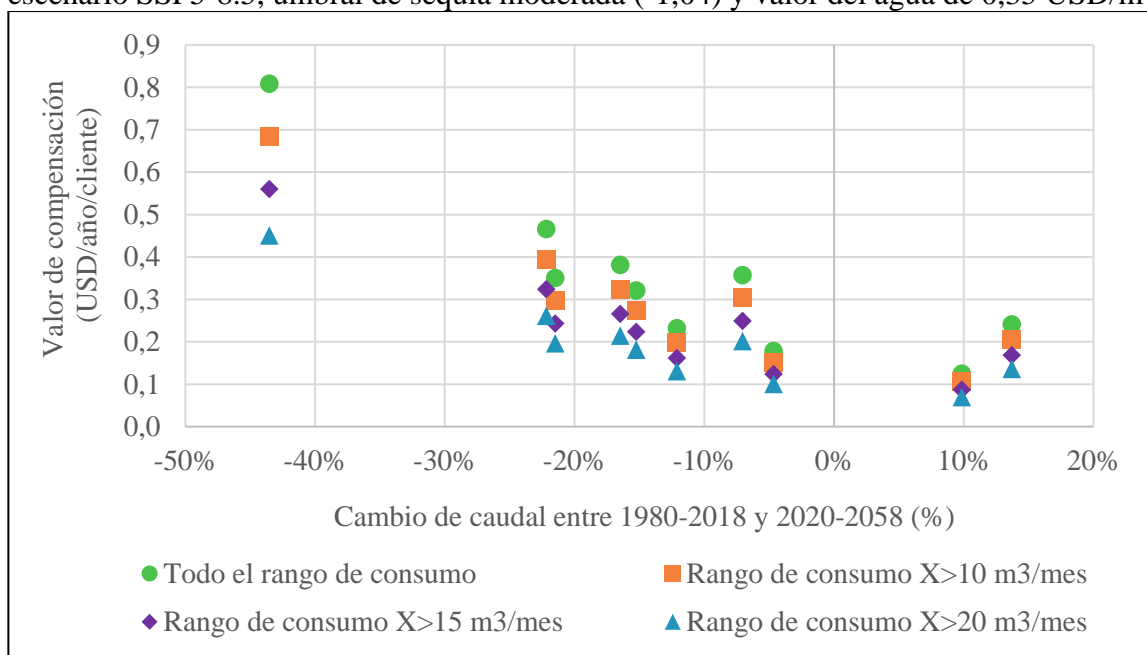
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. CÁLCULO DE LA COMPENSACIÓN

Como ya se vio en las secciones anteriores por cada modelo utilizado se tienen tres valores de volumen de agua dado que existen tres gatillos. Además, también se tienen tres valores para el precio del agua y para el umbral de subsistencia. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, se muestra solo un ejemplo de lo que se obtiene al aplicar la metodología del cálculo

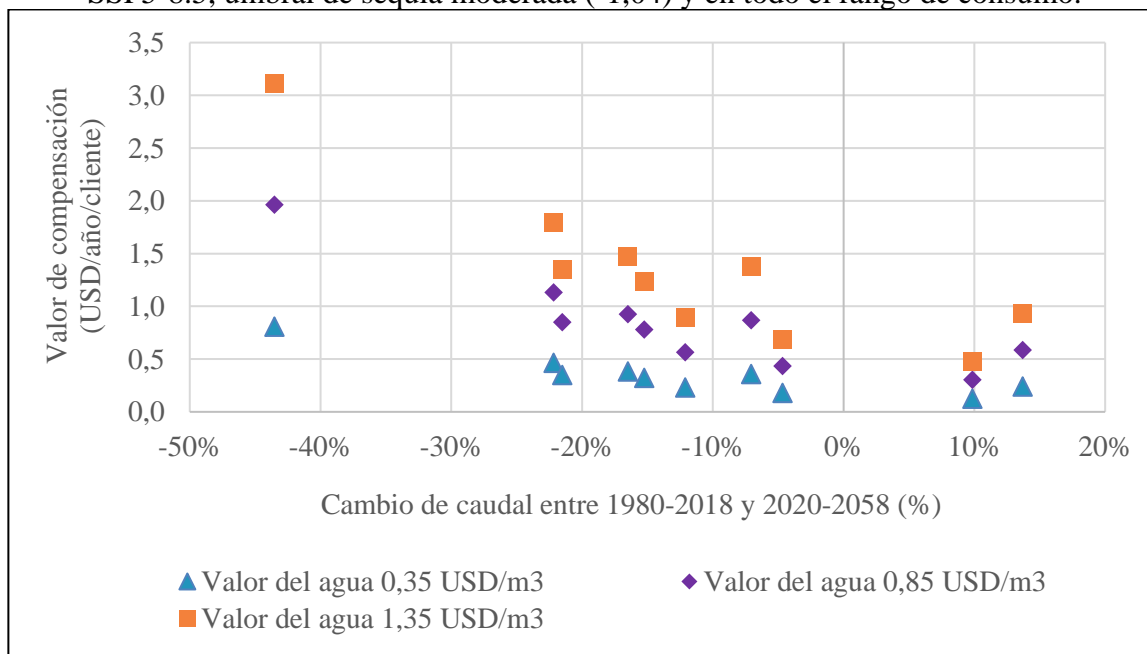
de la compensación. Es relevante destacar que los datos de consumos por clientes fueron facilitados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Figura 3.3: Valor de compensación para cada rango de consumo. Nota: Considerando el escenario SSP5-8.5, umbral de sequía moderada (-1,04) y valor del agua de 0,35 USD/m<sup>3</sup>.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.4: Valor de compensación para cada valor de agua. Nota: Considerando el escenario SSP5-8.5, umbral de sequía moderada (-1,04) y en todo el rango de consumo.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Analizando primero lo que ocurre con la implementación del contrato, de la Figura 3.1, un primer hallazgo, es que algunos modelos se activan una mayor cantidad de veces pese que no sean aquellos una menor disponibilidad de caudal; por ejemplo, el modelo CMCC- ESM2 en

ambos escenarios. Lo anterior se debe a que los índices IPE y ICE de estos modelos resultan ser más críticos en los meses en los que se definió que se activaría el contrato, es decir, en abril y octubre. Un segundo hallazgo es que a pesar de que exista un aumento de caudal igualmente se activa el acuerdo. Esto permite llegar a la conclusión de que existe una situación base que haría que exista escasez en los periodos futuros, pese a tener una mejor situación que la actual. Finalmente, también es posible apreciar que en el caso pesimista existe un mayor número de activaciones, pero a la vez existe una mayor dispersión comparado con el escenario optimista.

Por otro lado, como se puede apreciar en las Figura 3.2 y 3.3, la activación del contrato permite mantener más constante la cantidad de agua que recibe ESVAL para poder abastecer al Gran Valparaíso. En estas mismas figuras se puede apreciar que la activación del contrato disminuye la cantidad total de recursos hídricos que reciben los sitios de riego a lo largo de la cuenca. A pesar de que en las Figuras 3.2 y 3.3 solo muestran un ejemplo de activación del acuerdo, este comportamiento se puede extrapolar a lo largo de todo el periodo de estudio.

De las Figuras 3.3 y 3.4, se puede apreciar que a medida que va en disminuye el rango de compensación (aumenta el umbral), los montos a compensar disminuyen, lo cual es esperable ya que se está considerando cada vez un menor volumen de agua. Lo mismo ocurre cuando se aumenta el valor unitario del agua, es decir; a mayor valor, más alto es el monto a compensar.

Mirando ahora lo que ocurre al cambiar el gatillo, se ve que con los valores más elevados el valor de la compensación disminuye. Esto se debe a que con un gatillo más exigente la cantidad de activaciones será menor, como ya analizamos anteriormente, y por lo tanto existirá un menor volumen de agua recibida o cedida por parte de los usuarios analizados. Este mismo comportamiento ocurre en todos los modelos y escenarios de compensación, lo único que varía es el monto a ser compensado por parte de la empresa sanitaria.

Considerando un domicilio en el Gran Valparaíso de cuatro personas que consumen  $18 \text{ m}^3/\text{mes}$ , y los datos de tarifas expuestos en la página de ESVAL<sup>15</sup>, se obtiene que el valor de la cuenta es de \$36.400/mes aproximadamente y convirtiendo este valor a dólares se obtiene un costo de 42,44 USD/mes<sup>16</sup>. Finalmente, llevando este número a un valor anual se tiene 509,28 USD/cliente/año. Comparando este valor con los valores expuestos en la Figura 3.4, se puede apreciar que el valor más elevado representa un 0,61% de la cuenta referencial.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo sugieren que los contratos de opción permitirían mejorar la seguridad hídrica de la zona donde estos son aplicados. Dado que la demanda insatisfecha de la empresa ESVAL sería menor que en el caso de no existir en un futuro este tipo de herramientas. Sin embargo, es importante destacar que la idea de este tipo de herramientas es que funcionen como un seguro y, por lo tanto, es una acción complementaria a otras posibles acciones de control de demanda o de medidas estructurales, como la reutilización de aguas grises, las plantas desalinizadoras y los embalses. Para poder lograr que los contratos tengan esta función y no sea algo que se encuentre activo de forma permanente, es relevante la elección del valor que toman los índices a la hora de ser activados, ya que esto va a determinar si es que cuento o no con el seguro.

Además, a pesar de todos los beneficios que estas herramientas traen consigo, se debe considerar las posibles repercusiones que pueden traer consigo para los usuarios agrícolas más

---

<sup>15</sup> <https://www.esval.cl/personas/necesito-ayuda/tus-boletas-y-cobros/tarifas/>

<sup>16</sup> Considerando un valor de cambio de 857,66.

allá del tema económico, por ejemplo, pérdidas de empleos o terrenos o cambios en el uso del suelo. También, se podría abrir la posibilidad de que la compensación hacia las juntas de vigilancia no sea económica, sino que sean recursos hídricos reutilizados o recuperados de fuentes de las empresas sanitarias, por ejemplo, la reutilización de agua proveniente de los emisarios submarinos.

Lo que se quiere lograr con la inclusión de instrumentos flexibles en la política públicas es ampliar el abanico de opciones que se tiene hoy en día para la gestión de los recursos hídricos, en particular en aquellas zonas que presentan un mayor nivel de conflictos sociales y con una menor disponibilidad natural de agua.

## AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue desarrollado con el apoyo de los proyectos Fondecyt 1211846, ANID Sequía (FSEQ210018) y el Centro de Políticas Públicas UC.

## REFERENCIAS

Characklis, G., Kirsch, B.R., Ramsey, J., Dillard, K. and Kelley, C.T. (2006). Developing portfolios of water supply transfers, *Water Resources Research*, 42, W05403.

Dusta, Almendra y otros con Gobernación Provincial de Petorca y otra (2020): Corte Suprema, 6 de agosto de 2020, Rol 1.348-2020.

Gallardo Castro, Ximena y otras con Anglo American Sur S.A. (2021): Corte Suprema, 18 de enero de 2021, Rol 72.198-2020.

Harbaugh, A. W. (2005). MODFLOW-2005, the US Geological Survey modular ground-water model: the ground-water flow process (Vol. 6). Reston, VA, USA: US Department of the Interior, US Geological Survey.

Instituto de Derechos Humanos con SEREMI de Salud de Valparaíso y otra (2021): Corte Suprema, 23 de marzo de 2021, Rol 131.140-2020.

Instituto Nacional de Estadística. (2017). *CENSO 2017*. Recuperado de <http://resultados.censo2017.cl/>.

Panel intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático. 2023. SYNTHESIS REPORT OF THE IPCC SIXTH ASSESSMENT REPORT (AR6). Recuperado de: [https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_LongerReport.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf).

Kasprzyk, J. R., P. M. Reed, B. R. Kirsch, and G. W. Characklis (2009), Managing population and drought risks using many-objective water portfolio planning under uncertainty, *Water Resour. Res.*, 45, W12401, doi:10.1029/2009WR008121.

McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993) The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, 17-22 January 1993, 179-184.

Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, (2020). Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca del Aconcagua: informe final. Recuperado de: <https://snia.mop.gob.cl/repositorioidga/handle/20.500.13000/125414?locale-attribute=es#:~:text=El%20objetivo%20general%20de%20este%20estudio%20es%20proponer,que%20aseguren%20su%20abastecimiento%20en%20cantidad%20y%20calidad.>

Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Chile. (2023). Decretos de escasez vigentes. Recuperado de: <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>. Ministerio

de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Chile. (2022). *Decreto N° 1331*.

Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Agua. (2022). *Plan de Sequía*. Recuperado de <https://www.gob.cl/plansequia/#:~:text=Chile%20atraviesa%20la%20m%20C3%A1s%20profunda,trabajo%20de>

20todos%20como%20sociedad.

Olmstead, S. (2014). Climate change adaptation and water resource management: A review of the literature. *Energy Economics*, 46, 500-509.

Observatorio del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2022). *PIB total y per cápita regional*. Recuperado de <https://observa.minciencia.gob.cl/indicadores/contexto-socioeconomico/pib-per-capita-regional>.

Revi, A., Satterthwaite, D., Aragon-Durand, F., Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R. B. R., Pelling, M., . . . Solecki, W. (2014). Urban areas. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, . . . L. L. White (Eds.), *Climate change 2013, impacts, adaptation, and vulnerability-Working Group II Contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. New York, NY: Cambridge University Press.

Ricalde, I., Vicuña, S., Melo, O., Tomlinson, J. E., Harou, J. J., & Characklis, G. (2022). Assessing tradeoffs in the design of climate change adaptation strategies for water utilities in Chile. *Journal of environmental management*, 302, 114035.

Vicuña, S., Gil, M., Melo, O., Donoso, G., & Merino, P. (2018). Water option contracts for climate change adaptation in Santiago, Chile. *Water International*, 43(2), 237-256.

Vicuña S., Gironás J., Melo O., Rivera D., Molinos M., (2022). Acuerdos contingentes como instrumentos flexibles para reducir los impactos de las sequías en consumo humano en contexto de incertidumbre. En: Centro de Políticas Públicas UC (ed), *Propuestas para Chile. Concurso de Políticas Públicas 2022*. Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 211-232.

Yates, D., Sieber, J., Purkey, D., Huber-Lee, A., & WEAP21, À., (2005). A demand, priority, and preference driven water planning model: Part 1, model characteristics. *Water Int*, 30(4), 487-500.