

Cambio climático

El incierto futuro del consumo de agua potable en Santiago

Juan Manuel **Fercovic**¹ / jmfercov@uc.cl

Óscar **Melo**² / omelo@uc.cl

1 Tesista de pregrado
2 Docente del Departamento de Economía Agraria



Muchos de los estudios que buscan evaluar los impactos del cambio climático en el consumo de agua, se centran en la disponibilidad futura del recurso hídrico y el efecto que esto tendrá en los sistemas naturales y la sociedad. Sin embargo, para una adecuada y completa evaluación del fenómeno, también se deben considerar los efectos que podría tener en la demanda de agua. Entonces, ¿cómo afectará el cambio climático al consumo de agua potable en Santiago de Chile?



El cambio en temperatura y precipitación que podría traer el cambio climático afectará el consumo residencial de agua potable en la medida que altere los patrones de consumo del hogar. Adicionalmente, en climas con marcada estacionalidad, adquiere especial relevancia en el patrón de consumo de agua potable a lo largo del año.

Estudios realizados en el extranjero han separado el consumo residencial de agua potable entre aquel que se realiza al interior de la vivienda y aquel que se efectúa al exterior de esta. Al interior los usos de agua más comunes son para la eliminación de excretas, aseo personal, lavado de ropa y la alimentación; en el exterior del hogar, el riego del pasto y del resto del jardín, lavado de autos y mantención de piscinas, entre otros.

Algunos estudios se han concentrado en explicar cómo las variables climáticas afectan el consumo total de agua potable y, a partir de esta información, han hecho proyecciones respecto del efecto del cambio climático. Sin embargo, para poder estimar el cambio en el consumo total de una zona geográfica, es necesario contar con una proyección de la po-

blación que ésta tendrá en el año en que se evalúen los cambios en el clima.

Con esa idea, la Universidad Católica realizó un estudio en que estimó un modelo que relacionara las variables climáticas con el consumo per cápita de agua potable residencial. Se realizó una proyección de la población para los períodos a evaluar. Se utilizaron proyecciones existentes de cambio climático para modelar el cambio en el consumo per cápita; así como la proyección poblacional y consumo per cápita estimado para proyectar la demanda total de agua potable, sin cambio climático y bajo distintos escenarios de cambio climático.

El consumo de agua potable

Al observar el consumo total de agua potable en el Gran Santiago para cada mes de los años 1999 a 2007, se encuentra una clara estacionalidad del consumo: aumenta en los meses más cálidos (enero, febrero, marzo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre) y disminuye en los más fríos (abril, mayo, junio, julio y agosto). Se observa también un aumento desmedido en el consumo durante el año 2002, para lo cual no se pudo obtener una explicación satisfactoria (Figura 1).



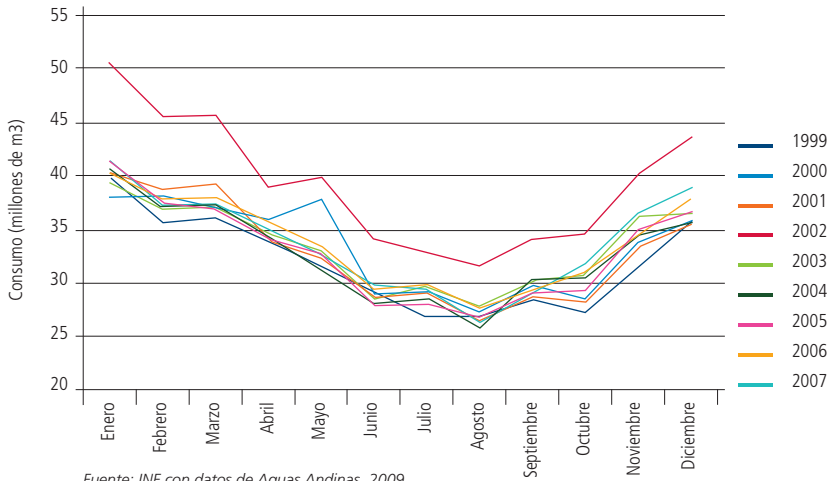
CUADRO 1

Proyección de temperatura media y precipitación para escenarios A2 y B2 de cambio climático

Cambio en	Año	Escenario	
		A2	B2
Temperatura media	2020	0,75 °C	0,75 °C
	2040	2,00 °C	1,25 °C
	2070	3,00 °C	2,75 °C
Precipitación	2020	0%	-2,5%
	2040	-15%	-15%
	2070	-25%	-15%

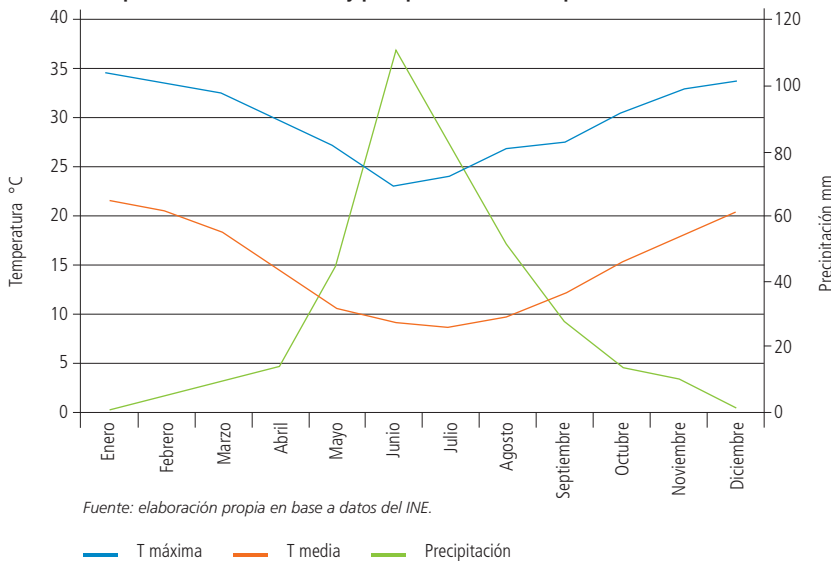
Fuente: elaboración propia en base a datos del DGF, 2006.

FIGURA 1
Consumo mensual de agua potable en el Gran Santiago



Fuente: INE con datos de Aguas Andinas, 2009.

FIGURA 2
Temperatura media, máxima y precipitación mensual promedio 2000-2007



Fuente: elaboración propia en base a datos del INE.

Temperatura y precipitación

La serie de datos de temperatura media, máxima (absoluta) y precipitación para cada mes entre los años 2000 y 2007 en Santiago se obtuvo del INE (Figura 2). Se utilizó información de la estación meteorológica de Quinta Normal (855770).

Por su parte, las proyecciones de temperatura y precipitación –bajo distintos escenarios de cambio climático– se obtuvieron del documento Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Informe final del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile para la CONAMA (DGF, 2006). En este estudio se estimó la variación de temperatura y precipitación según dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (A2 y B2), basados en el modelo del clima global HadCM3, de acuerdo a lo que fue definido por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007). El escenario A2 considera un alto nivel de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), mientras que el escenario B2 considera un nivel moderado. Ambos escenarios de cambio climático son evaluados en los años 2020, 2040 y 2070. De esta forma, se tienen seis escenarios: A220, A240, A270, B220, B240 y B270 (Cuadro 1).

Adicionalmente se consideró un escenario base sin cambio climático, que utiliza las medias de temperatura máxima y precipitación para cada mes de los años 2000 a 2007 (excepto 2002) para los tres periodos futuros 2020, 2040 y 2070.

CUADRO 2

Parámetros estimados para el modelo de consumo de agua potable en Santiago

Parámetro	Meses cálidos	Meses fríos
b ₀	6,9***	8,9***
b ₁	0,1***	-0,03*
b ₂	-0,8**	-0,6**
b ₃	-0,002	0,0005

*= significativo al 10% / **= significativo al 5% / ***= significativo al 1%.



voz académica

Modelo predictivo del consumo per cápita de agua en Santiago

Para predecir el efecto que tendrán los cambios del clima en el consumo de agua potable, el estudio incluyó la estimación de un modelo econométrico que relaciona el consumo mensual de agua potable en Santiago. Específicamente, se trabajó la relación entre temperatura máxima y consumo de agua potable per cápita para el período en estudio (Figura 3). Sin embargo, como han encontrado otros estudios, se obtienen mejores resultados si se estiman modelos distintos para los meses cálidos y los meses fríos (junio, julio y agosto).

El modelo estimado para predecir el consumo de agua potable para Santiago, tiene la siguiente forma:

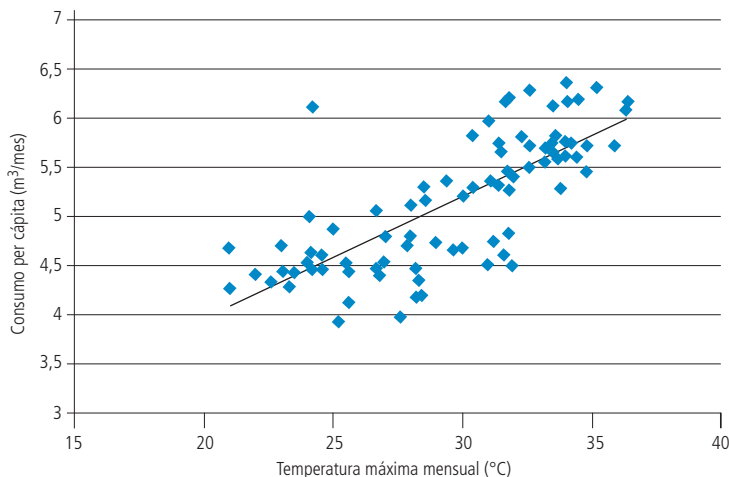
$$Y = b_0 + b_1 * Tmax + b_2 * Población + b_3 * Precipitación$$

Donde:

- Y representa el consumo de agua potable per cápita en metros cúbicos
- Tmax es la temperatura máxima mensual en °C
- Población es la población total de Santiago en millones de personas
- Precipitación es la precipitación total mensual en milímetros
- b₀, b₁, b₂ y b₃ son parámetros a ser estimados.

La estimación del modelo para las dos épocas del año entregó los siguientes coeficientes (Cuadro 2).

FIGURA 3
Relación entre consumo mensual per cápita y temperatura máxima en Santiago, 1999-2007



Fuente: elaboración propia en base a datos del INE.



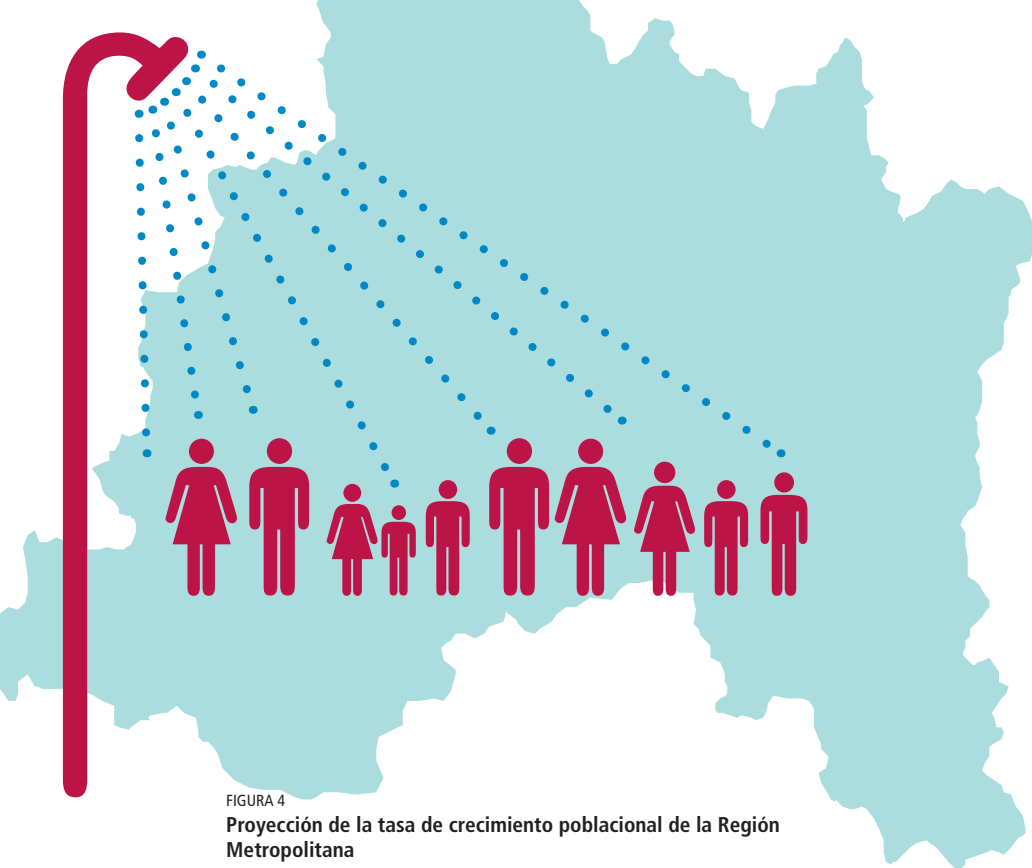
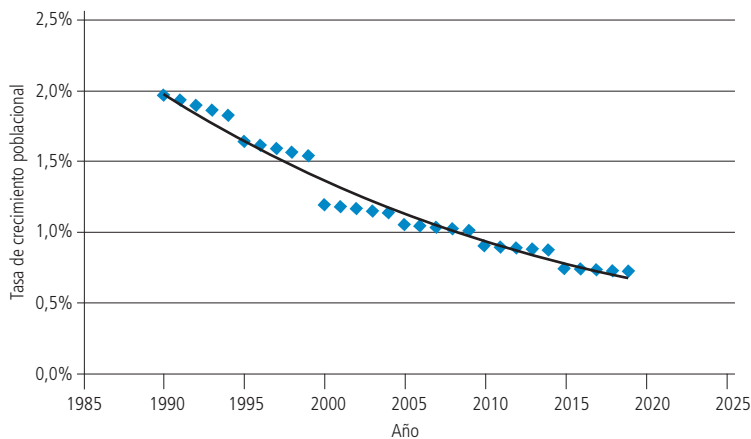
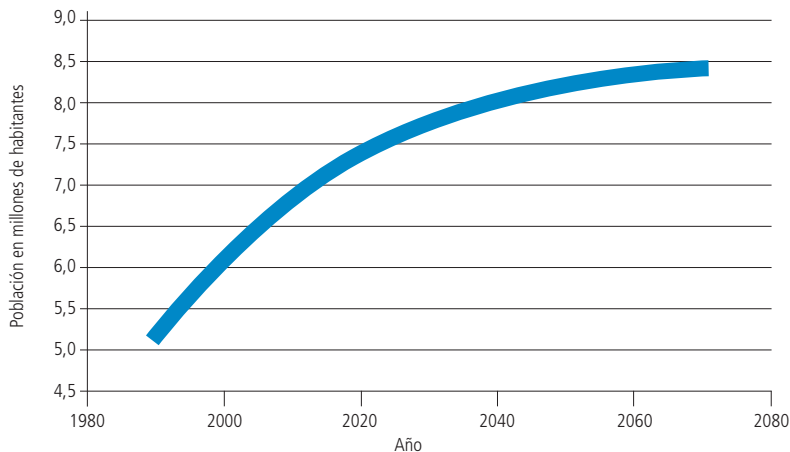


FIGURA 4
Proyección de la tasa de crecimiento poblacional de la Región Metropolitana



Fuente: elaboración propia en base a datos del INE.

FIGURA 5
Proyección de la población de la Región Metropolitana



Fuente: elaboración propia en base a datos del INE.

Población

Para incluir a la población en la ecuación y estimar el consumo agregado de la Región Metropolitana, fue necesario proyectarla con la serie y proyección de población para la Región Metropolitana para los años 1990 hasta 2020 del INE. Con esta serie se estimó una línea de tendencia (exponencial) para la tasa de crecimiento del período (Figura 4) y, con ella, se proyectó luego la población de la Región Metropolitana hasta el año 2070 (Figura 5).

Proyección del consumo de agua per cápita

El modelo estimado pronostica una disminución del consumo por habitante en los tres años considerados en este estudio. Sin embargo, esta disminución es menor en los escenarios con cambio climático:

Al multiplicar este consumo per cápita –pronosticado por el modelo– por la proyección de habitantes para la provincia de Santiago, se obtiene la evolución del consumo total (Figura 6), el cual disminuye en el tiempo, e incluso es menor al año 2070 y para el escenario A2.

Una cuantificación del efecto neto del cambio climático en el consumo (Cuadro 4) revela que, en el corto plazo (2020), el consumo de agua total en la provincia pondría ser cerca de un 2% mayor, producto del cambio climático, pero en el largo plazo (2070), esta diferencia sería cercana al 11%.

De esta forma, los resultados de este estudio preliminar indican que el cambio climático tendría un efecto creciente en el consumo de agua potable en Santiago.

CUADRO 3
Consumo anual per cápita para la RM (m³)

Año	Sin C.C.	B2	A2
2007	60,75	60,75	60,75
2020	51,73	52,89	52,87
2040	45,30	47,30	48,44
2070	41,13	45,39	45,85

Fuente: elaboración propia en base a datos del INE.

CUADRO 4
Variación porcentual del consumo anual total en la provincia de Santiago con respecto al escenario sin cambio climático

Año	Sin C.C.	B2	A2
2020	0,00%	2,2%	2,2%
2040	0,00%	4,4%	6,9%
2070	0,00%	10,4%	11,5%

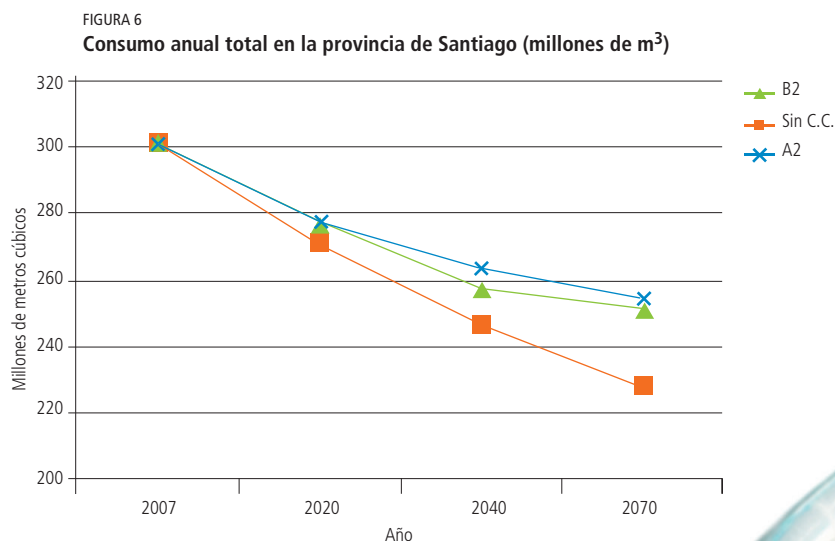
Fuente: elaboración propia.

Y, dado que se espera que los efectos en el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación sean más severos en el futuro, el consumo de agua tenderá a ser mayor.

Aunque la magnitud del efecto del cambio climático al año 2070 es relevante, este efecto es menor que la influencia del crecimiento poblacional en el consumo per cápita y casi nulo en el corto plazo. Si bien en este estudio no se investigaron las razones que avalan la relación entre el tamaño poblacional y el consumo de agua potable per cápita, se postula que a medida que crece la población, aumenta la densidad de las ciudades –disminuyendo la proporción de casas con jardines–, por lo que la fracción del consumo de agua que se ocupa fuera de la casa disminuye al aumentar la cantidad de gente que vive en departamentos (sin jardín). Sin embargo, este efecto también puede confundirse con una tendencia a usar sistemas de riego más eficientes y cambios en las tarifas.

El aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación, en general, tendrán un efecto de signo positivo en el consumo de agua en Santiago. En cuanto a la precipitación, el análisis estadístico no permite concluir que este es realmente un efecto relevante. Con datos de mayor resolución temporal se podría evaluar mejor en futuras investigaciones.

El efecto de la temperatura se debería principalmente al consumo que ocurre fuera del hogar y que está ligado al riego. Si bien el consumo residencial de agua representa una fracción menor comparado al consumo del sector agrícola, al parecer un fragmento no despreciable del primero también está asociado al riego.



Fuente: elaboración propia en base a datos del INE.

Por otra parte, la serie de tiempo considerada no arroja como significativos los cambios en el nivel socioeconómico de la población (medidos por PIB regional), aunque es posible que datos en una serie más larga o de corte transversal que identifique el consumo de acuerdo al nivel de ingresos del hogar pudiese aclarar el rol de esta variable. Los datos indican que, pese al sostenido aumento del ingreso per cápita en el período estudiado, ha existido una clara disminución del consumo de agua potable por individuo. Si bien es razonable pensar que el aumento en los ingresos de las personas se podría traducir en un mayor consumo de agua, al parecer habría otras fuerzas como la densificación de las ciudades o aumento en la eficiencia que han contrarrestado este efecto.