



fcfm

Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Proyecto Clima Adaptación Santiago (CAS)

Resumen de los Principales Cambios Climáticos de la Región Metropolitana de Santiago de Chile



Elaborado por

James Mc Phee

Luis Vargas

Maisa Rojas

Gonzalo Cortez

Aniella Descalzi

Lilian Berg

En colaboración con

Kerstin Krellenberg

Santiago, Abril 2011

Introducción

Este informe presenta de forma muy resumida los principales cambios climáticos esperados en la Región Metropolitana de Santiago de Chile para el periodo 2045-2065. Los resultados se obtienen de un *downscaling* directo de las proyecciones de los Modelos de Circulación General (GCMs, valores diarios) a las condiciones medidas en estaciones meteorológicas. En el análisis se incluyen resultados de múltiples GCMs, con el fin de obtener una estimación de la incertidumbre derivada de los modelos que afecta a las proyecciones.

El análisis realizado se centró en tres variables principales: temperaturas, precipitaciones y caudales. Para temperaturas, se estudiaron temperaturas máximas y mínimas diarias. Para precipitaciones, se estudió el total anual y mensual de precipitación y las distintas categorías de intensidades diarias. Los caudales se evaluaron a través de un modelo hidrológico a nivel mensual. Finalmente, se evaluaron variables secundarias tales como radiación, humedad relativa, altura de la isoterma 0 e intensidad del viento. Los datos meteorológicos locales se obtienen de estaciones operadas por la Dirección General de Agua (DGA) y la Dirección Meteorológica de Chile (DMC). Debido al bajo número de estaciones, no se realizaron interpolaciones espaciales, exceptuando en el caso de precipitaciones y temperaturas en que se realizó un análisis cualitativo de la variación de las variables con la altura. Para la temperatura no se encontró ningún patrón espacial claro, y se adoptó un gradiente de elevación aproximado con el fin de estimar las posiciones de la isoterma 0 en el futuro, mientras que para la precipitación se detectó un importante efecto orográfico, con una mayor precipitación a medida que se aumentaba la altura de la estación.

Los análisis se hicieron estudiando dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, simulados por diversos modelos de circulación global de la atmósfera. Estos escenarios, denominados SRES A2 y SRES B1 en los informes del IPCC, tienen un enfoque pesimista (A2), con altas emisiones de carbono en el futuro, y un enfoque más optimista (B1).

Cambios en precipitación (2045-2065)

Para el periodo 2045-2065 en general se observa una disminución de las precipitaciones anuales para los dos escenarios, y los modelos en general están de acuerdo en que el futuro será más seco. Sin embargo, hay una alta dispersión de la magnitud de dicho cambio, con algunos modelos señalando algunos meses de aumento y otros de descenso. El cambio es mayor en los meses de invierno para el escenario A2, y para el resto de los meses no hay claridad acerca de la magnitud de los cambios. Sin embargo la señal en general es de menores precipitaciones en el futuro.

En general, las disminuciones más importantes de precipitación se proyectan para días con precipitaciones menos intensas, es decir entre 1 y 10 mm/día. Esto es válido para la mayoría de las estaciones y sobre todo para el escenario A2. Se observa que la frecuencia de ocurrencia de precipitaciones diarias intensas (mayores a 30 mm por día) se mantiene más o menos inalterada (esto es, aproximadamente tres días al año), mientras que la frecuencia de ocurrencia de eventos menos intensos (hasta 20 mm/día) se reduce en aproximadamente cinco días en escenario A2. Esto implica que en el futuro las precipitaciones estarán concentradas en menos días de acuerdo a los modelos.

Cambios en temperatura (2045-2065)

Respecto a cambios en temperatura se observa que para el periodo 2045-2065 hay un aumento generalizado de las temperaturas máximas y mínimas, aunque los modelos, al igual que la precipitación, presentan discordancias que aumentan en cierto grado la incertidumbre. No existe diferencia en las proyecciones de los diferentes modelos a partir del mes de mayo, pero para los meses de verano y comienzos de otoño (enero a abril) se proyecta un aumento más significativo (respecto al ruido) bajo el escenario A2.

Algo similar se observa para temperaturas mínimas, aunque en este caso no se observan diferencias importantes entre escenarios de emisión. El aumento de temperaturas mínimas es aproximadamente parejo entre 1 y 2,5° C, excepto en los meses de agosto, septiembre y octubre, en que las proyecciones son indistinguibles de la información histórica.

Las proyecciones de frecuencia de días con temperaturas máximas mayores que 30° C y menores que 0° C indican un aumento del orden de 30 días al año con temperaturas superiores a 30° C en la mayor parte de las estaciones analizadas. Esto indica que en el futuro se tendrán días con temperaturas extremas mayores especialmente durante el verano. Las temperaturas menores de 0° C no presentan cambios significativos en las estaciones bajas.

Cambios en caudales (2020-2040, 2045-2065)

Los impactos del cambio climático sobre los caudales disponibles en distintos cauces de la Región Metropolitana fueron estimados mediante un modelo hidrológico (WEAP). El modelo fue calibrado usando datos históricos de precipitación y temperatura, contrastándolo con caudales observados. Luego, se ejecutó el modelo de cada cuenca hidrográfica con los datos de precipitación y temperatura estimados para el período futuro.

Las proyecciones de caudal mensual promedio en la cuenca del río Maipo en el Manzano, obtenidas a partir de la modelación con WEAP (período de línea de base = 1960-2000) indican que en el futuro cercano (2020-2040) no existen mayores diferencias entre los escenarios de emisiones A2 y B2. Los resultados demuestran una leve disminución del volumen total anual y una redistribución de los caudales en la temporada, con mayores valores de escorrentía líquida en otoño y menores valores en primavera. Para el período medio (2045-2065), los cambios en volumen total son más perceptibles. En este caso disminuyen de manera significativa los caudales de verano, y también los caudales de otoño se reducen respecto al período futuro cercano, debido a la disminución más pronunciada de precipitaciones. Para el período 2045-2065, se proyecta un 14% de reducción de caudal anual en cada escenario (A2 y B2).

Los resultados obtenidos en la cuenca del río Mapocho en los Almendros muestran que valores proyectados en este caso difieren de los de la cuenca del río Maipo, debido a que el régimen hidrológico original de ambas cuencas también difiere. Asimismo, los caudales proyectados en la cuenca del Mapocho se obtienen mediante correlaciones con los caudales simulados mediante el modelo WEAP en la cuenca del río Maipo en San Alfonso, por lo que el grado de incertidumbre asociado a los primeros es mayor. De cualquier manera, se confirma que en el período 2045-2065 los caudales disminuyen entre un 15 y 20% respecto de la línea base, y que para el período cercano (2020-2040) las variaciones son menos significativas. El resultado de este análisis muestra incluso un aumento de caudal en el caso del período cercano con escenario A2, pero estos valores están sujetos a un gran nivel de incertidumbre.

Conclusiones

Las proyecciones climáticas a escala local muestran un calentamiento aproximado de 1-2°C para el período futuro en la mayoría de las estaciones, tanto para temperaturas máximas y mínimas, para el período 2045-2065. Adicionalmente, el número de días con temperaturas sobre 30°C aumenta entre 25 a 45 días por año (Escenario A2) dependiendo de la estación analizada. Las temperaturas mínimas también muestran un incremento, pero a diferencia de los resultados de temperaturas máximas, este aumento es más significativo en las estaciones Pirque y El Yeso, las que se localizan a través de la región montañosa de la zona, y el número de días con temperaturas mínimas menores a 0° C disminuirá.

Las proyecciones de precipitación se basan en dos indicadores: valores mensuales promedio (climatológicos) y la distribución de número de días con precipitaciones en ciertos rangos. En promedio, las

precipitaciones total anual decrecen en toda la región del orden del 20%. Los modelos muestran gran variabilidad con respecto a patrones temporales asociados a este cambio, con meses específicos que en algunos casos muestran un aumento en las precipitaciones mientras que en la mayoría de los meses se observa una disminución. El caudal de los ríos también muestra una disminución para los meses de verano. No se observan variaciones importantes en variables como radiación o humedad relativa.

Probablemente, la Región Metropolitana durante el futuro será una región más árida y más calurosa, con las precipitaciones concentradas cada vez más en los meses de invierno y con temperaturas extremas altas durante el verano. Sin embargo, aún existe una alta incerteza respecto de la magnitud de estos cambios, ya que los modelos climatológicos muchas veces presentan resultados dispares.

El trabajo que aquí se presenta pretende organizar en forma coherente varias fuentes de datos en un producto que sea útil para tomar decisiones. Sin embargo, algunas limitaciones persisten, estas deben ser consideradas en investigaciones futuras.

- La actual generación de GCMs (IPCC IV) hace un buen trabajo al momento de capturar la climatología local en las celdas oceánicas de la grilla en las costas de Chile, pero ninguna celda encaja con exactitud en la ubicación de la Región Metropolitana. Además esta generación de modelos no captura las variaciones climáticas como ENSO¹ y la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP) que influyen en gran parte al clima de la Región Metropolitana. Se espera que la siguiente generación de GCM (IPCC V) representen de mejor forma estos patrones de circulación, por lo cual, las proyecciones de fenómenos relacionados, tales como precipitaciones diarias máximas y eventos estacionales extremos (e.g. sequías) deben ser actualizados a medida que los datos estén disponibles.
- La proyección de variables secundarias como humedad relativa, radiación, vientos y otros similares sufren de mayor nivel de incertidumbre que las precipitaciones y las temperaturas, porque estas variables son más dependientes de condiciones locales. Por lo tanto, la extrapolación regional de los datos observados pueden no representar con precisión las condiciones predominantes en todos los lugares.
- La caracterización de los glaciares es incompleta en la mayor parte de Chile, y esto se extiende a la Región Metropolitana de Santiago. Cuando los modelos hidrológicos sean capaces de representar con más detalle este componente, se deberían mejorar las proyecciones de caudales (particularmente en periodos secos). Esa investigación se está haciendo actualmente.
- En general, la información sobre la extrapolación regional de punto (estación meteorológica) es más bien incierta, ya que la cobertura espacial de las estaciones meteorológicas es insuficiente. En comparación a países desarrollados, la Región Metropolitana de Santiago tiene pocos puntos de registros de datos disponibles para una región geográfica extensa (las cuencas de la parte alta del río Mapocho y del río Maipo adolecen de falta de información de terreno). Los gradientes verticales de precipitación y temperaturas pueden y deben ser verificados con campañas de monitoreo. Finalmente, en general, se necesita un mejor entendimiento de los procesos meteorológicos e hidrológicos en los Andes, para poder evaluar la disponibilidad del recurso hídrico futuro.

Esta investigación se construyó sobre estudios previos realizados a nivel nacional, e intenta proporcionar un análisis en mayor detalle. Una mejora significativa hecha a los estudios previos es la ventana de tiempo que se analiza (2045-2065), que está más cercana al período actual; otra mejora consiste en haber usado un conjunto de modelos lo que permite cuantificar la incertidumbre asociada a los resultados. Las estimaciones de la incertidumbre deben convertirse en una norma para estudios futuros sobre impacto climático y adaptación, a causa de la situación especial de Chile, que se ubica geográficamente entre climas oceánico y continental, y con una fuerte influencia de la Cordillera de los Andes.

1 El Niño Southern Oscillation (Oscilación del sur)