



## **CAPITULO 2 CAMBIOS CLIMÁTICOS OBSERVADOS**

<b>2.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	pág. 6
<b>2.1.1</b>	<b>Contenidos</b>	pág. 6
<b>2.1.2</b>	<b>Datos</b>	pág. 6
<b>2.1.3</b>	<b>Índices de extremos climáticos</b>	pág. 6
<b>2.1.4</b>	<b>Elaboración de resultados y de conclusiones</b>	pág. 8
<b>2.2</b>	<b>TEMPERATURA</b>	pág. 8
<b>2.2.1</b>	<b>Temperaturas medias</b>	pág. 8
<b>2.2.2</b>	<b>Índices extremos</b>	pág. 11
<b>2.3</b>	<b>PRECIPITACIÓN</b>	pág. 15
<b>2.3.1</b>	<b>Precipitación media anual</b>	pág. 15
<b>2.3.2</b>	<b>Índices extremos</b>	pág. 14
<b>2.4</b>	<b>CAMBIOS EN OTRAS VARIABLES</b>	pág. 18
<b>2.5</b>	<b>LIMITACIONES E INCERTEZAS</b>	pág. 18
<b>2.6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	pág. 19
	<b>Referencias</b>	pág. 20



## CAMBIOS CLIMÁTICOS OBSERVADOS

### 2.1 INTRODUCCIÓN

#### 2.1.1 Contenidos

Este capítulo trata sobre los cambios del clima observados a partir de la segunda mitad del siglo pasado con foco en la temperatura de superficie y en la precipitación, e incluye algunos comentarios sobre otras variables basados en la bibliografía publicada. En el caso de la precipitación y de la temperatura, el análisis se centra en los campos medios y en índices de extremos relevantes para potenciales estudios de impacto.

#### 2.1.2 Datos

La principal base de datos utilizada es de valores interpolados a puntos de un reticulado de un grado de latitud y longitud que se ha construido a partir de datos provenientes de estaciones del Servicio Meteorológico Nacional, habiendo pasado un doble proceso de consistencia, primero por este organismo y luego por el instituto que la desarrolló. En el proceso de interpolación y en las zonas de frontera, el análisis se benefició de los datos de los países limítrofes (Jones y otros 2012).

Los campos medios mensuales utilizados de las temperaturas (media, mínima y máxima) y de la precipitación son los de la base CRU 3.20 (Jones y otros 2012) que están con resolución espacial de medio grado de latitud y longitud. Están disponibles en la base de datos desarrollada para este Proyecto (Capítulo 4), además de encontrarse en la institución de origen:

([http://badc.nerc.ac.uk/view/badc.nerc.ac.uk\\_\\_ATOM\\_\\_dataent\\_1256223773328276](http://badc.nerc.ac.uk/view/badc.nerc.ac.uk__ATOM__dataent_1256223773328276)).

Complementariamente para el estudio de posibles errores en los cambios observados de la precipitación se utilizó la base de datos GPCC (Schneider 2013).

Se utilizaron índices de extremos relacionados con la temperatura y la precipitación del conjunto CLIMDEX (<http://www.climdex.org/>) basado en las definiciones del Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) (Donat y otros 2013). Estos datos originariamente en resolución de 2,5 grados fueron interpolados a medio grado usando el método *triangle-based linear interpolation*.

En cada región se usaron complementariamente datos del Servicio Meteorológico Nacional para el cómputo de indicadores de extremos de precipitaciones sobre determinados umbrales y para otros análisis relacionados con la confiabilidad en los cambios observados.

#### 2.1.3 Índices de extremos climáticos

Los datos de extremos climáticos utilizados fueron tomados de la base mencionada que contiene 27 índices. Los índices fueron elaborados utilizando un esquema común para todo el planeta y



están disponibles tanto para las observaciones del pasado como para las simulaciones de los modelos climáticos utilizados para las proyecciones del clima de Argentina del siglo XXI.

De estos 27 índices, se han seleccionado 11 por su relevancia para el clima local, su interés para potenciales estudios de impacto y por su disponibilidad ya que por falta de datos no todos los índices pudieron ser calculados para la Argentina para un periodo prolongado de tiempo. Adicionalmente a estos tres criterios mencionados, se trató de evitar índices que suministraran información en cierta forma redundante.

Habida cuenta de la diferente disponibilidad regional de datos y a que en algunos pocos casos la relevancia del indicador es distinta según la región, en algunos capítulos regionales (Capítulos 5 a 8) se prescindió del análisis de algunos de ellos.

#### *Índices de extremos seleccionados*

**FD:** *Número de días con heladas definido como el número anual de días en que la temperatura mínima diaria fue menor a 0°C.* De relevancia para múltiples actividades, especialmente agropecuarias.

**TR:** *Número de noches tropicales definido como el número anual de días en que la temperatura mínima diaria fue mayor a 20°C.* Indicador de calentamiento global, ya que en general la respuesta al incremento de gases de efecto invernadero es mayor en las temperaturas mínimas.

**TX<sub>x</sub>:** *Valor anual máximo de la temperatura diaria máxima.* Relevante para varias actividades socio-económicas, y seres vivos que son afectados al superarse ciertos límites térmicos.

**TN<sub>n</sub>:** *Valor anual mínimo de la temperatura diaria mínima.* Otro indicador de calentamiento global, pero también, en el caso de su aumento, de la habilitación de rangos tolerables para algunas actividades socio-económicas.

**TX90p:** *Porcentaje anual de días con temperatura máxima mayor al percentil 90.* Indicador de cambio climático que por basarse en numerosos datos para su cómputo complementa a TX<sub>x</sub> que solo se basa en un solo dato anual.

**WSDI:** *Duración de olas de calor definido como el número de días con al menos 6 días consecutivos en que la temperatura máxima supera el respectivo valor del percentil 90.* De relevancia por el estrés en la salud, algunos ecosistemas, la agricultura y la ganadería y en potenciales colapsos del sistema eléctrico.

**Rx1:** *Precipitación diaria máxima del año.* Relevante por su posible asociación con inundaciones y otros daños en la calidad de vida, la actividad agropecuaria y la infraestructura.

**Rx5:** *Precipitación máxima anual de 5 días consecutivos.* De relevancia para inundaciones especialmente en áreas de llanura con bajo escurrimiento y otros daños en la calidad de vida, la actividad agropecuaria y la infraestructura.



**CDD:** *Máxima longitud de racha seca definida como el número máximo de días consecutivos con precipitación menor a 1mm en cada año.* Indicador de condiciones climáticas de sequía. Tiene muchas implicancias para la actividad agropecuaria y los múltiples usos del agua, incluyendo el energético. Tiene implicancias distintas para cada región ya que en el centro y oeste del país es una medida de la duración de la estación seca.

**R95pT:** *Precipitación anual total de los casos en que la precipitación diaria es mayor al percentil 95 (R95pT).* Otro indicador de la torrencialidad de las lluvias y por consiguiente de relevancia por los daños asociados a la misma. A diferencia de los Rx1 o Rx5 no depende de un solo caso siendo entonces un índice más robusto que ellos y a la vez complementario.

**Rnnmm:** *Días en que la precipitación supera un cierto umbral.* Como los umbrales extremos son críticamente dependientes de la región, estos deben definirse para cada una de ellas de acuerdo a lo que puede ser extremo en la misma. Por lo tanto este índice no se tomó de la base ETCCDI, sino que se calculó utilizando datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) siguiendo el criterio de contar el número de días en cada decenio para evitar la aleatoriedad asociada a los valores muy extremos (Capítulos 5 a 7). Es un indicador muy relevante por cuanto da información de con cuanta frecuencia son superados los umbrales elegidos, que en muchos casos están asociados a situaciones nocivas para la calidad de vida, la infraestructura y la producción.

#### **2.1.4 Elaboración de resultados y de conclusiones**

Las conclusiones sobre los cambios climáticos se apoyan en los análisis de los cambios observados en los datos y en la literatura científica publicada por distintos autores en los casos en que existe. Este doble insumo, disminuye la posibilidad de adoptar conclusiones equivocadas a partir de errores en los datos o en su manejo y por lo tanto aumenta la confianza en las conclusiones.

A los resultados más relevantes y generales, se les ha asignado un nivel de confianza. Para ello se aplicó la metodología del IPCC que combina la disponibilidad y consistencia de las evidencias con el grado de acuerdo entre las mismas (IPCC, 2010). La evidencia más importante considerada han sido los resultados de los cambios observados calculados para este informe.

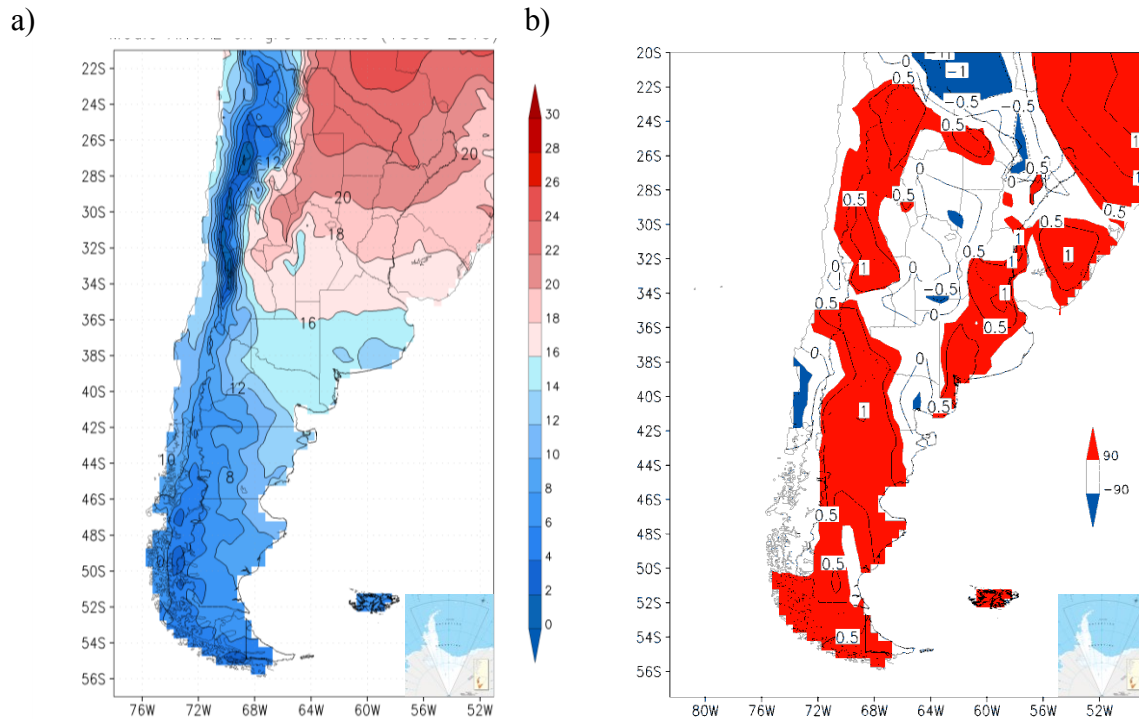
Los cambios entre determinados años se calcularon a partir del ajuste lineal de los datos, multiplicando la pendiente de la recta por el número de años. Los campos medios de temperatura y precipitación y sus cambios en el período 1960-2010 se presentan en mapas. El campo anual corresponde al promedio para la temperatura o el acumulado anual para la precipitación.

## **2.2 TEMPERATURA**

### **2.2.1 Temperaturas medias**

En la mayor parte del país se registró un aumento de temperatura menor a 1 °C desde 1960, pero en el centro del país este aumento fue mucho menor e incluso hubo algunas zonas con

enfriamiento, aunque muy pequeño. En la mayor parte de las áreas con calentamiento, este fue estadísticamente significativo, Figura 2.2.1, pero el promedio regional entre 1950 y 2010 fue bastante menor que el del promedio global sobre los continentes (IPCC, AR5, capítulo 2). Por otra parte, en una amplia zona de la Patagonia el calentamiento superó 1°C.

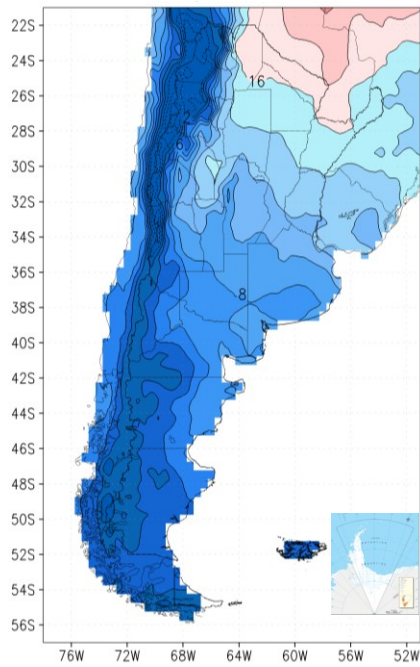


**Figura 2.2.1:** a) Campo medio de la temperatura media anual (contornos cada 2°C) 1960-2010; b) Cambio de la temperatura media anual en °C para el mismo periodo con el nivel de significancia de la tendencia (contornos cada 0,5°C sombreado en rojo (azul) valores significativos con signo positivo (negativo))

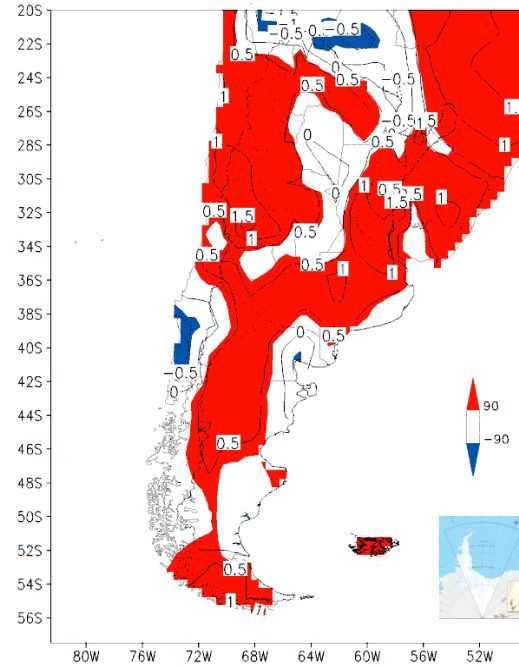
En el país, al norte de la Patagonia, el aumento en la temperatura mínima ha sido más importante que en la temperatura máxima, en la que incluso se registraron descensos en la mayor parte de la región, Figuras 2.2.2 y 2.2.3 (Barrucand y Rusticucci 2001). El mayor aumento en las temperaturas mínimas es el esperado por el aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero. Pero en este caso se ha sumado el efecto de la mayor precipitación, Figura 2.3.1, que por la evaporación y por la nubosidad asociada favorecen el enfriamiento en las zonas con predominante buenas condiciones de insolación, propias de las temperaturas máximas.

En la Patagonia, además de observarse un mayor aumento en la temperatura media, el cambio positivo en la temperatura máxima fue mayor y más extendido que en la mínima. Este es un indicio, entre otros, de que los cambios de temperatura en esta región han obedecido a un cambio en la circulación hemisférica y no solo al efecto invernadero.

a)

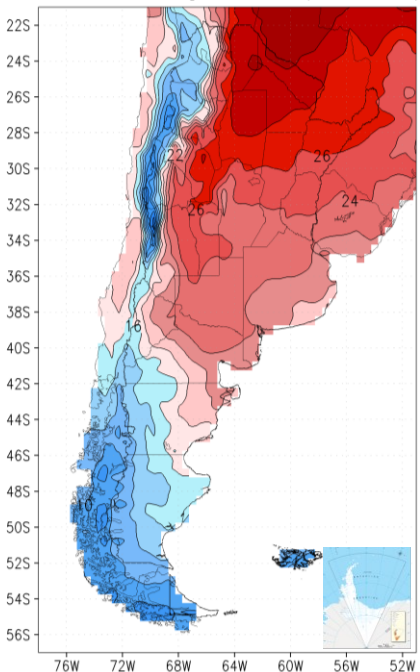


b)

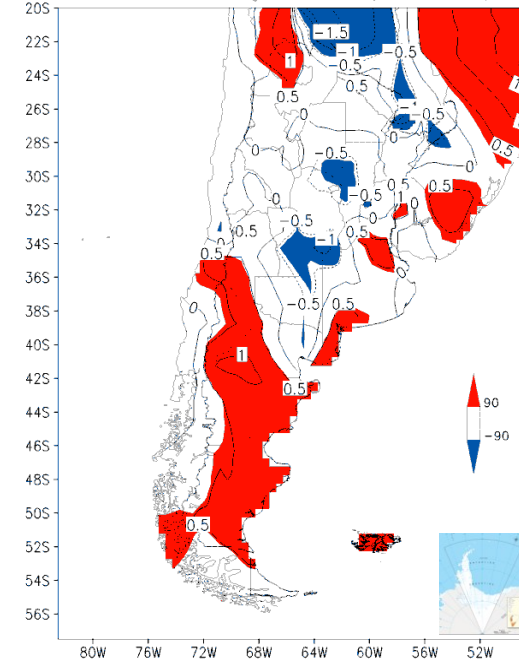


**Figura 2.2.2:** Ídem Figura 2.2.1, pero para la temperatura mínima media

a)



b)



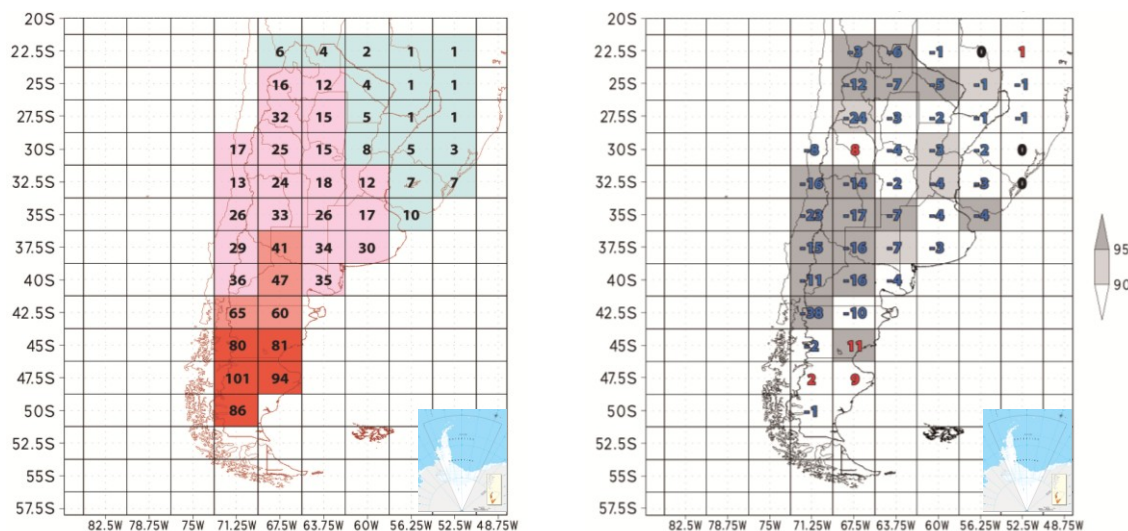
**Figura 2.2.3:** Ídem Figura 2.2.1, pero para temperatura máxima media

## 2.2.2 Índices extremos

El análisis de los índices que aquí se presentan es sobre aspectos generales de los cambios ocurridos en el país. Una discusión más detallada se hace en los capítulos regionales (5 a 8).

Las figuras 2.2.4 a 2.2.9 muestran en el panel izquierdo los valores medios del índice respectivo en el periodo 1960 - 2010 y en panel derecho el cambio del índice entre 1960 y 2010. En el caso de la Patagonia y en menor medida en la región Andina, los valores en varios puntos del retículo fueron calculados a partir de datos de una sola estación. Esta limitación debe tenerse presente en el uso de análisis de las tendencias de estos índices en esas regiones.

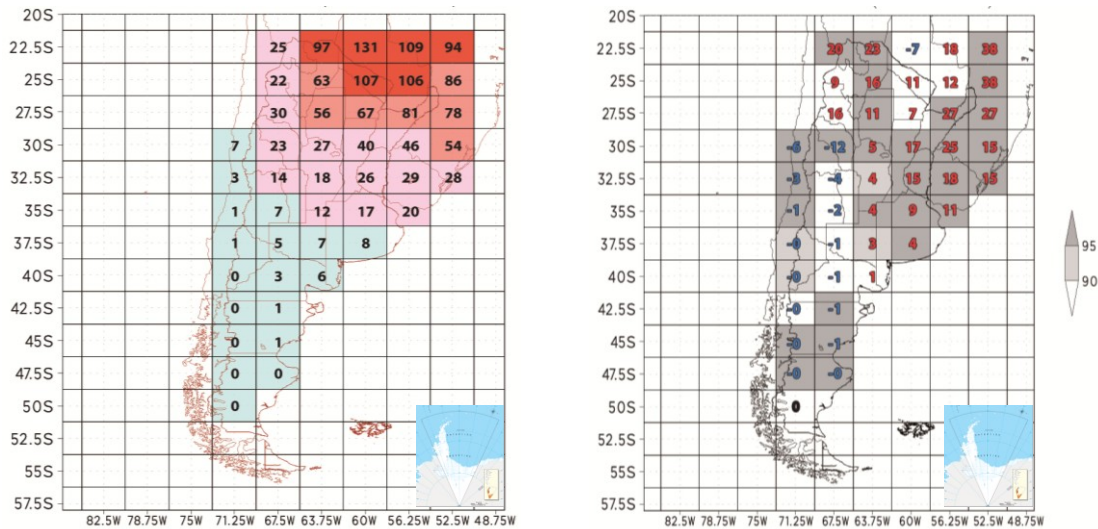
Los días con heladas han disminuido en casi todo el país y en gran parte del mismo en forma estadísticamente significativa, Figura 2.2.4. Ello ocurrió tanto en el noreste donde las heladas son poco frecuentes como en la mayor parte del oeste donde son más frecuentes debido a la mayor altura. En ambos casos, las heladas disminuyeron en general en un 30 % o más.



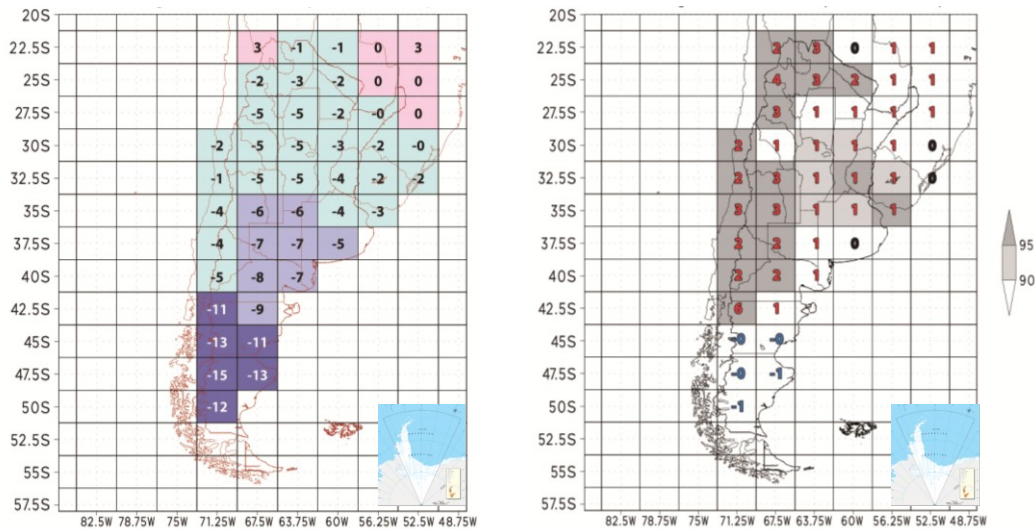
**Figura 2.2.4:** Panel izquierdo: número de días con heladas (FD). Panel derecho: cambios en el número de días con heladas; valores negativos en azul y positivos en rojo. Los retículos grises indican cambios significativos al 90 o 95 % según el tono en la escala de la derecha

El número de noches cálidas aumentó en forma estadísticamente significativa en el norte y este del país. Disminuyó en Cuyo y Patagonia, aunque en estas dos regiones, o bien los casos han sido muy escasos o la disminución fue muy pequeña, Figura 2. 2 5 (Agosta y Barrucand 2012). Excepto en la Patagonia, el mínimo anual de la temperatura diaria aumentó en todo el país en más de 1°C y hasta 3 y 4°C en Cuyo y el noroeste, Figura 2.2.6. También las olas de calor aumentaron en el este y norte del país (Rusticucci et al 2014) y en la Patagonia, aunque en este último caso, esto carece de relevancia en los impactos por la forma en que se ha definido este índice, Figura 2.2.9.

Los cambios en el este y norte del país en todos los índices descritos en los dos párrafos precedentes son consistentes con el calentamiento observado en la temperatura media y mínima, Figuras 2.2.1 y 2.2.2. Los cambios en la Patagonia no son en este sentido tan concluyentes, pero cabe recordar la escasa información sobre la cual se han construido estos índices en esa región. Por el contrario, los dos índices derivados de las temperaturas máximas muestran un leve descenso en el este y norte del país, aumentos en la Patagonia y señales contradictorias en Cuyo, Figuras 2.2.7 y 2.2.8. La reducción de las máximas extremas en el este y norte del país estaría vinculada al aumento de la precipitación que durante días de alta temperatura tienden a morigerarla por la nubosidad que la acompaña, Figura 2.3.1.

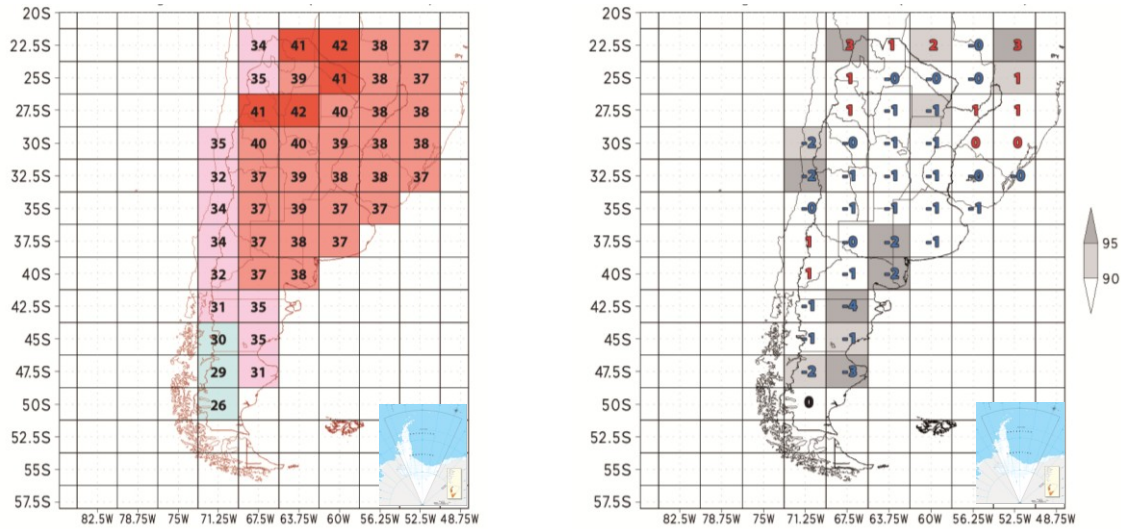


**Figura 2.2.5:** *Idem Figura 2.2.4, pero para el número de noches tropicales (TR)*

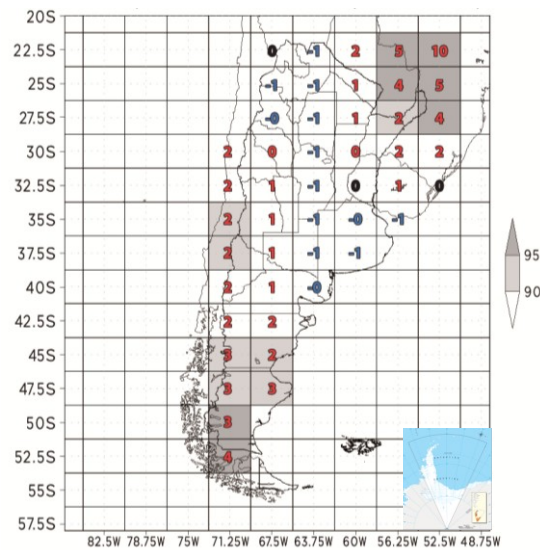


**Figura 2.2.6:** *Idem Figura 2.2.4, pero para el valor mínimo anual de la temperatura diaria mínima (TN<sub>n</sub>) en °C*

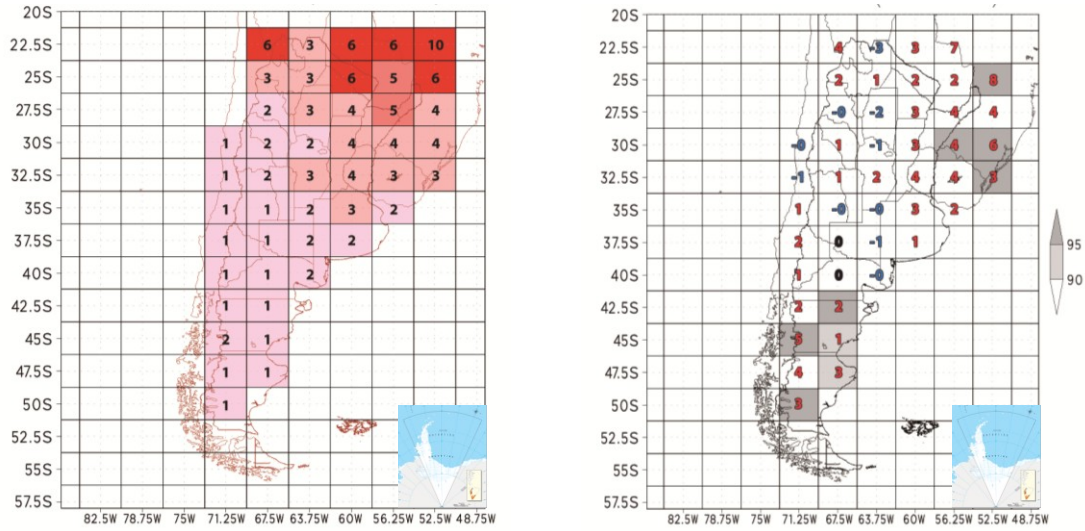




**Figura 2.2.7:** Ídem Figura 2.2.4, pero para el valor máximo anual de la temperatura diaria máxima ( $TX_x$ ) en °C



**Figura 2.2.8:** Ídem Figura 2.2.4, pero para el porcentaje anual de días con temperatura máxima mayor al percentil 90 de toda la serie 1961-1990 ( $TX_{90p}$ ). NOTA: No se presenta el valor climatológico de este índice porque según su definición, es 10 para todos los puntos del retículo

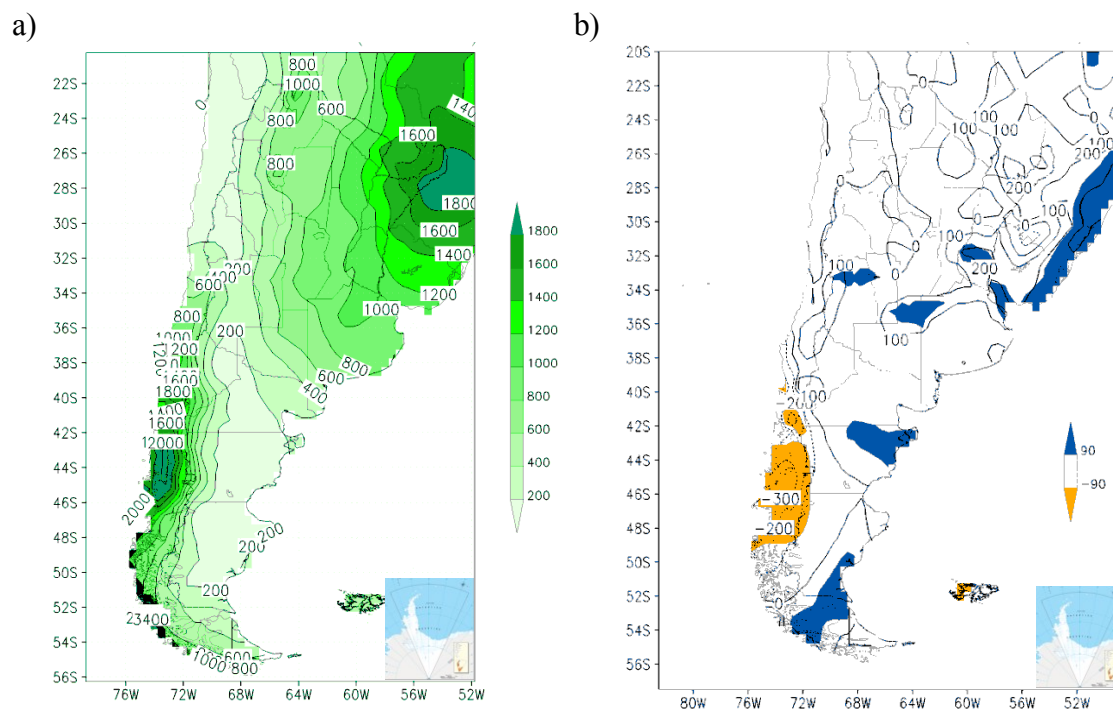


**Figura 2.2.9:** Ídem Figura 2.2.4, pero para la duración de olas de calor (WSDI)

## 2.3 PRECIPITACIÓN

### 2.3.1 Precipitación media anual

En el periodo 1960-2010 la precipitación aumentó en casi todo el país, Figura 2.3.1, a pesar de que la década del 2000-2010 fue relativamente seca (figuras 5.2.21, 6.21. y 7.2.2.1). Los mayores aumentos absolutos se registraron en el este del país, pero más relevantes resultaron los incrementos de más de 100 mm en algunas zonas semiáridas que implicaron aumentos porcentuales de más del 20 %. Por lo tanto tuvieron un efecto importante en el proceso de agriculturización de esas zonas (Castañeda y Barros 1994; Barros y otros 2000; Boulanger y otros 2005; Haylock y otros 2006; Barros y otros 2008; Doyle y otros 2012).



**Figura 2.3.1:** a) campo medio de la precipitación media anual, periodo 1960-2010, b) cambio en la precipitación anual entre 1960 y 2010. Cambios estadísticamente significativos en colores según escala

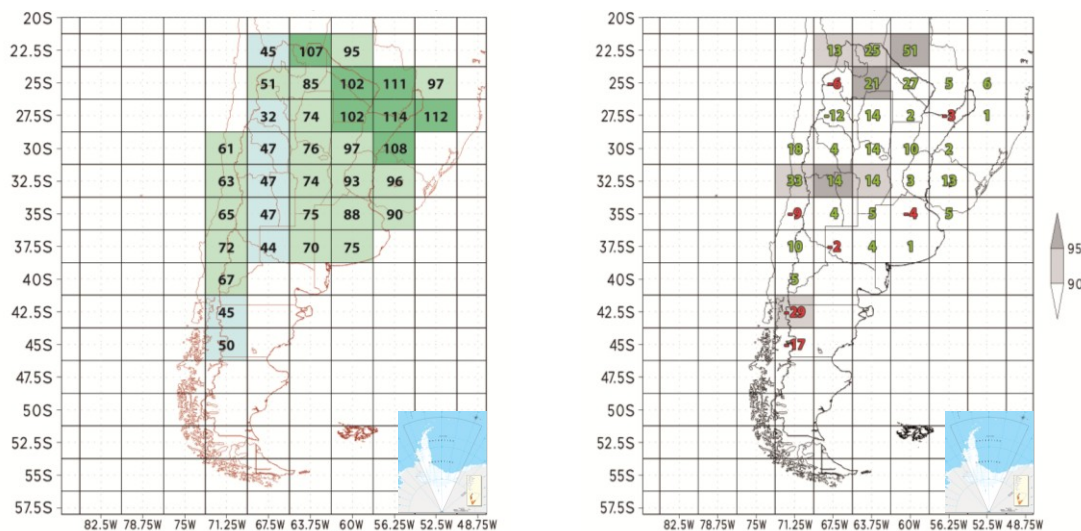
Sobre la cordillera patagónica las precipitaciones descendieron y lo mismo sucedió en los Andes cuyanos de acuerdo a la reducción de los caudales de los ríos en los últimos 100 años, aún a pesar del ostensible deshielo de los glaciares (Boninsegna 2014).

### 2.3.2 Índices extremos

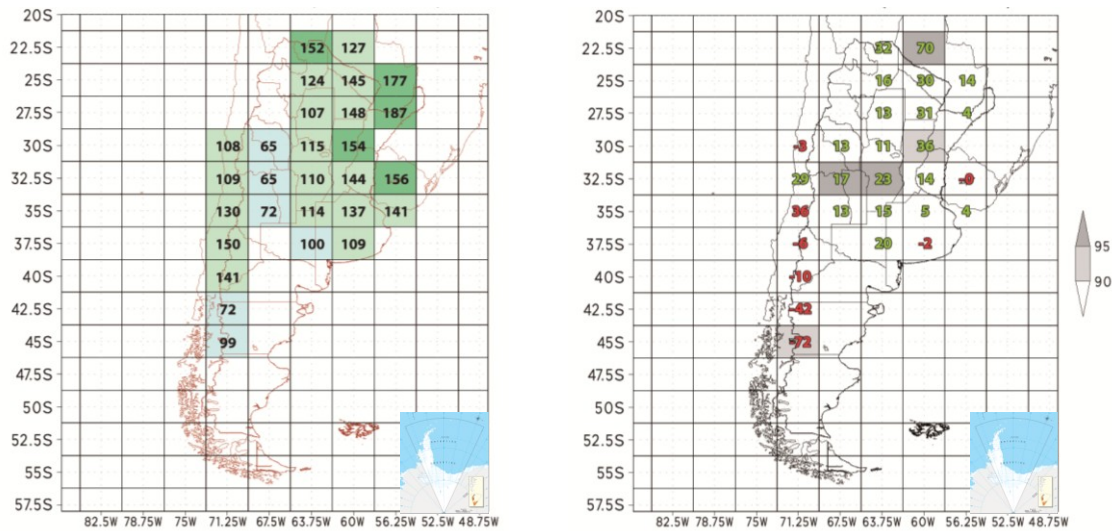
Como en el caso de los índices de temperaturas extremas, el análisis de los índices relacionados con las precipitaciones extremas se concentra en los aspectos generales de los cambios ocurridos en el país ya que un mayor detalle regional se presenta en los capítulos 5 a 8. Igualmente, las

Figuras 2.3.2 a 2.3.5 muestran en el panel izquierdo los valores medios del índice respectivo en el periodo 1960 -2010 y en panel derecho el cambio que el índice experimentó entre 1960 y 2010.

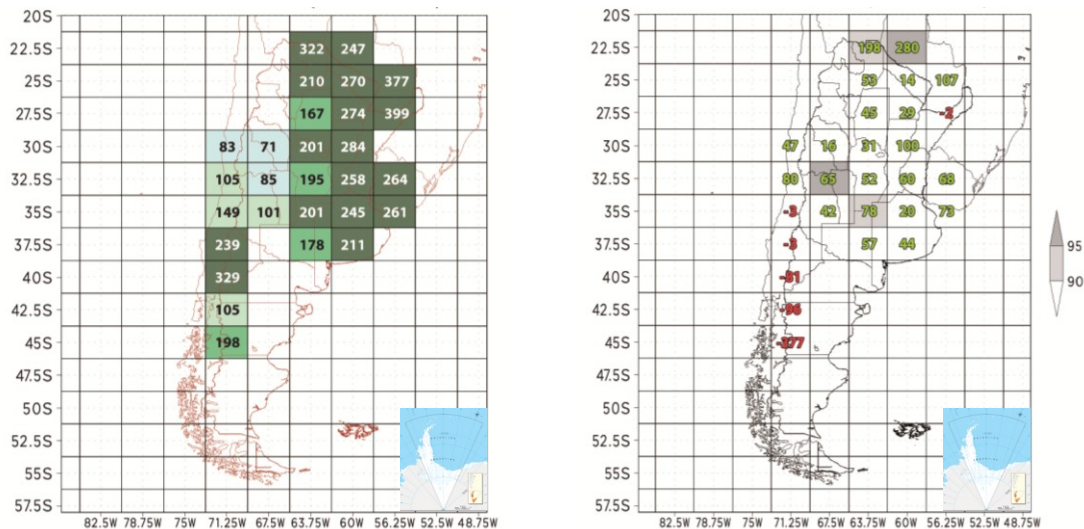
La Figura 2.3.2 revela que la precipitación diaria máxima del año ha aumentado en casi todo el país, aunque solo en pocas zonas en forma significativa. Lo mismo ha ocurrido con las precipitaciones acumuladas de 5 días consecutivos, Figura 2.3.3 y con la precipitación anual acumulada de los casos de precipitaciones más altas, Figura 2.3.4. Los tres índices presentan una distribución geográfica muy similar y están indicando un cambio hacia precipitaciones más intensas. En consecuencia, no solo han aumentado las precipitaciones anuales en gran parte del país, Figura 2.3.1, sino que también han cambiado sus características, con mayor ocurrencia de lluvias más intensas (Re y Barros 2009, Penalba y Robledo 2010).



**Figura 2.3.2:** Panel izquierdo: precipitación diaria máxima del año (Rx1) en mm. Panel derecho: cambios en precipitación diaria máxima del año; valores negativos en rojo y positivos en verde. Los retículos grises indican cambios significativos al 90 o 95 % según el tono en la escala de la derecha



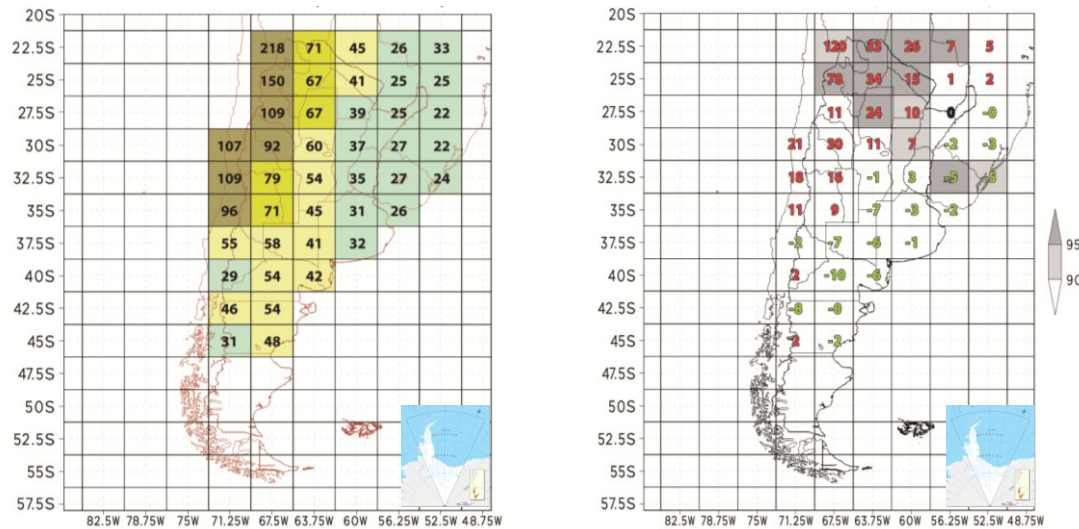
**Figura 2.3.3:** Ídem Figura 2.3.2, pero para la precipitación máxima anual de 5 días consecutivos ( $R_{x5}$ ) en mm



**Figura 2.3.4:** Ídem Figura 2.3.2, pero para la precipitación anual total de los casos en que la precipitación diaria es mayor al percentil 95 ( $R_{95pT}$ ) en mm

La máxima duración de días en el año sin prácticamente precipitación ha disminuido en la Pampa húmeda y la Patagonia, Figura 2.3.5, consistentemente con el aumento de las precipitaciones anuales, Figura 2.3.1. En cambio en la región norte y oeste, estos periodos secos se han hecho más largos. En estas regiones, la escasa o nula precipitación en el invierno y el aumento de la racha máxima seca, está indicando un cambio hacia una prolongación del periodo seco invernal,

siendo notoriamente significativo y porcentualmente muy elevado en el norte argentino. Este cambio pudo haber sido un factor importante en las limitaciones en la provisión de agua potable en varias localidades, en un mayor estrés en las pasturas y en mayores condiciones favorables para la ocurrencia de incendios de bosques y pastizales.



**Figura 2.3.5:** Ídem Figura 2.3.2, pero para la máxima longitud de la racha seca (CDD)

## 2.4 CAMBIOS EN OTRAS VARIABLES

Con el desplazamiento del anticiclón del Atlántico Sur hacia el sur (Escobar y otros 2003) hubo aumentos en las frecuencias de vientos del sector este y sudeste sobre el Río de la Plata (Simionato y otros 2004) y del viento norte en el centro del país (Agosta y Compagnucci, 2012) con mayor aporte de humedad y calor desde latitudes tropicales en esta región.

La frecuencia de granizo aumentó en el norte de Argentina y en particular considerablemente en la provincia de Misiones en la que el número de eventos de granizo pasó de alrededor de 7 a 11 entre 1960 y 2010, aunque con una fuerte variabilidad interanual e interdecadal. Por el contrario la frecuencia de granizo tuvo una leve disminución en la zona central incluyendo el norte de Buenos Aires y las provincias de Córdoba y La Pampa (Mezher y otros 2012).

## 2.5 LIMITACIONES E INCERTEZAS

En gran parte del territorio argentino, hay pocas estaciones con series largas y suficientemente completas como para poder estimar tendencias climáticas de largo plazo. En particular es el caso del norte argentino y de la Patagonia. Esto limita de una manera importante la descripción espacial detallada, especialmente en las zonas montañosas donde los gradientes de precipitación y temperatura son grandes. Por lo tanto, los cambios observados que se presentan en este informe para esas regiones solo tienen validez de carácter regional y ello debe tenerse en cuenta al realizar estudios o interpretaciones a escala local. Para esto último, es útil el uso de proxy indicadores que



convenientemente analizados por especialistas pueden dar en ciertos casos información de cambios climáticos. El mejor ejemplo de esto es el retroceso de los glaciares que en general es un indicador del aumento de la temperatura, aunque en algunos casos puede estar relacionado con otras causas. En la Argentina, la recesión documentada de los glaciares es información no solo útil desde el punto de vista local, sino regional (Aniya et al 1996, Skvarka 2006, Le Quesne et al 2009). La generalizada recesión de los glaciares en los Andes cuyanos y patagónicos refuerza la estimación de las tendencias regionales al calentamiento sobre los mismos basada en la interpolación de las muy pocas estaciones con datos.

Una posible fuente de sobrestimación del calentamiento puede ser el efecto urbano, ya que la temperatura es en general mayor en las ciudades que en el ámbito rural y en general proporcional al tamaño de las mismas. Este efecto, llamado isla urbana de calor, puede aumentar con el crecimiento de la ciudad y producir en las series de estaciones localizadas en las ciudades o cerca de ellas tendencias al calentamiento adicionales a las propias de la región. En el capítulo 5 se hizo una comparación entre los mapas generados por la base CRU y otros en los que solo se utilizaron datos de aeropuertos para la región Húmeda. Estos últimos presentan en general, poco o ningún efecto urbano de la isla de calor. La comparación muestra que los datos CRU estarían sobrestimando la tendencia al calentamiento en las temperaturas mínimas y por consiguiente afectando también las temperaturas medias. Es muy posible que este tipo de error esté presente en otras regiones, pero los pocos datos provenientes de aeropuertos no permitieron hacer una comparación similar a la de la región Húmeda.

A pesar de los posibles errores en los cambios de temperatura, en la mayor parte del país estos errores no llegarían a cambiar el signo de los cambios observados según la base de datos CRU, salvo en las zonas donde estos cambios son muy pequeños.

Las tendencias de precipitación calculadas con dos bases diferentes, CRU y GPCC, presentan algunas diferencias porque no siempre utilizaron las mismas estaciones, usaron criterios distintos para la consideración y tratamiento de las series temporales de datos que no están absolutamente completas y utilizaron métodos de interpolación espacial distintos. La comparación de los cambios en la precipitación de ambas bases en las cuatro regiones (Capítulos 5 a 8) muestra algunas diferencias menores y solo en la Patagonia hay diferencias sustanciales, pero que son claramente el resultado de una inapropiada técnica de interpolación en la base GPCC. En consecuencia, se estima que el signo y la magnitud de los cambios observados según la base CRU son correctos, excepto en el signo donde son muy pequeños y no significativos.

## 2.6 CONCLUSIONES

**Exceptuando la Patagonia, en la mayor parte de la Argentina hubo un aumento de temperatura de hasta medio grado entre 1960 y 2010 (confianza media).** Estos cambios fueron menores que los observados a nivel global en las regiones continentales. En el centro del país hubo un menor aumento de temperatura e incluso disminuciones en algunas zonas. La temperatura mínima tuvo mayores aumentos que la temperatura máxima, la que tuvo disminuciones generalizadas en el centro del país.



**En la Patagonia el aumento de temperatura fue mayor que en el resto del país, llegando en algunas zonas a superar 1 °C (confianza media).** Este aumento probablemente sea atribuible además de al efecto invernadero, al cambio de la circulación de la atmósfera debido no solo al calentamiento global sino también a la reducción de la capa de ozono.

**Los cambios en el este y norte del país en los índices relacionados con las temperaturas extremas y en particular el de las olas de calor son consistentes con el calentamiento observado en la temperatura media y mínima (confianza alta).** La excepción son los índices derivados de las temperaturas máximas que muestran un leve descenso que estaría relacionado con el aumento de la precipitación.

**En el periodo 1960-2010 la precipitación aumentó en casi todo el país con variaciones interanuales (confianza alta).** Los mayores aumentos se registraron en el este del país con más de 200 mm en algunas zonas, pero los aumentos porcentuales fueron muy importantes en algunas zonas semiáridas. **Sobre los Andes patagónicos y cuyanos las precipitaciones tuvieron un cambio negativo en el periodo 1960 – 2010 (confianza alta).**

Según lo indican los índices vinculados a las precipitaciones extremas y la literatura científica, **entre 1960 y 2010 hubo un cambio hacia precipitaciones más intensas (confianza media) y frecuentes en gran parte del país (confianza alta).**

## Referencias

Agosta, E. A. y R. H. Compagnucci, 2012: Central West Argentina summer precipitation variability and atmospheric teleconnections. *J. Climate*, **25**, 1657–1677.

Agosta, E. A. y M. B. Barrucand, 2012: Condiciones medias de invierno y ondas cuasi-estacionarias de Rossby asociadas a la frecuencia invernal de noches frías y cálidas en Argentina subtropical. *Geoacta* **37(2)**, 147–146.

Aniya, M., H. Sato, R. Naruse, P. Skvarka y G. Cassasa, 1996: Recent Glacier variations in Southern Patagonia Icefield, South America. *Artic and Alpine Research*, **29(1)**, 1–12.

Barros, V., M. E. Castañeda y M. Doyle, 2000: Recent precipitation trends in Southern South America to the East of the Andes: an indication of a mode of climatic variability, Capítulo del libro “Southern Hemisphere Paleo and Neoclimates, Concepts, Methods, Problems”, *Springer*.

Barros, V., M. Doyle e I. A. Camilloni, 2008: Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. *Theor. Appl. Climatol*, **93**, 19–33.

Boninsegna, J. A., 2014: Impacto del cambio climático en los oasis del oeste argentino. *Ciencia e Investigación*, **64** (1), 45–58.





Boulanger, J. P., O. Penalba, M. Rusticucci, F. Lafon y W. Vargas, 2005: Observed precipitation in the Parana-Plata hydrological basin: long-term trends, extreme conditions and ENSO teleconnections, *Clim. Dyn.*, **24**, 393–413.

Camilloni, I. y V. Barros, 1995: Influencia de la isla urbana de calor en la estimación de las tendencias seculares en Argentina Subtropical, *Geofísica Internacional*, **4**, 161–170.

Castañeda, E. y V. Barros 1994: Las tendencias de la precipitación en el Cono sur de América al este de los Andes, *Meteorológica*, **19**, 23–32.

Donat, M. G., L. V. Alexander, H. Yang, I. Durre, R. Vose, R. J. H. Dunn, K. M. Willett, E. Aguilar, M. Brunet, J. Caesar, B. Hewitson, C. Jack, A. M. G. Klein Tank, A. C. Kruger, J. Marengo, T. C. Peterson, M. Renom, C. Oria Rojas, M. Rusticucci, J. Salinger, A. S. Elayah, S. S. Sekele, A. K. Srivastava, B. Trewin, C. Villarroya, L. A. Vincent, P. Zhai, X. Zhang y S. Kitching, 2013: Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2, *J. Geophys. Res.* **118**, 2098–2118.

Doyle, M., R. Saurral y V. Barros, 2012: Trends in the distributions of aggregated monthly precipitation over the La Plata Basin. *Int. J. Climatol.*, **32**, 2149–2162.

Escobar, G., I. Camilloni y V. Barros, 2003: Desplazamiento del anticiclón subtropical del Atlántico Sur y su relación con el cambio de vientos sobre el estuario del Río de la Plata. *X Congreso latinoamericano e Ibérico de Meteorología*. La Habana, Cuba. (CD-ROM).

Haylock, M. R., T. Peterson, J. R. Abreu de Sousa, L. M. Alves, T. Ambrizzi, Y. M. Anunciação, J. Baez, J. I. Barbosa de Brito, V. R. Barros, M. A. Berlato, M. Bidegain, G. Coronel, V. Corradi, V. J. Garcia, A. M. Grimm, R. Jaildo dos Anjos, D. Karoly, J. A. Marengo, M. B. Marino, P. R. Meira, G. C. Miranda, L. Molion, D. F. Moncunill, D. Nechet, G. Ontaneda, J. Quintana, E. Ramirez, E. Rebello, M. Rusticucci, J. I. Santos, L. Trebejo y L. Vincent, 2006: Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature, *J. Climate*, **19**, 1490–1512.

IPCC 2010. Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties.

Le Quesne, C., C. Acuña, J. Boninsegna, A. Rivera y J. Barichivich, 2009. Long-term glacier variations in the Central Andes of Argentina and Chile, inferred from historical records and tree-ring reconstructed precipitation. *Palaeoecology*, **281** (3-4), 234–244.

Mezher, R., M. Doyle y V. Barros, 2012: Climatology of hail in Argentina, *Atmospheric Research*, **114–115**, 70–82.



Penalba, O. C. y F. Robledo, 2010: Spatial and temporal variability of the frequency of extreme daily rainfall regime in the La Plata Basin during the 20th century. *Climatic Change* **98**, 531–550.

Re, M. y V. Barros, 2009: Extreme rainfalls in SE South America . *Climatic Change*, **96**, 119–136.

Rusticucci, M. y M. Barrucand, 2004: Observed trends and changes in temperature extremes over Argentina. *J. Climate*, 4099–4107.

Rusticucci, M., J. Kyselý, G. Almeida y O. Lhotka, 2014: Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. In *WCRP Conference for Latin America and the Caribbean*, Montevideo 2014, Accesible en: [http://www.cima.fcen.uba.ar/WCRP/docs/pdf/Abstract\\_M-Rusticucci.pdf](http://www.cima.fcen.uba.ar/WCRP/docs/pdf/Abstract_M-Rusticucci.pdf).

Schneider, U., 2013: GPCC's new land surface precipitation climatology based on quality-controlled in situ data and its role in quantifying the global water cycle. *Theor. Appl. Climatol.* **115**, 15–40.

Simionato, C., C. Vera y F. Siegesmund, 2004: Surface wind variability on seasonal and interannual scales over Rio de La Plata. *Continental Shelf Research*.

Skvarka, P., 2006: En Vulnerabilidad de la Patagonia y sur de las provincias de Buenos Aires y La Pampa. Estudio base para la Segunda Comunicación Nacional a la UNFCCC. Fundación e Instituto T. Di Tella, Buenos Aires, 129–146.