

CAPÍTULO 1

EL CLIMA EN ARGENTINA, SU VARIABILIDAD, CAMBIO Y POSIBLES ESCENARIOS FUTUROS

The climate in Argentina, its variability, change and possible future scenarios

Doyle¹, M.E.

Universidad de Buenos Aires, Dto. De Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEN-UBA)

Contenidos

Resumen.....	31
Summary	32
Introducción	32
Cambio Climático.....	32
¿Por qué varía el Clima?	33
Variabilidad interna del sistema climático	33
Forzantes naturales o antrópicos.....	33
Importancia del Cambio Climático	34
Resultados de los estudios sobre el Cambio Climático observado en el clima actual de Argentina	34
Temperatura.....	34
Precipitación.....	35
Resultados de los estudios sobre el Cambio Climático proyectados a futuro en la Argentina.....	36
Temperatura.....	36
Precipitación.....	38
Implicancias del Cambio climático sobre el sector agropecuario	39
Conclusiones.....	40
Bibliografía.....	40

RESUMEN

El clima se relaciona con los estados de la atmósfera, sin embargo, la hidrosfera, la criosfera, la superficie terrestre y la biosfera ejercen una función significativa en la determinación del clima a través de sus interacciones con la atmósfera. Es sabido que los parámetros climáticos pueden variar en respuesta a la variabilidad propia del sistema climático, a forzantes naturales y en los últimos siglos, por una progresiva participación de los factores antrópicos. La creciente preocupación por las consecuencias del cambio climático sobre el bienestar de las personas, la economía mundial y el funcionamiento de los sistemas agropecuarios ha promovido crecientes investigaciones sobre las causas de las alteraciones de los parámetros climáticos y sobre las probables consecuencias sobre el clima futuro. En este capítulo se describirá brevemente la evolución de las principales variables climáticas durante los últimos 50 años y su proyección hasta el año 2039, considerando las probables implicancias sobre el sector agropecuario.

Palabras clave. CMIP5, forzantes naturales, forzantes antropogénicos, sistema climático.

¹Universidad de Buenos Aires, Dto. De Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEN-UBA). Pabellón II, Ciudad Universitaria; C1428 EHA - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. CIMA – CONICET/UBA UMIIFAECI

SUMMARY

Climate is related with states of the atmosphere, however interactions between the hydrosphere, cryosphere, the earth surface and the biosphere with the atmosphere are also responsible for determining climate. It is known that the climate parameters can vary in response to climate system variability, natural forcing and in the last centuries, in response to a progressive participation of the anthropic factors. The growing concern about the consequences of climate change over people welfare, world economy and agriculture systems has promoted the research about the causes of climate parameters alterations and their probable consequences on future climate. This chapter briefly describes the evolution of the main climatic variables during the last 50 years and their projection until 2039, considering the possible implications on the agricultural sector.

Key words. CMIP5, natural forcing, anthropogenic forcing, climate system.

INTRODUCCIÓN

Uno de los fenómenos que está afectando y preocupando a la población mundial son los cambios en el clima de las distintas regiones del planeta, y Argentina no es la excepción. Los eventos que generan esta preocupación se manifiestan en distintas variables que determinan el clima de un lugar, como ser modificaciones en las precipitaciones, en las temperaturas máximas, mínimas o en otras variables como la altura del nivel del mar o la extensión de los hielos continentales y marinos. Estos cambios a su vez tienen impactos en las distintas áreas productivas de una región como por ejemplo la producción agropecuaria.

Por otro lado, el clima de un lugar no es algo estático, sino que tiene fluctuaciones, lo que hace que en un determinado lugar el verano de un año pueda ser fresco y lluvioso y al año siguiente las condiciones sean muy opuestas: seco y caluroso. Estas variaciones han ocurrido siempre y seguirán ya que son parte de lo que conforma el clima del lugar. La pregunta que surge es, ¿cómo saber si lo que se observa a nivel local y mundial es parte de la variabilidad natural del clima o se está produciendo un *cambio climático*?

En este capítulo se describirá brevemente la evolución de la temperatura y precipitaciones para los últimos 50 años y su proyección hasta el año 2039. En adición, se especulará sobre las probables implicancias de estos cambios sobre el sector agropecuario.

CAMBIO CLIMÁTICO

El IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, en castellano) define al Cambio Climático como: “*Variación significativa y persistente del clima durante un período largo de tiempo*” (IPCC, 2013). Al analizar esta definición vemos que se deben dar varias condiciones para poder determinar que estamos en presencia de un cambio climático.

En primer lugar, cuando habla de una variación en el clima esta puede referirse tanto a la variación de su estado medio como a su variabilidad, o bien simultáneamente en ambos parámetros (Figura 1.1). Por ejemplo, la variación de la temperatura media anual de una dada localidad con el tiempo se evidencia por la fluctuación de los valores de temperatura, mostrando la variabilidad natural de la temperatura de dicha localidad (Figura 1.1a). Por su parte, la Figura 1.1b muestra que durante la segunda mitad del período el valor medio se ha modificado siguiendo una tendencia creciente, pese a que las fluctuaciones no sufrieron cambios. A su vez, la Figura 1.1c muestra que durante los últimos 40 años de la serie han aumentado las fluctuaciones alrededor del valor medio, y la Figura 1.1d muestra la situación donde la temperatura sufrió cambios tanto en su media como en su variabilidad.

La definición de cambio climático señala también que estas variaciones deben persistir por un período prolongado de tiempo. Para definir el clima de un lugar se deben considerar los valores de parámetros como la temperatura y la precipitación durante largos periodos de tiempo (por lo menos 30 años). Por lo tanto, para determinar si hubo cambios en el estado medio y/o variabilidad del clima precisaremos que estos hayan persistido por periodos de tiempo semejantes a los que usamos para definir cuál era el estado medio y la variabilidad del clima en el lugar. Estos cambios, a su vez, deben estar acompañados por evidencias que den rigurosidad científica a las afirmaciones.

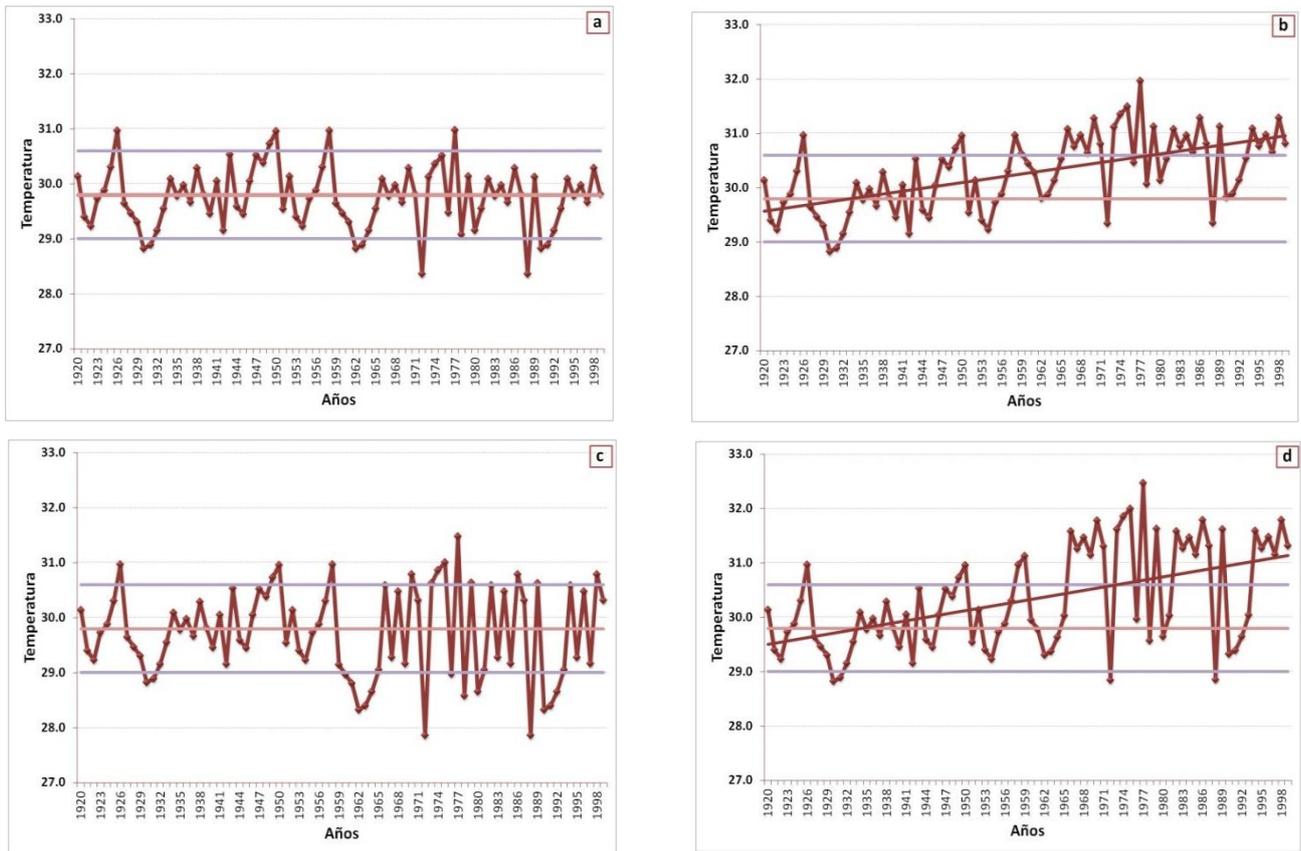


Figura 1.1. a) Serie de temperaturas medias anuales, b) Serie de temperaturas medias anuales con cambio en la media, c) Serie de temperaturas medias anuales con cambio en la variabilidad y d) Serie de temperaturas medias anuales con cambio en la media y la variabilidad. Las líneas azules representan el nivel de tolerancia establecido para el caso a) y repetido en los casos siguientes.

¿POR QUÉ VARÍA EL CLIMA?

El clima está determinado por las condiciones que presenta la atmósfera medida a través de distintas variables en largos periodos de tiempo. Por otra parte, la atmósfera forma parte de un sistema dinámico y complejo denominado *Sistema Climático* donde los otros componentes principales son: la hidrosfera, la criosfera, la superficie terrestre y la biosfera. Dada la fuerte interacción entre estos componentes, los cambios en alguno de ellos van a impactar sobre el clima. Las variaciones y cambios en las series de parámetros climáticos pueden responder a la variabilidad interna del sistema climático, pero también pueden deberse a cambios en otros forzantes naturales o antrópicos.

Variabilidad interna del sistema climático

La *variabilidad interna* se refiere a procesos que generan cambios en el sistema producidos por alteraciones sin que actúe un forzante externo, y está asociada a las características caóticas del sistema climático. Un ejemplo es el fenómeno de El Niño-Oscilación Sur.

Forzantes naturales o antrópicos

El sistema climático evoluciona bajo la influencia de su propia dinámica interna debido a forzamientos externos que pueden ser de origen natural (*i.e.* forzantes astronómicos o geológicos) o antrópico. Las *causas astronómicas* pueden ser debidas a cambios observados en el Sol o a variaciones en la órbita terrestre que dan lugar a alteraciones en la cantidad de radiación que llega a la Tierra. En el mismo sentido, un cambio en el ángulo del eje de rotación terrestre modificaría las regiones de la Tierra iluminadas por el Sol y cambiaría la distribución geográfica de la radiación recibida.

Dos grandes *causas geológicas* que han llevado a importantes cambios en el clima del planeta han sido la deriva de los continentes y los movimientos orogénicos debido a las alteraciones en la distribución de los continentes y mares. Otro forzante natural de origen geológico resulta de las erupciones volcánicas muy violentas que emiten aerosoles que penetran la estratosfera donde pueden permanecer por períodos prolongados, afectando la cantidad de radiación incidente sobre la superficie terrestre.

Algunas de las actividades realizadas por el hombre (*i.e. causas antrópicas o antropogénicas*) también están alterando el sistema climático debido a que se generan cambios en la composición de la atmósfera, ya sea por la inyección de aerosoles, por el aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI), o debido a los cambios en el uso de la tierra.

Los GEI pueden ser de origen natural o antrópicos, y cumplen la función de absorber radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra y que luego es emitida por la atmósfera y las nubes. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el Metano (CH₄), y el Ozono (O₃) son los principales GEI en la atmósfera terrestre. Además, existe en la atmósfera una serie de GEI producidos exclusivamente por el hombre, tales como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, el hexafluoruro de azufre (SF₆), los Hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC). El aumento en la concentración de GEI produce un forzamiento radiativo, es decir un cambio en la irradiación neta vertical que genera un desequilibrio que sólo puede ser compensado con un aumento de la temperatura dentro de los primeros 12-16 km de la atmósfera.

IMPORTANCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Considerando el clima de un determinado lugar, se puede definir un rango de tolerancia de la variabilidad de los parámetros climáticos (líneas paralelas en Figura 1.1), dentro de los cuales tanto la sociedad como el ambiente puede desarrollarse sin tener que adaptarse a los cambios. Por el contrario, fuera de dicho rango, se producirán fenómenos extremos que generarán modificaciones tanto en el ambiente como en las actividades de la sociedad. Si existe el conocimiento sobre la posibilidad de ocurrencia de estos fenómenos y las consecuencias que traen es posible estar preparados para sobrellevarlos con la menor pérdida posible.

Los cambios descritos en la Figura 1.1 (media, variabilidad o ambas) promueven un aumento de la frecuencia de eventos extremos que caen fuera de los límites de tolerancia; consecuentemente aumentan los impactos que sufre el medio físico, económico y social, volviéndose vulnerables y creando la necesidad de implementar estrategias de *mitigación* y *adaptación*.

La influencia de las actividades humanas sobre el clima se puede ver en distintos fenómenos: aumentos en el nivel medio del mar, cambios en los patrones de vientos y trayectorias de tormentas, aumentos en las temperaturas mínimas lo que lleva a una disminución de los días y noches frías, y en algunos lugares a los aumentos en las olas de calor, tales como las que actualmente se están presentando en Europa. Por otro lado, también se observa un incremento en las áreas afectadas por sequías y también un aumento en la frecuencia de eventos de precipitaciones extremas.

RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO OBSERVADO EN EL CLIMA ACTUAL DE ARGENTINA

El Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA, 2015) elaboró un informe con el análisis de las tendencias del clima desde la segunda mitad del siglo XX y una proyección del clima futuro (siglo XXI) de la Argentina como parte del Proyecto Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (SAyDS, 2015). Los principales hallazgos presentados en dicho documento son resumidos a continuación.

Temperatura

El análisis de la temperatura media anual entre 1960 y 2010 utilizando la base de datos CRU 3.20 (Harris *et al.*, 2013) indican un aumento generalizado de la temperatura en Argentina (regiones sombreadas; Figura 1.2a), a excepción de la zona central del país donde se registró un menor aumento de temperatura, e incluso disminuciones en algunas zonas. En la región al norte de 40°S, los aumentos son mayores a 0.5°C y en algunas regiones superan 1°C, mientras que en un área extensa del territorio patagónico el aumento fue generalizado

y mayor a 1°C. Según la metodología del IPCC, el aumento en la temperatura media en todo el país es de *confianza media*.

La temperatura mínima (Figura 1.2b) aumentó en las regiones húmeda y andina, pero la máxima (Figura 1.2c) en algunas zonas presentó cambios de signo opuesto (Rusticucci y Barrucand, 2001). El cambio positivo en la precipitación (Figura 1.3) junto a la evaporación y nubosidad generadas durante las lluvias, explican el enfriamiento de las zonas que en general presentan buena insolación y temperaturas máximas elevadas. Por su parte, en la región Patagónica, el aumento es mayor y más generalizado en la temperatura máxima que en la mínima.

En adición a lo anterior, el aumento de las temperaturas mínimas lleva a una reducción en casi todo el país del número de días con heladas y un aumento de las noches cálidas (temperatura mayor a los 20°C; Agosta y Barrucand, 2012). En la Patagonia, en cambio, donde la temperatura mínima no aumentó tanto, el número de noches cálidas se redujo. Asimismo, en el este y norte del país, como también en la Patagonia, el cambio en la temperatura máxima conlleva un aumento en la cantidad y duración de las olas de calor (Rusticucci *et al.*, 2014). En la región centro, asociada al cambio negativo en la temperatura máxima, la duración de las olas de calor disminuyó. Estos cambios asociados a las temperaturas extremas tienen un nivel de *confianza alta*.

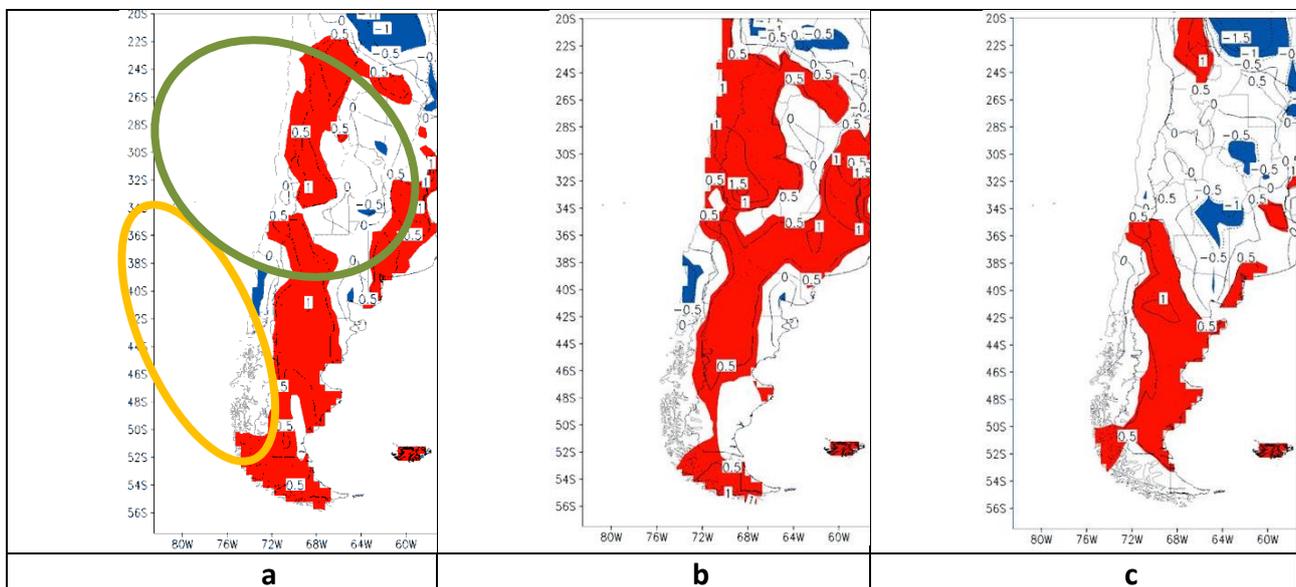


Figura 1.2. Cambios en la temperatura a) media, b) mínima y c) máxima en el período 1960-2010.

Precipitación

Los resultados sobre los cambios en la precipitación anual obtenidos a partir de la base de datos CRU 3.20 (Harris *et al.*, 2013) del periodo 1960-2010 señalan que aumentó en casi todo el país con variaciones interanuales (*confianza alta*; Figura 1.3). 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. Estos cambios tuvieron un efecto importante en el proceso de agriculturización de esas zonas (Castañeda y Barros 1994; Barros *et al.*, 2000; Boulanger *et al.*, 2005; Haylock *et al.*, 2006; Barros *et al.*, 2008; Doyle *et al.*, 2012). Por el contrario, las precipitaciones tuvieron un cambio negativo en el periodo 1960 – 2010 (*confianza alta*) en los Andes patagónicos y Cuyanos.

Al analizar las características de la precipitación, se ha observado que la precipitación diaria máxima del año, las precipitaciones acumuladas de 5 días consecutivos y la precipitación anual acumulada de los casos de precipitaciones más altas han aumentado en casi todo el país, aunque solo en pocas zonas en forma significativa. La distribución geográfica de estos cambios tiene una alta coincidencia lo que señala un cambio hacia precipitaciones más intensas. En consecuencia, no solo han aumentado las precipitaciones anuales en gran parte del país, sino que también han resultado más intensas (*confianza media*) y frecuentes en gran parte del país (*confianza alta*) (Re y Barros, 2009; Penalba y Robledo, 2010).

El análisis del otro extremo de las precipitaciones, asociado a los eventos secos, también presenta resultados interesantes. En la región norte, centro-oeste, donde los cambios en la precipitación han sido más bien cercanos a cero y donde predominan las lluvias de verano, ha resultado en una extensión del período invernal seco. La combinación de mayores temperaturas, y prolongados periodos secos generaría un mayor estrés hídrico con impactos negativos en algunas regiones sobre la vegetación y la ganadería. En la región húmeda y en partes de la Patagonia, por otro lado, han disminuido las rachas secas, es decir la máxima duración de días en el año sin prácticamente precipitación, consistente con el aumento de las precipitaciones anuales.

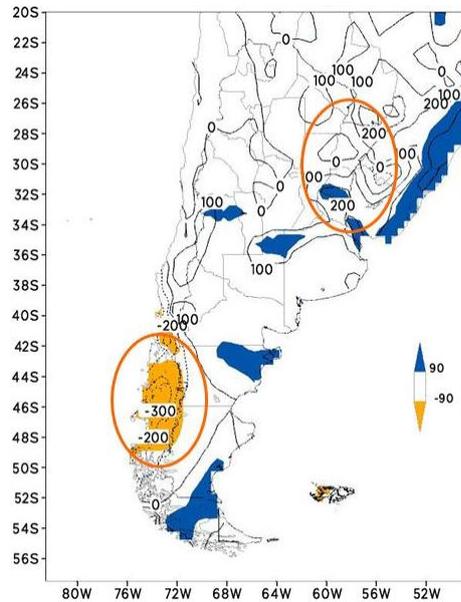


Figura 1.3. Cambios en la precipitación anual en el período 1960-2010.

RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO PROYECTADOS A FUTURO EN LA ARGENTINA

El análisis de las posibles condiciones climáticas que pueden dominar nuestro país a futuro se realiza a través de los resultados obtenidos de modelos climáticos globales (**MCGs**). Estas simulaciones consideran posibles concentraciones futuras de los GEI y de esta forma se generan escenarios climáticos, es decir, estados posibles del clima asociados a las supuestas evoluciones de las concentraciones de gases. Dada la incertidumbre sobre las futuras concentraciones de GEI, se generan escenarios climáticos que abarcan la gama más probable de estas concentraciones.

En 2012 se publicaron un conjunto de escenarios climáticos basados en 42 MCGs denominado CMIP5 (Taylor *et al.* 2012). Los 4 escenarios CMIP5 utilizan distintas trayectorias de concentraciones de GEI desde el año 2000 y se los distingue por el forzamiento radiativo de origen antrópico con el que arriban al año 2100. En la tercera comunicación se presentaron los resultados de dos de estos escenarios RCP4.5 y RCP8.5, correspondientes a un escenario moderado de aumento de emisiones y un escenario extremo, respectivamente. De este análisis es posible obtener una idea sobre la posible evolución de las condiciones climáticas durante este siglo. Los cambios en un futuro cercano (2015 – 2039) se calcularon con respecto al período 1986 – 2005 utilizando el promedio de 42 experimentos del conjunto CMIP5.

Temperatura

La temperatura media anual (columna izquierda; Figura 1.4), mínima anual (columna central) y máxima anual (columna derecha) al norte de la Patagonia podrían sufrir entre 2015 – 2039 aumentos de entre 0.5° y 1°C, lo que implica una aceleración respecto al calentamiento actual. Al comparar los dos escenarios analizados las mayores diferencias se observan en el norte del país, donde bajo condiciones más extremas

las temperaturas aumentarían más de un grado con respecto al período de referencia. Bajo un escenario moderado los cambios en la temperatura media y la mínima son muy similares, mientras que el aumento en la temperatura máxima afectaría una región más extensa en el norte y oeste del país. Sin embargo, los cambios en el escenario más extremo serían mayores en la temperatura mínima abarcando todo el norte del país llegando hasta casi los 30°S, mientras que para la temperatura media y máxima los cambios mayores se limitarían a latitudes más bajas y al NOA. En forma consistente con los resultados asociados a los fenómenos extremos, también bajo estos escenarios se podría esperar una disminución en el número de días con heladas y un aumento en las olas de calor en las próximas décadas.

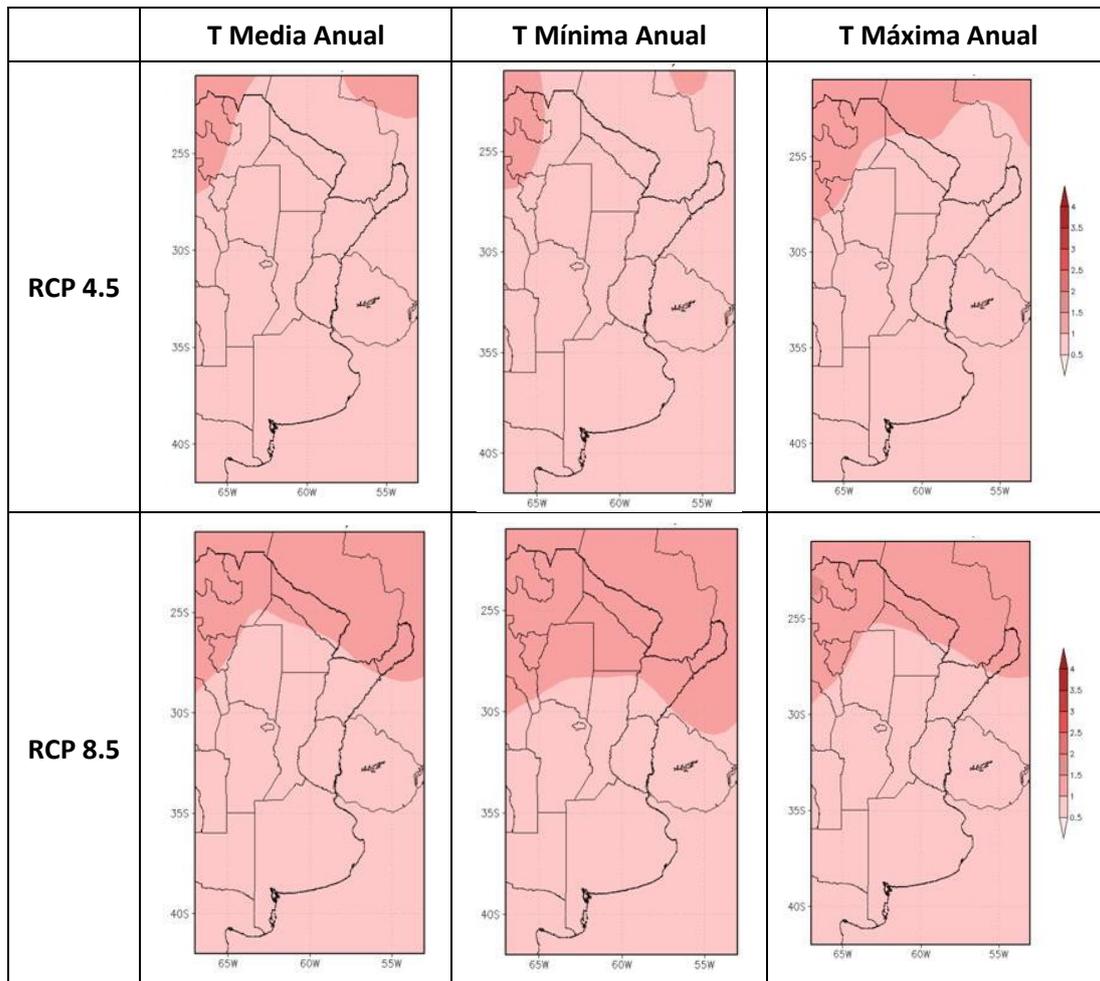


Figura 1.4. Cambios en la Temperatura Media Anual (izquierda), Mínima Anual (centro) y Máxima Anual (derecha) en el período 2015-2039 respecto a 1981-2005, para los escenarios RCP 4.5 (arriba) y RCP 8.5 (abajo)

En un corte temporal más cercano a fin del siglo XXI (2081 – 2100) la Figura 1.5 muestra que seguiría el aumento en todas las temperaturas: media, mínima y máxima, siendo mayor la diferencia entre los dos escenarios analizados. Bajo un escenario RCP8.5 los cambios con respecto al presente podrían superar los 2.5°C en las regiones más húmedas mientras que en el norte y oeste del país podrían estar por encima de los 4°C, siendo la temperatura mínima la que proyecta mayores cambios. Es de esperarse que estos cambios tengan un fuerte impacto sobre la actividad agropecuaria y sobre la población.

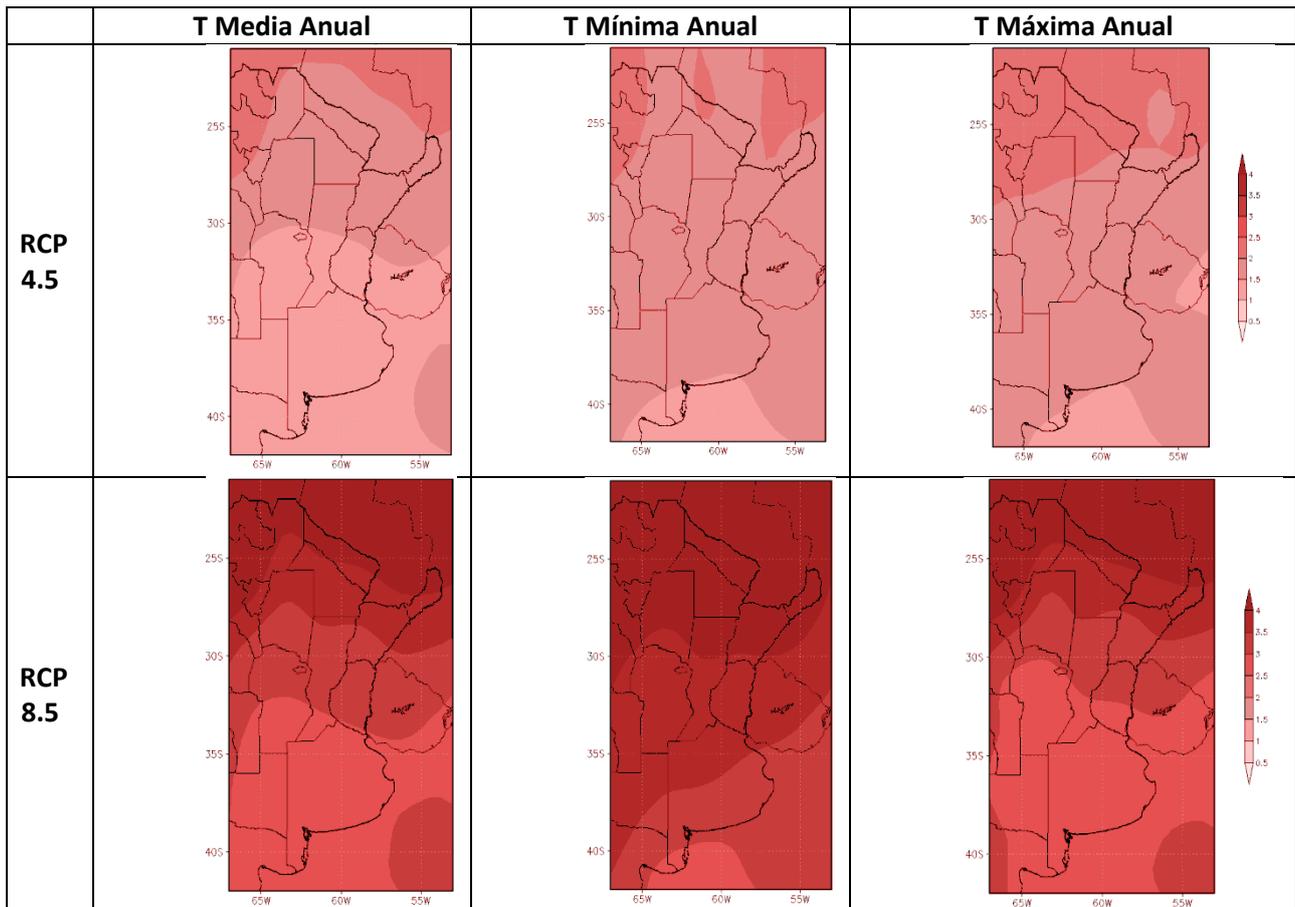


Figura 1.5. Cambios en la Temperatura Media Anual (izquierda), Mínima Anual (central) y Máxima Anual (derecha) en el período 2081-2100 respecto a 1981-2005, para los escenarios RCP 4.5 (arriba) y RCP 8.5 (abajo)

Precipitación

Al analizar los resultados para los cambios proyectados por el conjunto de modelos de CMIP5 (Figura 1.6) no hay diferencias en el futuro cercano entre los dos escenarios elegidos. Los cambios proyectados están entre $\pm 10\%$, y considerando que las posibles fuentes de error podrían estar dentro de este intervalo, los cambios identificados serían poco relevantes. Por ello, se podría asumir que no habría mayores cambios en la precipitación en todo el país en el futuro cercano, ni tampoco en el caso del escenario RCP4.5 en el futuro lejano. En el caso del escenario RCP8.5, para el futuro lejano se proyecta un descenso de 10 a 20% sobre el oeste de la Patagonia norte y central, y un aumento similar en el centro y la mayor parte del este del país.

En la mayoría de las regiones del país parecería mantenerse en el futuro un aumento en las precipitaciones extremas (*confianza media*), y también continuarían siendo prolongados los períodos secos durante la época invernal. Para el escenario RCP8.5, en el corte temporal cercano a fin de siglo, la suma del aumento de temperatura y la prolongación de períodos secos generarían aumentos en la evaporación y un consecuente aumento del estrés hídrico que afectaría las actividades agropecuarias.

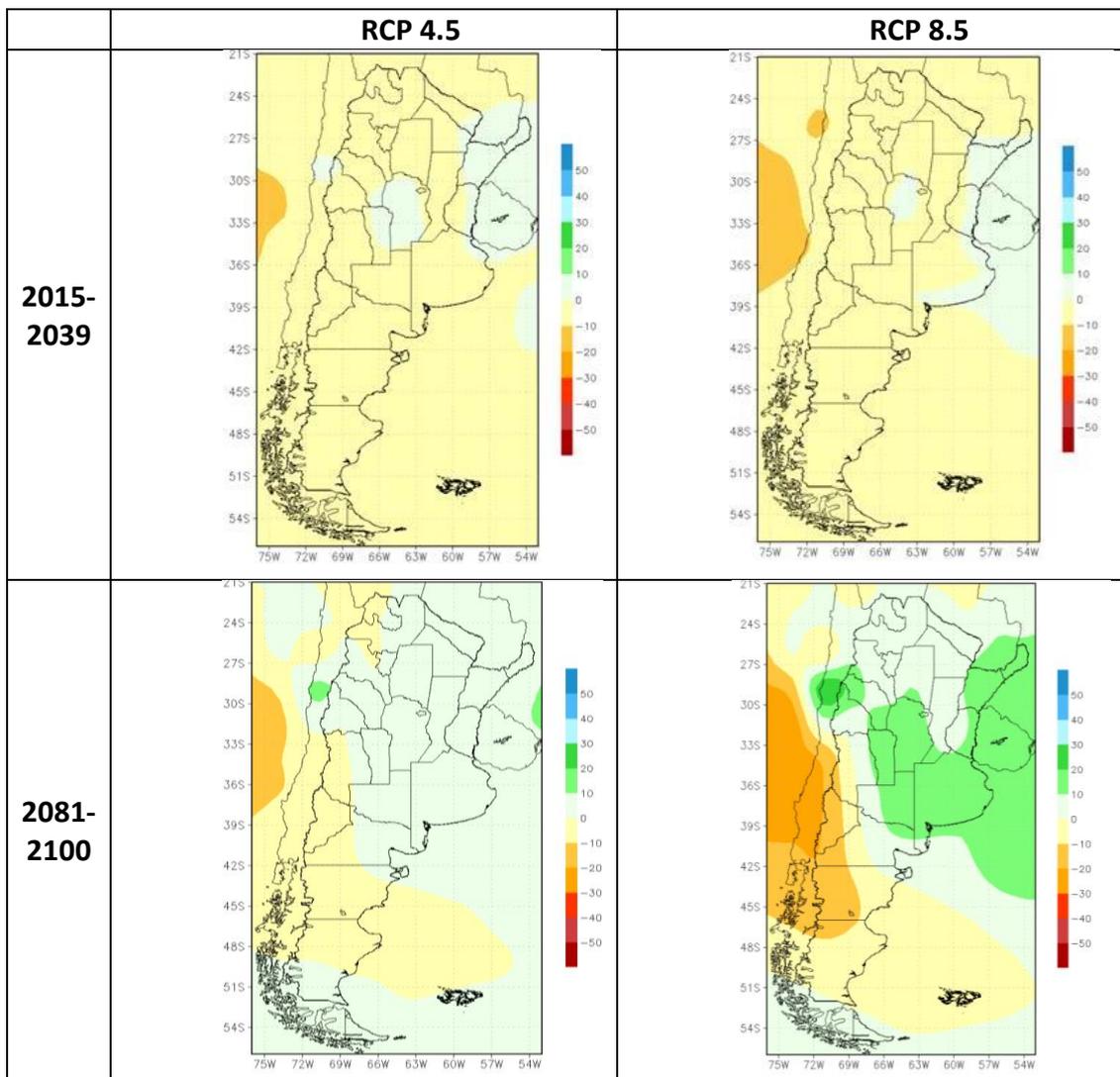


Figura 1.6. Cambios en la Precipitación Anual en el período 2015-2039 (arriba) respecto a 1981-2005, para los escenarios RCP 4.5 (izquierda) y RCP 8.5 (derecha) y respecto a 2081-2100 (abajo)

IMPPLICANCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO

El cambio climático tendrá impacto sobre las actividades agropecuarias. La tercera comunicación nacional ha concluido que podría haber reducciones de la producción de carne bovina en el norte de la región Pampeana, estabilidad de la producción en el centro y aumentos en la zona oeste, asociados principalmente a las variaciones en la producción de forraje relacionados con un aumento progresivo de las condiciones más secas en el centro norte de la región, y el avance progresivo de condiciones más húmedas en el oeste.

Por otra parte, el cambio en las temperaturas en nuestro país traería como consecuencia el desplazamiento geográfico de las zonas ganaderas. La región de ganadería tropical, al norte de la isoterma de 26°C, se desplazaría paulatinamente hacia el este en su límite superior y hacia el sudoeste en su porción media e inferior. A su vez, la región ganadera de clima templado ubicada al sur de la isoterma de 26°C durante el mes más cálido se comprimiría paulatinamente, a medida que avancen las condiciones más cálidas, ocupando el centro-sur y centro-oeste de la provincia de Buenos Aires y el centro de La Pampa hacia fines de este siglo.

El informe del IPCC (2014) resalta que la temperatura es un factor limitante para el ganado. A medida que la productividad aumenta, como por ejemplo incrementando la producción de leche, también aumenta la producción de calor y disminuye la capacidad para tolerar temperaturas elevadas. Esto a su vez podría llevar a un aumento en la mortandad y consecuentemente a pérdidas económicas (Vitali *et al.*, 2009). Asimismo, el aumento de la temperatura puede impactar indirectamente en la salud animal debido al impacto del cambio climático sobre las comunidades microbianas (patógeno y parásito), sobre los vectores transmisores de enfermedades, producción de alimento o escases de agua. Los cambios en temperatura pueden modificar la distribución geográfica de las enfermedades, generar epidemias e incluso introducir nuevas enfermedades que no eran propias de la región geográfica afectando la salud del ganado. Sumado a los cambios en temperatura, los cambios en la precipitación pueden afectar la cantidad y dispersión de pestes transmitidas por vectores como moscas, garrapatas y mosquitos (Rojas-Downing *et al.*, 2017).

Los efectos del cambio climático sobre la producción ganadera dependen fuertemente de la región geográfica de interés para lo cual es necesario continuar la investigación sobre estos temas que aún no han sido explorados en profundidad.

CONCLUSIONES

A través de estas páginas se ha discutido las distintas formas en que puede variar o cambiar el clima y cuáles son los posibles mecanismos que pueden dar lugar a estas modificaciones y los períodos temporales necesarios para que queden establecidos los cambios. En la actualidad, el cambio climático se ha producido en un período de tiempo muy corto, en comparación a los de épocas anteriores, y es atribuido al aumento en la concentración de GEI en la atmósfera. Las consecuencias se observan en distintas variables como son la temperatura máxima, mínima y media y la precipitación y fenómenos meteorológicos como las olas de calor, las noches frías, heladas, inundaciones y sequías. Estos cambios se vienen observando en la Argentina durante el último siglo y las proyecciones indican que persistirán en el futuro cercano y en el lejano en las temperaturas y con mayores cambios en sus eventos extremos. Los cambios previstos en el sistema climático para las próximas décadas traerán aparejadas consecuencias de gran importancia para los sistemas de producción agropecuaria.

BIBLIOGRAFÍA

- AGOSTA, E.A. y BARRUCAND, M.B. 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.
- BARROS, V.R., DOYLE, M.E. and CAMILLONI, I.A. 2008. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. *Theor. Appl. Climatol*, 93, 19–33.
- BARROS, V., CASTAÑEDA, M. E. and DOYLE, M. 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.
- BOULANGER, J.P., PENALBA, O., RUSTICUCCI, M., LAFON, F. and VARGAS, W. 2005. Observed precipitation in the Parana-Plata hydrological basin: long-term trends, extreme conditions and ENSO teleconnections, *Clim. Dyn.*, 24, 393–413.
- CASTAÑEDA, E. y BARROS, V. 1994. Las tendencias de la precipitación en el Cono sur de América al este de los Andes, *Meteorológica*, 19, 23–32.

- CIMA, 2015. Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones. Actividad habilitante para la Tercera Comunicación Nacional, 337 pág. SAyDS.http://3cn.cima.fcen.uba.ar/3cn_informe.php
- DOYLE, M., SAURRAL, R. and BARROS, V. 2012. Trends in the distributions of aggregated monthly precipitation over the La Plata Basin. *Int. J. Climatol.*, 32, 2149–2162.
- HARRIS, I., JONES, P.D., OSBORN, T.J. and LISTER, D.H. 2013. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations. *Int. J. Climatol.*, 34, 623–642.
- HAYLOCK, M.R., PETERSON, T.C., ALVES, L.M., AMBRIZZI, T., ANUNCIAÇÃO, Y.M.T., BAEZ, J., BARROS, V.R., BERLATO, M.A., BIDEGAIN, M., CORONEL, G., CORRADI, V., GARCIA, V.J., GRIMM, A.M., KAROLY, D., MARENGO, J.A., MARINO, M.B., MONCUNILL, D.F., NECHET, D., QUINTANA, J., REBELLO, E., RUSTICUCCI, M., SANTOS, J.L., TREBEJO, I. and VINCENT, L.A. 2006. Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature. *J. Climate*, 19, 1490–1512.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Fifth Assessment Report (WGI AR5) Glossary Annex III <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>
- PENALBA, O. C. and ROBLEDO, F. 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 BARROS, V. 2009. Extreme rainfalls in SE South America. *Climatic Change*, 96, 119–136.
- ROJAS-DOWNING, M.M., NEJADHASHEMI, A.P., HARRIGAN, T. and WOZNICKI, S.A. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145–163.
- RUSTICUCCI, M. y BARRUCAND, M. 2001. Climatología de temperaturas extremas en la Argentina: Consistencia de datos. Relación entre la temperatura media estacional y la ocurrencia de extremos. *Meteorológica*, 26, 69 – 84.
- RUSTICUCCI, M., KYSELÝ, J., ALMEIRA, G. and LHOTKA, O. 2014. Long-term variability of heatwaves 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.
- SAyDS, 2015. Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Buenos Aires, 2014. 256 pág. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/argnc3s.pdf>
- TAYLOR, K.E., STOUFFER, R.J. and MEEHL, G.A. 2012. An Overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93, 485–498.
- VITALI, A., SEGNALINI, M., BERTOCCHI, L., BERNABUCCI, U., NARDONE, A. and LACETERA, N. 2009. Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(8), 3781-3790.