

PROYECTO WATERCLIMA LAC 2015-2017

Compilación de informes técnicos producidos
en el Área Piloto Mar del Plata



WATERCLIMA LAC
Coastal Zones - Zonas Costeras



UNIVERSIDAD NACIONAL
de MAR DEL PLATA

CONICET



Proyecto financiado
por la Unión Europea

Proyecto WATERCLIMA LAC 2015-2017 : compilación de informes técnicos producidos en el Área Piloto Mar del Plata / Alejandra Merlotto ... [et al.]; compilado por Héctor Enrique Massone ; Daniel Emilio Martínez - 1a ed. - Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2017.
DVD-ROM, PDF

ISBN 978-987-544-798-1

1. Medio Ambiente. 2. Cambio Climático. 3. Recursos Hídricos. I. Merlotto, Alejandra. II. Massone, Héctor Enrique, comp. III. Martínez, Daniel Emilio, comp.
CDD551.48

Elaborado por:



Proyecto WATERCLIMA LAC 2015-2017. Compilación de informes técnicos producidos en el Área Piloto Mar del Plata

El presente libro ha sido elaborado por la Universidad Nacional de Mar del Plata en el marco del Proyecto WATERCLIMA LAC y financiado por la Unión Europea.

ISBN

978-987-544-798-1

Compiladores

Héctor Enrique Massone¹

Daniel Emilio Martínez^{1,2}

1. Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCyC-UNMdP/CIC)

2. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC-UNMdP/CONICET)

Diseño y diagramación

Gabriela Calderon

Fotografías de portadas

Gabriela Calderon

Publicación sin fines comerciales. Reservados todos los derechos. Queda autorizada su reproducción y distribución con previa autorización y citando fuentes.

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata, Argentina

2017



Proyecto financiado
por la Unión Europea

“La presente publicación ha sido elaborada con el financiamiento de la Unión Europea. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de sus autores y en ningún caso debe considerarse que refleja los puntos de vista de la Unión Europea.”

PROYECTO WATERCLIMA LAC 2015-2017

Compilación de informes técnicos producidos
en el Área Piloto Mar del Plata

Compiladores

Héctor Enrique Massone¹

Daniel Emilio Martínez^{1,2}

1. Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCyC-UNMdP/CIC)
2. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC-UNMdP/CONICET)

Mar del Plata, 2017



WATERCLIMA LAC
Coastal Zones - Zonas Costeras

ÍNDICE

Prólogo	5
PARTE 1. Aspectos socioeconómicos	6
INFORME TÉCNICO 1. Aspectos sociales, económicos y ambientales del partido de General Pueyrredon (Buenos Aires, Argentina) para la gestión integrada de los recursos hídricos <i>Alejandra Merlotto y Eleonora M. Verón</i>	7
INFORME TÉCNICO 2. Servicios de los ecosistemas costeros en Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina <i>Eleonora M. Verón y Alejandra Merlotto</i>	34
INFORME TÉCNICO 3. Relevamiento de encuestas a agentes de interés. Sistematización y análisis de los resultados Área Piloto: ciudad de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires, República Argentina <i>Marisa Sagua, Claudia Mikkelsen, Fernando Sabuda, Gabriela Calderon, Silvina Aveni, Matias Gordziejczuk</i>	48
INFORME TÉCNICO 4. Situación actual y análisis de la superficie bajo cubierta (invernáculos) en el Cinturón Hortícola de la ciudad de Mar del Plata <i>Liliana Viglianchino</i>	64
INFORME TÉCNICO 5. Evaluación económica de alternativas extracción del acuífero de Mar del Plata <i>Germán Blanco</i>	70
PARTE 2. Aspectos físico-naturales	72
INFORME TÉCNICO 6. El clima de Mar del Plata de los últimos 40 años <i>Sebastian Grondona</i>	73
INFORME TÉCNICO 7. Variabilidad interanual de la precipitación para el tiempo actual y futuro en el partido de General Pueyrredon <i>Reinaldo Agustín Maenza</i>	76

INFORME TÉCNICO 8. Identificación del sistema de drenaje del área periurbana noroeste de Mar del Plata mediante técnicas geomáticas <i>Gustavo A. Martínez y Marcelo O. Farenga</i>	87
INFORME TÉCNICO 9. Diseño metodológico para la ubicación geográfica de pozos de agua y pozos ciegos en el barrio Playa Los Lobos <i>Marcelo O. Farenga</i>	98
INFORME TÉCNICO 10. Muestreo de agua en barrio Playa Los Lobos <i>Sebastian Grondona</i>	102
INFORME TÉCNICO 11. Ensayos para verificar la efectividad de filtros de cerámica en la remisión de nitratos en aguas de bebida <i>Gustavo Bernava</i>	106
INFORME TÉCNICO 12. Análisis de plaguicidas organoclorados en agua <i>Karina S. B. Miglioranza, Sebastian Grondona y Walter Chacón</i>	113
PARTE 3. Guías didácticas	119
GUÍA DIDÁCTICA 1. Estudio de las aguas subterráneas. Guía de trabajo de campo <i>Sebastian Grondona</i>	120
GUÍA DIDÁCTICA 2. Manual para ejercicio de modelación de flujo subterráneo en el acuífero de Mar del Plata, utilizando Modflow™ 2005 y Modelmuse™ <i>Orlando Mauricio Quiroz Londoño</i>	141
GUÍA DIDÁCTICA 3. Curso de actualización profesional para guardaparques del partido de General Pueyrredon <i>Flavia Donna, Asunción Romanelli, Orlando Mauricio Quiroz Londoño y Héctor E. Massone</i>	167

INFORME TÉCNICO 7

VARIABILIDAD INTERANUAL DE LA PRECIPITACIÓN PARA EL TIEMPO ACTUAL Y FUTURO EN EL PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDON

Reinaldo Agustín Maenza

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC-CONICET/UNMdP). Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCyC-UNMdP/CIC)

INTRODUCCIÓN

En la literatura científica, existe una gran cantidad de trabajos de investigación relacionados al estudio de la variabilidad espacio-temporal de la precipitación sobre un extenso sector del territorio argentino, al norte de 40°S y al este de la Cordillera de los Andes, región denominada Argentina Subtropical (AS). En distintas localidades de esta última, y aproximadamente desde mediados del siglo pasado, las series temporales de precipitación acumulada en temporadas compuestas por distintos meses correspondientes al semestre cálido del hemisferio sur (Octubre a marzo), han mostrado tendencias y saltos estadísticamente significativos hacia condiciones más húmedas (Castañeda y Barros, 1994; Penalba y Vargas, 2001, 2004; Pérez y otros 2011; Agosta y Compagnucci 2012; Maenza y otros 2017; entre otros). La estación estival del Hemisferio Sur (Diciembre a Febrero) es la temporada en la que estos cambios son más notorios.

Sobre el litoral del extremo sudeste de AS se encuentra la ciudad de Mar del Plata, localidad perteneciente a la provincia de Buenos Aires. La localidad parece ser ajena a los incrementos en la precipitación estival observados en el resto de la región, o al menos los cambios no son estadísticamente significativos (Saurral y otros 2016) para el período actual. No obstante, existe evidencia de un incremento en la intensidad de los extremos de precipitación diarios en el período 1960-2000 (Haylock y otros 2006). Es decir que el régimen de precipitación ha cambiado en al menos los últimos 50 años, hacia uno con precipitaciones más intensas.

En las próximas décadas, y en general para toda la Argentina al norte de la Patagonia (y por tanto en AS), se espera que las precipitaciones extremas acumuladas en uno a cinco días sean cada

vez más intensas y frecuentes (TCN, 2014), lo que podría repercutir en los acumulados mensuales y anuales de precipitación en la localidad de interés. Así, se desprende la necesidad de dilucidar las posibles condiciones hídricas en las próximas décadas sobre la ciudad de Mar del Plata, en un marco de calentamiento global, a partir del análisis de simulaciones numéricas del clima futuro.

En el presente informe se detalla la manera en la que fue seleccionado el Modelo Climático Global (MCG) que mejor habilidad tiene en representar la precipitación anual acumulada (*paa*) actual en la zona de la ciudad de Mar del Plata.

DATOS Y METODOLOGÍA

Datos

La Fase 5 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP5, por sus siglas en inglés) pone a disponibilidad del mundo científico un estado del arte de los set de datos multi-modelos designados para mejorar nuestros conocimientos sobre la variabilidad climática y el cambio climático (Taylor y otros, 2012). Distintas instituciones de investigación alrededor mundo participan del CMIP5, y cada una de estas utiliza un MCG propio, aunque es de destacar que en ocasiones pueden obtenerse similares campos simulados de diversas variables del sistema climático empleando MCGs de distintas instituciones, ya que los últimos pueden provenir de una misma familia de modelos (Knutti y otros, 2013).

Para la elaboración del presente informe se dispuso de salidas de simulaciones numéricas de precipitación mensual de los experimentos *histórico* (período 1850-2005) y *RCP4.5* (2006-2100), generadas para el CMIP5.

El experimento histórico tiene en cuenta los cambios históricos en la composición atmosférica que reflejan los forzantes antropogénicos y naturales. También contiene información de la evolución temporal de la cobertura de suelo (Taylor y otros, 2012), incluyendo cambios en el uso de suelo en algunos casos (Ávila y otros, 2012).

Las simulaciones futuras son elaboradas teniendo en cuenta los Caminos Representativos de Concentraciones (Moss y otros, 2010; RCPX.X, por sus siglas en inglés). El RCP4.5, se cree, es el más probable que ocurra en el marco de mantener el calentamiento global a menos de 2°C para el 2100 (Com. Pers. durante la 96th American Meteorological Society [AMS] Annual Meeting). El valor 4.5 representa el forzamiento radiativo que se alcanzaría al final de la simulación (año 2100 del

modelo) en unidades de W/m². El experimento RCP4.5 es la continuación del histórico (Taylor y otros, 2012), con lo que se asegura la continuidad de las series de precipitación sin la presencia de inhomogeneidades. Más detalles sobre los experimentos pueden encontrarse en Taylor y otros (2012).

Para este trabajo sólo se utilizaron las simulaciones r1i1p1, es decir que los campos mensuales asociados a cada simulación son obtenidos de una única simulación (corrida) en cada modelo. Los modelos utilizados en el presente informe y las instituciones a las que pertenecen son resumidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Modelos climáticos globales (MCG) pertenecientes a la Fase 5 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP5) analizados en el presente informe, de los cuales se obtuvieron los valores de precipitación anual acumulada simulados por los experimentos transientes (histórico y RCP 4.5). El período indicado es el abarcado por ambos experimentos.

Nombre del Modelo	Instituto	Resolución (°lat x °lon)	Período
ACCESS1-0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australia)	1.25° × 1.875°	1/1850 - 12/2100
ACCESS1-3	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australia)	1.25° × 1.875°	1/1850 - 12/2100
BCC-CSM1-1-m	Beijing Climate Center, China Meteorological Administration (China)	~1.12° × 1.125°	1/1850 - 12/2100
CCSM4	National Center for Atmospheric Research (USA)	~0.9° × 1.25°	1/1850 - 12/2100
CESM1-BGC	National Center for Atmospheric Research (USA)	~0.9° × 1.25°	1/1850 - 12/2100
CESM1-CAM5	National Center for Atmospheric Research (USA)	~0.9° × 1.25°	1/1850 - 12/2100
CNRM-CM5	Centre National de Recherches Meteorologiques (Francia)	~1.4° × ~1.4°	1/1850 - 12/2100
CSIRO-Mk3-6-0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australia)	~1.87° × 1.875°	1/1850 - 12/2100
HadGEM2-CC	Met Office Hadley Center (Reino Unido)	1.25° × 1.875°	12/1934 - 11/2099
HadGEM2-ES	Met Office Hadley Center (Reino Unido)	1.25° × 1.875°	12/1934 - 11/2124
MIROC5	Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo (Japón)	1.41° × 1.41°	1/1850 - 12/2100
MPI-ESM-LR	Max Planck Institute for Meteorology (Alemania)	~1.87° × 1.875°	1/1850 - 12/2100
MPI-ESM-MR	Max Planck Institute for Meteorology (Alemania)	~1.87° × 1.875°	1/1850 - 12/2100
MRI-CGCM3	Meteorological Research Institute (Japón)	~1.12° × 1.125°	1/1850 - 12/2100
NorESM1-M	Norwegian Climate Centre (Noruega)	~1.895° × 2.5°	1/1850 - 12/2100

También se dispuso de registros de precipitación mensual para la ciudad de Mar del Plata en el período 1960-2010. Los mismos fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional Argentino.

De los registros mensuales se obtuvieron los acumulados anuales de precipitación, tanto simulados como observados.

Metodología

Dado que se trata de simulaciones transientes (los forzantes climáticos varían en el tiempo) asociadas a modelos climáticos acoplados (más de una componente en los modelos, como atmósfera y océano entre otras posibles) no es de esperar que estos representen la realmente la *paa* observada, pero si deberían ser capaces de representar diversos parámetros estadísticos. Debido a esto, a continuación se detallan las metodologías empleadas en el presente informe con el fin de establecer el modelo (o conjunto de estos) que mejor desempeño muestra en representar la variabilidad interanual y valor medio de *paa* sobre la localidad de Mar del Plata.

Los campos de precipitación simulados asociados al experimento histórico fueron utilizados para analizar la capacidad que tienen los modelos en representar las condiciones climáticas actuales. Para determinar el nivel de ajuste con la realidad de las simulaciones provenientes de los distintos MCGs, se comparó la serie de *paa* observada con las modeladas en el período 1960-2010, período en el cual se dispone de datos tanto observados como simulados por parte de todos los MCGs.

Previamente al análisis se realizó una interpolación lineal de los campos de precipitación simulados a la georreferencia aproximada de Mar del Plata (38°S, 57.5°O). Así se dispuso de una serie observada y 16 simuladas para la localidad (1 por modelo -15- y otra correspondiente al ensamble multi-modelo). Para evitar posibles BIAS en la elaboración de la serie temporal de *paa* simulada correspondiente al ensamble multi-modelo (debido a la dependencia entre los modelos), primeramente se promediaron las series de aquellos MCGs que provienen de una misma familia (Knutti y otros, 2013).

El ajuste entre la serie de *paa* observada con las simuladas se llevó a cabo aplicando diversos test estadísticos a las series temporales con el fin de comparar distintos parámetros estadísticos de las mismas, y así seleccionar el MCG que mejor representa lo observado. Las pruebas de hipótesis para dos muestras de la varianza F y de la media t-student (Canavos, 1988) se

aplicaron a las series temporales para comparar su variabilidad y valor medio respectivamente. El test no paramétrico de bondad del ajuste de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 2011) fue aplicado con el fin de comparar la semejanza de las distribuciones de las series. Los test estadísticos anteriores se aplicaron con un nivel de significancia del 95%.

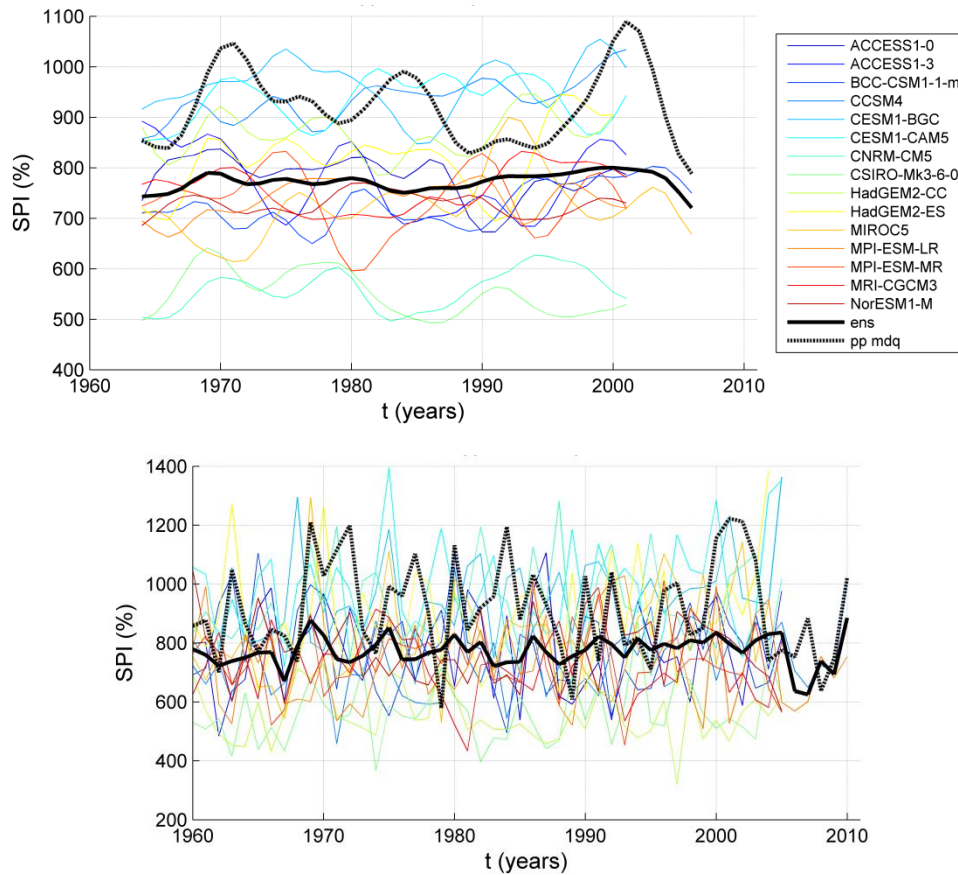
También se calcularon los valores medios de aquellos valores superiores/inferiores al noveno/primer decil a modo de comparar cualitativamente el valor medio de los valores extremos máximos/mínimos de *paa* simulados con los observados.

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran las series temporales de *paa* observada (línea negra punteada), simuladas (colores) y el ensamble de las últimas (línea negra continua), para el período actual (1960-2010). El panel superior corresponde a las series suavizadas con un filtro gaussiano de 9 términos (Canavos, 1988; Mitchell y otros, 1966), lo que permite realizar un análisis cualitativo de la variabilidad interdecadal de las series. El inferior corresponde a las series sin suavizar.

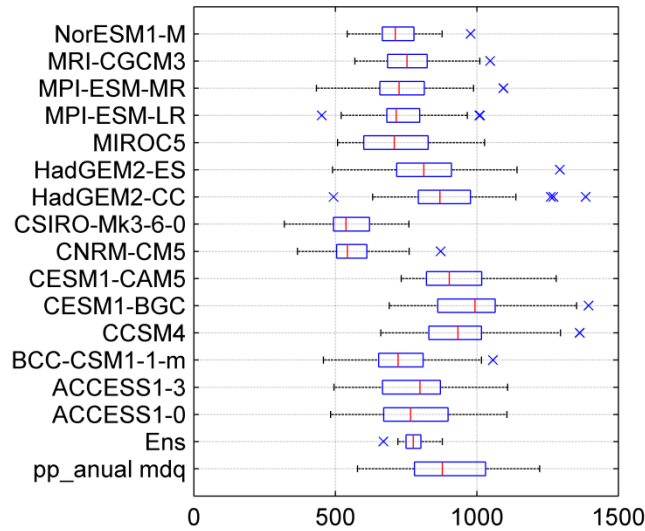
Como puede observarse en el panel superior de la Figura 1, los distintos modelos parecen captar cualitativamente bien la variabilidad interdecadal (ciclos de 10 años aprox.) de la *paa* sobre Mar del Plata y sus alrededores. En el panel superior también se aprecia que los modelos CCSM4, CESM1-CAM5 y HadGEM2-CC parecen representar bien tanto el valor medio como la variabilidad de la serie de *paa* observada. En cambio, el ensamble multi-modelo subestima considerablemente los rasgos más notorios de la variabilidad temporal, tanto interdecadal como interanual, rasgos como el rango de variabilidad (diferencia entre el máximo y mínimo valor) y valor medio (el ensamble evidentemente subestima el valor medio observado). Lo último sugiere que para elaborar la serie de proyección futura de *paa* en Mar del Plata se utilice sólo el modelo que mejor ajuste en lugar de analizar el ensamble multi-modelo, o bien, generar un ensamble con aquellos MCGs que mejor ajusten a lo observado.

Figura 1. Serie observada (línea negra punteada), simuladas (colores) y el ensamble de las últimas (línea negra continua) para el período actual (1960-2010). Series suavizadas con un filtro gaussiano de 9 términos (panel superior) y sin suavizar (panel inferior).



En la Figura 2 se muestran los Boxplot (mediana, primer y tercer cuartil, extremos de máximos y mínimos valores, outliers) asociados a las series de *paa* observada, simuladas, y el ensamble de las últimas, para el período actual (1960-2010). En los boxplot es notorio que el modelo CESM1-CAM5 representa considerablemente bien la distribución de la *paa* en el período actual, aunque, parece subestimar/sobreestimar los mínimos/máximos. El boxplot asociado al modelo HadGEM2-CC ajusta aún mejor al observado, pero presenta outliers (ausentes en el boxplot asociado a la *paa* observada). Aún así, los outliers de la simulación son similares en valor a los extremos observados, es decir que son valores dentro del rango de variabilidad de la *paa* observada.

Figura 2. Boxplot (mediana, primer cuartil, tercer cuartil, extremos de máximos y mínimos valores, outliers) asociados a las series de precipitación acumulada anual observada (pp_anual_mdq), simuladas, y el ensamble de las últimas (Ens), en el período 1960-2010.



El modelo CCSM4 también mostró un buen desempeño en representar la *paa* observada. Este muestra extremos similares, pero su intervalo intercuartil (Q_3-Q_1) es considerablemente inferior al observado, lo que sugiere una mayor frecuencia de ocurrencia de valores cercanos a la mediana del modelo. Los restantes modelos subestiman la mediana (a excepción del CESM1-BGC), lo que sugiere la presencia de un error sistemático (subestimación del valor medio de *paa* observada en el período analizado), incluso, algunos también subestiman el intervalo intercuartil (tales son los casos de BCC-CSN-1-1-m, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3-6-0, entre otros), lo que remarca una deficiencia en representar la amplitud de la variabilidad interanual de la *paa* observada. En cuanto al ensamble, es notorio el mal ajuste que este tiene (subestimación de la mediana, intervalo intercuartil y extremos).

Del análisis anterior queda claro que el ensamble multi-modelo no es una opción viable para elaborar de la serie temporal de *paa* simulada para la localidad de Mar del Plata, con lo cual es necesario determinar cuál o cuáles modelos son los que mejor ajustan a la *paa* observada. Para esto es necesaria una cuantificación del ajuste que estos muestran, por lo que se aplicaron diversos test estadísticos con el fin de analizar la semejanza entre diversos parámetros estadísticos asociados a las series simuladas y la observada.

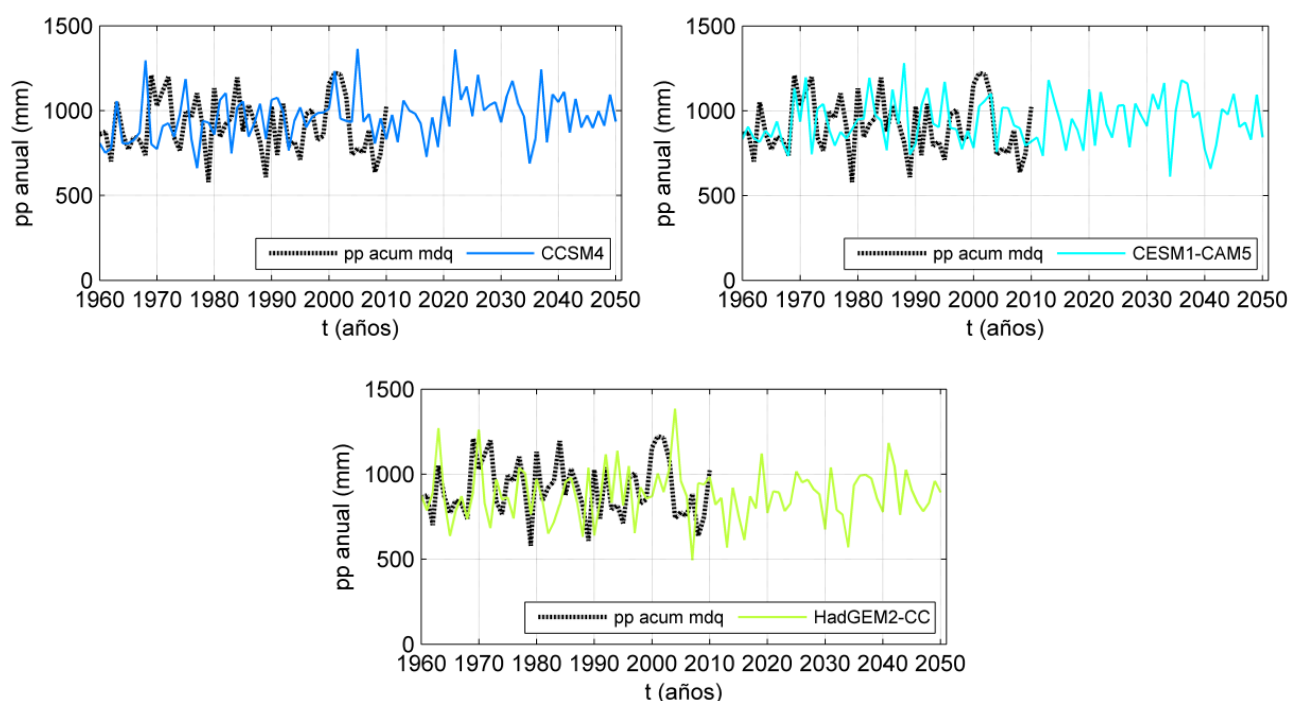
Tabla 2. Resultados de los test de hipótesis de diferencias de varianzas muestrales (segunda columna), medias muestrales (tercera col.), test de Kolmogorov-Smirnov para la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad (cuarta col.), y valor medio de los valores superiores / inferiores al percentil 90 / 10 (quinta y sexta columna, respectivamente). Las últimas dos columnas no implican test estadísticos. Los valores separados por punto y coma se corresponden con el valor observado y modelado respectivamente. p es el valor-p asociado al análisis y es detallado cuando la Ho no es rechazada.

Modelo	Desvío estándar (observado: 169.7mm)	Media (observado: 918.9 mm)	Kolmogorov-Smirnov	Media (x>p(90)) [mm]	Media (x<p(10)) [mm]
Ensamble	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 844,5	646,9; 713,5
ACCESS1-0	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 1004,9	646,9; 545,8
ACCESS1-3	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 1043,9	646,9; 556,4
BCC-CSM1-1-m	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 953,1	646,9; 557,8
CCSM4	167,6; 141,3; p=0,39288; no se rechaza Ho	912,6; 938,9; p=0,39288; no se rechaza Ho	p=0,52097; no se rechaza Ho	1207,3; 1235,9	646,9; 739,5
CESM1-BGC	se rechaza Ho	se rechaza Ho	p=0,06025; no se rechaza Ho	1207,3; 1313,3	646,9; 729,9
CESM1-CAM5	167,6; 134,2; p=0,58723 no se rechaza Ho	912,6; 929,0; p=0,58723; no se rechaza Ho	p=0,52097; no se rechaza Ho	1207,3; 1195,2	646,9; 748,6
CNRM-CM5	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 753,4	646,9; 410,0
CSIRO-Mk3-6-0	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 729,7	646,9; 421,8
HadGEM2-CC	167,6; 170,4; p=0,459; no se rechaza Ho	912,6; 887,7; p=0,459; no se rechaza Ho	p=0,69023; no se rechaza Ho	1207,3; 1234,1	646,9; 610,3
HadGEM2-ES	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 1136,6	646,9; 561,2
MIROC5	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 994,6	646,9; 523,1
MPI-ESM-LR	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 960,3	646,9; 539,8
MPI-ESM-MR	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 969,8	646,9; 535,7
MRI-CGCM3	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 984,2	646,9; 588,7
NorESM1-M	se rechaza Ho	se rechaza Ho	se rechaza Ho	1207,3; 885,4	646,9; 606,5

Rechazar estadísticamente la hipótesis nula (Ho) de un test estadístico implica que las series contrastadas no provienen de una misma población caracterizada por el parámetro en cuestión. En tal sentido, se busca identificar aquellos MCGs cuyos análisis no resulten en el rechazo de la Ho planteada en el test, y que además muestren parámetros estadísticos cercanos a los observados.

En la Tabla 2 se resumen los resultados de los test de hipótesis de diferencias de varianzas y medias muestrales, test de Kolmogorov-Smirnov para la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad, y el valor medio de los valores superiores / inferiores al percentil 90 / 10. Los valores separados por punto y coma se corresponden con el valor observado y modelado respectivamente. Como era de esperarse, de la misma manera que el análisis de los boxplot, nuevamente son los modelos CCSM4, CESM1-CAM5 y HadGEM2-CC los que muestran los mejores ajustes, ya que en ninguno de los test se rechaza la H_0 (segunda a cuarta columna de la Tabla 2), además de ser los valores de los parámetros muy similares a lo observado (ver valores separados por punto y coma en las celdas de la Tabla 2).

Figura 3. Series de *paa* observada (línea negra punteada) y simulada (línea color continua) para los tres modelos que mejor ajustaron (CCSM4 [azul], CESM1-CAM5 [celeste] y HadGEM2-CC [verde]).



En la Figura 3 se muestran las series de *paa* en el período 1960-2050 (período actual y futuro), asociadas a los tres MCGs que mejor ajuste mostraron. El ensamble multi-modelo de estos tres MCG también mostró deficiencias en representar la *paa* observada (figura no mostrada), por lo que se decidió sólo tomar la serie de *paa* del MCG HadGEM2-CC por sobre los otros. La decisión se basa en que el mismo muestra el mejor ajuste teniendo en cuenta conjuntamente los distintos análisis efectuados, destacándose en representar satisfactoriamente la variabilidad de la *paa*

observada, parámetro sumamente importante ya que se desea realizar un análisis de variabilidad interanual con esta serie simulada. Además es el MCG que mejor desempeño mostró en representar conjuntamente los extremos de *paa* (ver quinta y sexta columna de la Tabla 2) ya que el mismo es el único que no sobreestima los extremos mínimos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agosta EA y Compagnucci RH. 2012. Central West Argentina summer precipitation variability and atmospheric teleconnections. *Journal of Climate*, 25, 1657-1677. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00206.1>
- Avila FB, Pitman AJ, Donat MG, Alexander LV, Abramowitz G. 2012. Climate model simulated changes in temperature extremes due to land cover change, *J. Geophys. Res.*, 117, D04108.
- Castañeda M, Barros V. 1994. Las tendencias de la precipitación en el cono sur de América al este de los Andes. *Meteorologica* 19: 23-32.
- Canavos GC. Probabilidad y Estadística - Aplicaciones y Métodos. 1988. Eds. Mc Graw Hill, pp 651.
- Haylock MR, Peterson TC, Alves LM, Ambrizzi T, Anunciação YMT, Baez J, Barros VR, Berlato MA, Bidegain M, Coronel G, Corradi V, Garcia VJ, Grimm AM, Karoly D, Marengo JA, Marino MB, Moncunill DF, Nechet D, Quintana J, Rebello E, Rusticucci M, Santos JL, Trebejo I, Vincent LA. 2006. Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. *J. Clim.* 19: 1490-1512, doi: 10.1175/JCLI3695.1.
- Knutti R, Masson D, Gettelman A. 2013. Climate model genealogy: generation CMIP5 and how we got there. *Geophys. Res. Lett.* 40: 1194-1199, doi: 10.1002/grl.50256.
- Maenza RA, Agosta EA, Bettolli ML. 2017. Climate change and precipitation variability over the western 'Pampas' in Argentina. *Int. J. Climatol.* doi:10.1002/joc.5014.
- Massey, FJ. "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit." *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 46, No. 253, 1951, pp. 68-78.
- Mitchell, JM, Dzerdzeevskii B, Flohn H, Hormeyr WL, Lamb HH, Rao KN and Wallen CC. 1966. Climate change. WMO Technical Note No. 79, 33-42, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- Moss RH, Edmonds JA, Hibbard KA, Manning MR, Rose SK, van Vuuren DP, Carter TR, Emori S, Kainuma M, Kram T, Meehl GA, Mitchell JFB, Nakicenovic N, Riahi K, Smith S, Stouffer RJ, Thomson AM, Weyant JP, Wilbanks TJ. 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment, *Nature*, 463, 747-756. doi:10.1038/nature08823.
- Penalba OC, Vargas WM. 2004. Interdecadal and interannual variations of annual and extreme precipitation over central-northeastern Argentina. *Int. J. Climatol.* 24: 1565-1580.
- Penalba OC, Vargas WM. 2001. Propiedades de déficits y excesos de precipitación en zonas agropecuarias. *Meteorologica* 26: 39-55.

- Pérez S, Sierra E, López E, Nizzero G, Momo F, Massobrio M. 2011. Abrupt changes in rainfall in the Eastern area of La Pampa Province, Argentina. *Theor. Appl. Climatol.* 103: 159–165, doi: 10.1007/s00704-010-0290-y.
- Saurral RI, Camilloni IA, Barros VR. 2016. Low-frequency variability and trends in centennial precipitation stations in southern South America. *International Journal of Climatology*.
- Taylor KE, Stouffer RJ, Meehl GA. 2012. An Over-view of CMIP5 and the Experiment Design, *B. Am. Meteorol. Soc.*, 93: 4, 485–498. doi:10.1175/BAMS-D-11-00094.1
- TCN, 2014. Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Barros V, Vera C, Agosta E, Araneo D, Camilloni I, Carril A, Doyle M, Frumento O, Nuñez M, Ortiz M, Penalba O, Rusticucci M, Saulo C, Solman S. Available at <https://ambiente.gob.ar/tercera-comunicacion-nacional/>.