

# CAMBIOS EN LA COVARIABILIDAD ENTRE TEMPERATURA Y PRECIPITACION DURANTE LOS VERANOS

Marianela Groppa<sup>1,2</sup>, María Paula Llano<sup>1,2</sup>  
[mgroppa@at.fcen.uba.ar](mailto:mgroppa@at.fcen.uba.ar)

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET)

**Palabras clave:** rotación, traslación, deformación, clima

## 1) INTRODUCCIÓN

La temperatura y la precipitación son dos de las variables más importantes que describen nuestro clima. La relación y la dependencia entre ellas, principalmente debido a las relaciones termodinámicas, han sido reconocidas en numerosos estudios (Trenberth y Shea, 2005; Rodrigo, 2014). Los datos de precipitación y temperatura son generalmente interdependientes y los cambios en la relación entre los mismos pueden ser más importantes que los cambios en uno u otro individualmente (Hao et al., 2013).

En este trabajo se analizó la covariabilidad entre precipitación acumulada mensual y temperatura media mensual (brindados por el Servicio Meteorológico Nacional) de verano para 15 estaciones de Argentina ubicadas en la región Pampeana, considerada la más importante desde el punto de vista económico, ya que por sus características de clima y suelo es una zona agrícola y ganadera por excelencia.

## 2) METODOLOGÍA

Para estudiar la interdependencia entre la temperatura y la precipitación se pueden utilizar funciones de distribución multivariantes (Cong y Brady, 2012). En su trabajo Rodrigo (2014) consideró el carácter bivariado de la temperatura y la precipitación del clima de referencia utilizando una elipse de contorno gaussiana con 95% de confianza. Las elipses se caracterizan por el centro de masa y la matriz de varianza-covarianza.

Para analizar los cambios en la relación entre las variables se trabajó con dos periodos: 1991-2005 y 2006-2020. Y la cuantificación de los mismos se realizó mediante los parámetros de traslación, rotación y deformación. La traslación consiste en un cambio en los valores medios de las variables y su significancia estadística se determina mediante la prueba de Hotelling multivariante (Hotelling, 1931), la cual es una generalización de la prueba t-Student de dos muestras en estadística univariada. La rotación de las elipses está relacionada con el signo del coeficiente de correlación y los posibles cambios en la relación entre las variables. La deformación consiste en cambios en la forma y/o tamaño de las elipses, lo cual está relacionado con los ejes de las mismas y la dispersión de los datos alrededor de ellos, la significancia estadística se analiza mediante el test de Fisher.

## 3) RESULTADOS

La tabla I muestra los resultados del análisis estadístico y las magnitudes de los desplazamientos para cada estación. En todas las estaciones el test de Hotelling (H) indicó diferencias significativas entre los vectores de valores medios. En el caso de la temperatura (x) los cambios fueron significativos para todas las estaciones según el test t de Student (t(x)).

Estación	Estadísticos						Desplazamientos				
	H	t(x)	t(y)	z	F(x)	F(y)	Traslaciones		Rotaciones		Deformaciones $\Delta A$ (%)
							$\Delta x$	$\Delta y$	$\rho_1$	$\rho_2$	
PASO DE LOS LIBRES AERO	<b>6,489</b>	<b>2,293</b>	0,399	0,201	0,985	1,141	<b>0,58</b>	10,46	<b>-0,3112</b>	-0,2695	7,364
VILLA DOLORES AERO	<b>11,685</b>	<b>2,872</b>	0,419	<b>0,602</b>	0,728	1,174	<b>0,82</b>	4,96	<b>-0,4912</b>	<b>-0,3810</b>	-1,058
PILAR OBS.	<b>12,103</b>	<b>3,451</b>	-1,112	-0,330	0,817	0,830	<b>0,86</b>	-14,87	-0,1641	-0,2359	-19,844
PARANA AERO	<b>11,331</b>	<b>2,826</b>	1,111	0,381	0,705	1,315	<b>0,66</b>	20,75	-0,2785	-0,1972	0,403
CONCORDIA AERO	<b>8,414</b>	<b>2,508</b>	0,940	<b>-0,754</b>	0,815	1,105	<b>0,60</b>	22,40	-0,1158	-0,2795	-7,628
GUALEGUAYCHU AERO	<b>11,659</b>	<b>1,586</b>	<b>2,721</b>	<b>-0,723</b>	0,647	<b>3,829</b>	<b>0,40</b>	<b>51,67</b>	-0,0833	-0,2423	73,988
GENERAL PICO AERO	<b>10,180</b>	<b>3,122</b>	-0,539	0,452	0,800	0,920	<b>0,84</b>	-9,20	<b>-0,4099</b>	<b>-0,3213</b>	-11,222
LABOULAYE AERO	<b>15,516</b>	<b>3,373</b>	1,336	-0,248	0,647	<b>1,883</b>	<b>0,82</b>	22,63	-0,1740	-0,2280	16,723
PEHUAJO AERO	<b>25,158</b>	<b>4,987</b>	0,625	<b>-0,606</b>	1,030	0,971	<b>1,22</b>	-11,11	-0,0003	-0,1368	-20,213
JUNIN AERO	<b>6,290</b>	<b>2,307</b>	1,012	<b>-1,494</b>	0,604	1,098	<b>0,52</b>	16,33	0,1629	-0,1721	-17,601
NUEVE DE JULIO	<b>11,345</b>	<b>3,335</b>	-0,637	<b>-0,602</b>	<b>0,498</b>	1,283	<b>0,82</b>	-8,86	0,0089	-0,1269	-16,710
EZEIZA AERO	<b>13,338</b>	<b>3,543</b>	0,183	-0,057	0,680	1,365	<b>0,90</b>	2,60	-0,1906	-0,2029	-0,895
SANTA ROSA AERO	<b>12,538</b>	<b>3,536</b>	-1,474	0,325	0,735	<b>0,461</b>	<b>0,98</b>	-19,54	<b>-0,3954</b>	<b>-0,3316</b>	-44,053
CORONEL SUAREZ AERO	<b>7,861</b>	<b>2,497</b>	-1,603	<b>-1,272</b>	1,054	1,130	<b>0,67</b>	-16,76	0,0107	-0,2705	5,122
TANDIL AERO	<b>12,244</b>	<b>3,318</b>	-0,699	<b>-0,679</b>	0,712	1,316	<b>0,77</b>	-7,88	0,1974	0,0462	0,724

Tabla I. Comparación estadística entre los periodos 1991-2005 y 2006-2020 y desplazamiento de las elipses desde el primer periodo hasta el segundo, correspondiente a cada estación. H= test estadístico de Hotelling, t= estadístico del test t de diferencia de medias, z= prueba de diferencias en los coeficientes de correlación y F= estadístico del test F de comparación de varianzas. En negrita se muestran las diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza.

En cuanto a la precipitación (y) pueden observarse dos subregiones, una que abarca la mayoría de las estaciones al norte de la región Pampeana, donde se produce un aumento del valor medio que sólo es significativo para la estación Gualeguaychú Aero y otra que abarca la mayoría de las estaciones al sur de la región Pampeana, donde se ve una disminución del valor medio, aunque este no es significativo (t(y)).

Al observar las magnitudes de los desplazamientos, en términos generales el cambio en la temperatura se encuentra entre 0,4°C (Gualeguaychú Aero) y 1,22°C (Pehuajó Aero). La estación Gualeguaychú, a su vez, muestra el mayor cambio en la precipitación de verano con un aumento de 51,67 mm. Cabe destacar que el comportamiento de las temperaturas es similar en todas las estaciones, mientras que las precipitaciones no muestran un patrón tan claro.

A su vez, se detectaron varias estaciones donde se observan cambios significativos (z) en los coeficientes de correlación, pudiendo pasar de positivo a negativo, o viceversa, como así también cambiando su significancia. Al analizar los coeficientes de correlación en cada período, en términos generales son negativos (mayor temperatura – menor precipitación), y sólo son significativos en cuatro estaciones.

Por último, se muestran las deformaciones de las elipses, expresadas en términos del cambio del área de la elipse en el área x-y. El mayor cambio se produce en Gualeguaychú Aero con un incremento del 73 %. Por el contrario, Santa Rosa Aero muestra el mayor cambio negativo siendo de -44 %, lo que indica una variabilidad decreciente cuando aumenta la temperatura pero disminuye la precipitación.

A la par de este análisis se puede observar la representación gráfica de estos cambios en la figura 1 (a) que corresponde a la estación Nueve de Julio, la cual puede representar lo que sucede al sur de la región Pampeana, donde se observa un desplazamiento de las elipses hacia condiciones más cálidas y secas. Esta es la única estación en la que se observan cambios significativos en la varianza de la temperatura F(x), lo que está relacionado con la deformación de la elipse.

La figura 1 (b) muestra la estación Gualeguaychú Aero, la cual puede caracterizar a las estaciones al norte del área de estudio, donde se observa un desplazamiento de las elipses hacia condiciones más cálidas y húmedas. En este caso, es evidente el cambio en el tamaño de la elipse como puede verse en el porcentaje de deformación, que se relaciona principalmente con el cambio significativo en la varianza de la precipitación. En las estaciones Laboulaye Aero y Santa Rosa Aero también se lo observa, pero en menor medida.

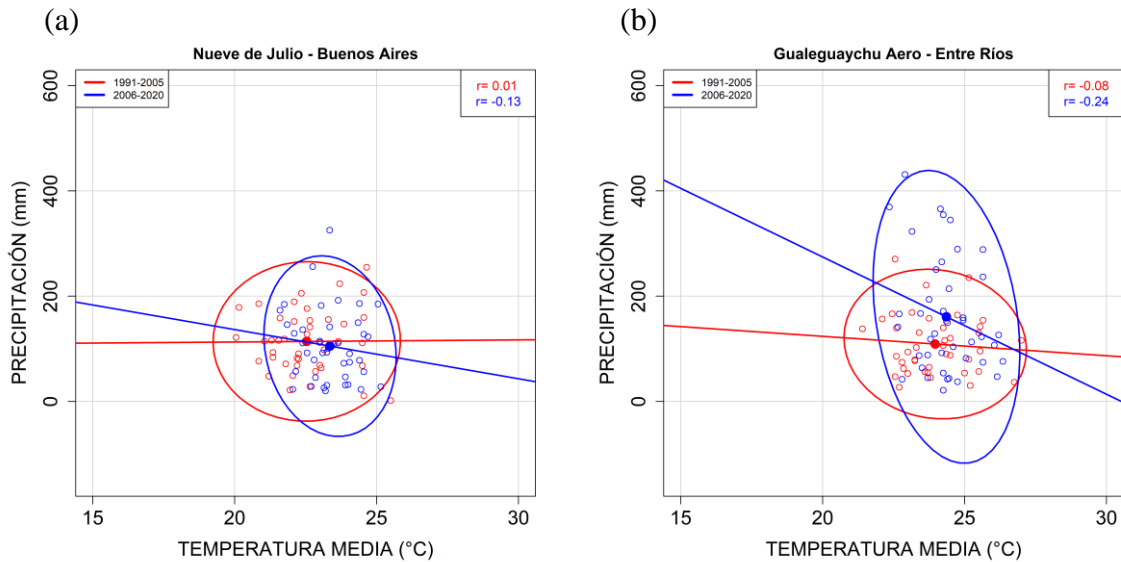


Figura 1, Elipses de confianza al 95 % entre la precipitación acumulada y temperatura media de los veranos para el periodo 1991-2005 (rojo) y 2006-2020 (azul), junto con el coeficiente de correlación y las rectas de regresión para ambos periodos. Para la estación Nueve de Julio (a) y la estación Gualeguaychú Aero (b).

### 3) CONCLUSIONES

Este trabajo estudió la covariabilidad de la temperatura media y la precipitación acumulada para los veranos en quince estaciones meteorológicas de Argentina. Usando la distribución gaussiana se comparan los periodos 1991-2005 y 2006-2020. Los resultados encontrados mostraron cambios significativos en la traslación de los centros de masa para todas las estaciones, mientras que la temperatura muestra un significativo y generalizado aumento, para la precipitación el patrón no es tan claro. La relación entre variables y la deformación no siguió un claro patrón, es tanto positiva como negativa, pero en varios casos se observó un cambio significativo de relación entre ambos periodos.

**Agradecimientos:** Al proyecto UBA (2020-2022) n° 20020190100090BA.

Al Servicio Meteorológico Nacional y el Banco de datos del DCAO por los datos de temperatura y precipitación.

### REFERENCIAS

- Cong, RG. y Brady, M., 2012:** The interdependence between rainfall and temperature: copula analyses. Scientific World Journal 2012, doi:10.1100/2012/405675.
- Hao, Z., Kouchak, AA., Phillips, TJ., 2013:** Changes in concurrent monthly precipitation and temperature extremes. Environ. Res. Lett. 8: 034014, doi: 10.1088/1748-9326/8/3/034014.
- Hotelling, H., 1931:** The generalization of Student's ratio. Ann. Math. Stat. 2(3): 360–378
- Rodrigo, FS., 2014:** On the covariability of seasonal temperature and precipitation in Spain, 1956-2005. International Journal of Climatology, 35(11), 3362-3370.
- Trenberth, KE. y Shea, DJ., 2005:** Relationships between precipitation and surface temperature. Geophys. Res. Lett. 32: L14703, doi: 10.1029/2005GL022760.

