

## ESTUDIO DE LAS PRECIPITACIONES EN LA REGIÓN NOROESTE DE LA ARGENTINA

Rafael Hurtado, Analía Faroni, Leonardo Serio y Hernán Vich

Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. Facultad de Agronomía, UBA. Email: hurtado@agro.uba.ar

### Introducción

Uno de los elementos más sensibles a la variabilidad y el cambio del clima es la precipitación. Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007), el sur de Sudamérica muestra el mayor contraste en cuanto a las tendencias de la precipitación durante el último siglo, con tendencias negativas al oeste de los Andes y positivas al este. En gran parte del centro y norte de Argentina, el aumento oscila entre el 10 y el 40% de las precipitaciones anuales (Castañeda y Barros, 1994; Minetti, 2005; Berbery et al., 2006).

Los cambios en la magnitud y estacionalidad de las precipitaciones pueden ser estudiados a partir de distintos indicadores: tendencia de largo plazo en series de precipitación anual o estacional, medidas de dispersión o variabilidad de dichas series y frecuencia de eventos extremos o mayores que un determinado umbral. Liebmann *et al.* (2004) estudiaron las tendencias de precipitación en Sudamérica en el período 1976-1999. Encontraron que el total de la precipitación en los meses de verano se ha incrementado, principalmente entre las latitudes 25-50°S con un aumento del 40%, posiblemente asociado al aumento de la temperatura superficial del océano Atlántico sur. Serio y Martín (2006) mostraron que ese incremento de las precipitaciones estivales de las últimas 3 décadas en el centro y este de Argentina estuvo acompañado por un aumento de la variabilidad. Camillioni y Doyle (2004) encontraron que, en ese mismo período, la frecuencia de episodios con precipitación mayor a 100 mm acumulados en intervalos de hasta 48 hs se ha triplicado.

En la región del Noroeste Argentino (NOA), caracterizada por la heterogeneidad de relieve, biomas y climas, la gran variación altitudinal provoca acusadas irregularidades espaciales y temporales en la distribución de las precipitaciones. Por ello, el agua es el principal factor que condiciona las características y el uso de los recursos naturales, además de ser el principal agente de erosión del suelo (Bianchi y Yáñez, 1992). Esta región no es ajena a los cambios que se están produciendo y profundizando a escala global y regional. Minetti *et al.* (2003) analizaron las tendencias de la precipitación en Argentina y Chile para el período 1931-1999. Encontraron regiones con tendencia no lineal decreciente, una en el centro de Chile y otras dos en Argentina; mientras que en el NOA encontraron algunas localidades con tendencias crecientes y otra no.

El objetivo del presente trabajo es analizar el comportamiento de las precipitaciones de la región del NOA, estudiando la posible existencia de cambios persistentes y los períodos de retorno de eventos extremos.

**Palabras clave:** precipitación, cambio climático, NOA

### Materiales y métodos

Para realizar el presente trabajo, se utilizaron series de precipitación diaria de 18 estaciones y solo 1 serie con datos mensuales (Rivadavia). Las estaciones pertenecen al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y a la Red Hidrológica Nacional (RHN), y su ubicación se presenta en la Figura 1. La información analizada correspondió al período 1960 hasta marzo de 2008.

Con las series diarias se calcularon los valores mensuales, con los cuales se efectuó un análisis de tendencia mediante el test de Mann-Kendall. Este estudio se hizo a escala mensual, anual y estacional, considerando como el

verano a los meses de diciembre, enero y febrero; y los trimestres sucesivos para otoño, invierno y primavera, respectivamente.

De las series de datos diarios se extrajo el máximo valor registrado cada año en cada localidad y se les ajustó una distribución de probabilidad de máximos extremos (Gumbel, 1960) para determinar magnitudes de eventos máximos (precipitación en 24 hs) con diferentes períodos de retorno. Además, se contabilizó el número de veces en que la precipitación máxima diaria ocurrió en cada mes del período lluvioso de la región, esto es de octubre a abril.

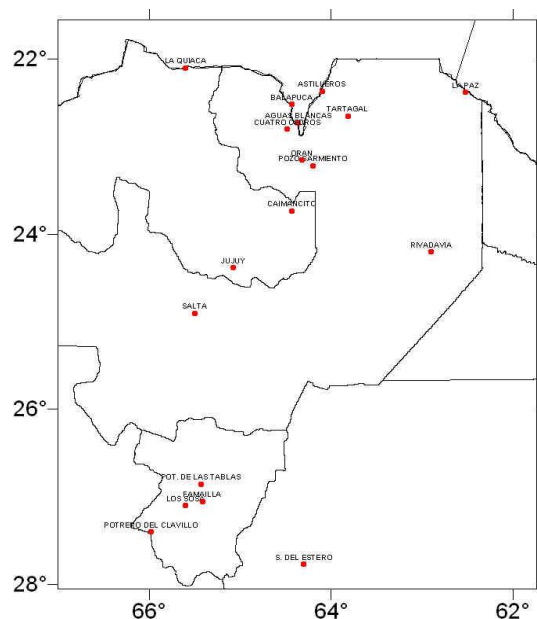


Figura 1: Ubicación de las localidades en estudio

### Resultados y discusión

Del análisis de tendencia mensual, anual y estacional se observa la inexistencia de un comportamiento homogéneo en las series tratadas (cuadro 1). Algunos meses como enero para Orán y Jujuy Aero presentan tendencias significativas pero de signos opuestos. Es notable el comportamiento de la mayoría de las localidades en el mes de julio, donde presentan pendientes negativas, pero sólo Tartagal, La Paz, Orán y Rivadavia con significancia estadística. Para los valores anuales las localidades con mayores tendencias significativas son Orán, Los Sosa y Cuatro Cedros (significancia del 95%) y Pozo Sarmiento (99%). Todas ellas tienen una precipitación media anual mayor a 950 mm.

En cuanto a los períodos de retorno, obtenidos a través de la función de Gumbel, dejaremos al margen del análisis a la estación La Quiaca, pues su régimen de precipitación difiere notablemente de las demás localidades, ya que se trata de una localidad donde la media anual es de sólo 328 mm. En las demás localidades, la precipitación diaria con períodos de retorno de 2 años varía desde 60 mm (Salta INTA) a 129 mm (Los Sosa, Tucumán). Al considerar mayores períodos de retorno, 1 vez cada 100 años se pueden producir eventos diarios de entre 156 mm (Salta Aero) y 287 mm (Balapuca, Salta) (cuadro 2).

En 13 de las 18 localidades analizadas la máxima precipitación diaria se registra con mayor frecuencia en enero (cuadro 3). Las excepciones son: Salta INTA y Pozo Sarmiento (en diciembre), Orán y La Paz (en febrero) y Potrero del Clavillo (en Marzo).

## Conclusiones

No se observa una homogeneidad en cuanto a las tendencias de las precipitaciones en esta región. Solo el mes de Julio presenta una tendencia en disminución generalizada, pero solo en algunas localidades con significancia estadística.

Los periodos de retorno de los valores extremos de precipitación diaria para estas localidades varían entre 60 mm (Salta INTA) y 129 mm (Los Sosa, Tucumán) en uno cada dos años a 156 mm (Salta Aero) y 287 mm (Balapuca, Salta) en uno cada 100 años.

El mes donde se producen mas caso de precipitaciones extremas es enero, seguido por marzo, diciembre y febrero.

## Agradecimientos

Este trabajo se realiza en el marco del proyecto UBACyT G078. Los autores agradecen al Servicio Meteorológico Nacional y al Sistema Nacional de Información Hídrica por la información brindada para realizar el trabajo.

## Referencias bibliográficas

Berberly, E.H., M. Doyle, V. Barros, 2006. Tendencias regionales de la precipitación. *En: El Cambio Climático en la Cuenca del Plata*. V. Barros, R. Clarke y P. Silva Dias (eds.). CONICET, Bs.As. pp 67-79.

Bianchi, A.R., C.E. Yáñez, 1992. Las precipitaciones en el Noroeste Argentino. 2<sup>da</sup> edición. INTA, EEA Salta. 384 p.

Camillioni, I., M. Doyle, 2004. Southern South America climate trends. 2<sup>nd</sup> AIACC Regional Workshop for Latin America and the Caribbean. <http://www.aiaccproject.org/meetings/BuenosAires.html>

Castañeda, M.E., V. Barros, 1994. Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes. *Meteorologica* 19: 23-32.

Gumbel, E.J., 1960. Multivariate extremal distributions. *Bulletin Int. Statist. Inst.* 39 (2), pp. 471-475.

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. *In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, NY.

Liebmann, B., C. Vera, L. Carvalho, I. Camillioni, V. Barros, M. Hoerling, D. Allured, 2004. An observed trend in Central South American precipitation. *J. Climate* 17, 4357-4367.

Minetti, J.L., 2005. El Clima del Noroeste Argentino. Ed. Magna, S.M. de Tucumán. 350 p.

Minetti, J., W. Vargas, A. Poblete, L. Acuña, G. Casagrande, 2003. Non linear trends and Non linear trends and low frequency oscillations in annual precipitation over Argentina and Chile, 1931-1999. *Atmósfera* 16: 119-135.

Serio, L., P. Martin, 2006. Cambios en los valores centrales y extremos de las distribuciones mensuales de precipitación en el centro-este de Argentina. *Actas XI Reunión Arg. Agromet.*, La Plata, Bs.As. pp 279-280.

**Cuadro 1.** Tendencias lineales (mm/100 años) de las series de precipitación. En gris, significativo al 90%, \* al 95%, \*\* al 99%.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	OTO	INV	PRI	VER
Famailla	220	-173	-32	120	58	30	-6	-31	4	43	105	62	490	49	2	47	96
P del Cavillo	144	-143	45	50	19	14	-4	21	-7	47	-37	149*	296	47	11	1	60
Pot de las Tablas	61	-336*	-75	-42	37	1	-17	-13	20	3	-126	-87	-606	-25	-7	-35	-146
Los Sosa	284	-4	268*	145	111*	79**	-2	-13	35	18	-18	195	1172*	186**	27	12	-145
S del Estero	18	-31	41	1	0	6	-4	-9	-1	72*	12	68	202	14	-2	28	34
Jujuy	-196*	-5	-56	7	3	1	0	-11	1	23	10	174*	-51	-16	-4	11	12
Caimancito	-81	-102	177*	-24	34	-16	-5	-4	19	86	14	79	378	58	-8	33	-32
Rivadavia	55	5	168	-42	21	-9	-16*	16*	20	48	42	10	202	55	-3	37	-11
Salta	67	-80	-31	-18	-5	-5*	-1	0	5	-8	11	31	-33	-18	-2	3	28
Salta INTA	33	-118	102	-11	3	-5	4	0	8	51	-69	122	318	15	0	-1	35
Pozo Sarmiento	135	195*	223*	115*	41	3	-3	19	35	33	85	92	982**	137**	8	51	134*
Oran	128*	113	174	-21	-21	-2	-9*	3	39	15	43	62	542*	44	-3	36	106
Tartagal	50	27	145	-100	-22	-8	-10	3	12	-17	-36	148	190	8	-5	-14	90
Astilleros	-144	38	-15	102	40	-24	-17	-20	9	-17	32	54	45	65	-17	-3	-102
La Paz	17	-9	61	32	-16	-12	-15	-12	-6	24	51	-1	71	33	-12	23	11
Agua Blancas	2	36	68	135	33	2	-14	-3	23	48	29	78	461	43	-3	33	78
Cuatro Cedros	206	-46	203	229*	25	14	2	8	14	72	84	63	823*	171*	11	56	88
Balapuca	-115	-172	12	67	98*	-9	-3	-13	39	111	113	-42	-248	59	-7	87	-109

**Cuadro 2:** Periodo de retorno de valores diarios de acuerdo a la distribución de probabilidad de máximos extremos.

T (años)	2	5	10	25	50	100
Famailla Inta	103	138	162	192	214	236
P del Clavillo	77	119	146	181	207	233
Pot de las Tablas	110	151	178	212	238	263
Los Sosa	129	168	194	227	251	276
Sgo del Estero	68	93	110	131	147	162
La Quiaca	26	36	42	50	56	62
Jujuy aero	69	95	112	134	150	167
Caimancito	95	123	141	164	182	199
Salta	69	92	108	127	142	156
Salta Inta	60	90	110	135	153	172
Pozo Sarmiento	92	123	143	169	188	207
Oran	99	130	150	176	196	215
Tartagal	100	134	156	184	206	226
Astilleros	114	146	167	194	214	234
La Paz	90	128	153	185	209	232
Agua Blancas	106	144	168	200	223	246
Cuatro Cedros	114	151	176	206	229	252
Balapuca	120	164	194	231	259	287

**Cuadro 3:** Frecuencia de valores máximos de precipitación diaria en los meses de mayor precipitación.

	Ene	Feb	Mar	Abr	Oct	Nov	Dic
Famailla Inta	14	7	5	2	3	2	6
P del Clavillo	13	9	14	3	3	4	6
Pot de las Tablas	20	10	5	1	3	4	4
Los Sosa	22	8	7	1	2	5	7
Sgo del Estero	18	14	5	0	1	2	9
La Quiaca	14	11	9	0	3	3	7
Jujuy aero	18	12	3	1	0	2	5
Caimancito	20	12	5	2	1	3	8
Salta	21	9	2	0	0	2	14
Salta Inta	12	5	4	0	0	2	17
Pozo Sarmiento	11	11	12	0	6	2	14
Oran	11	13	10	3	2	0	9
Tartagal	15	11	7	1	0	3	10
Astilleros	9	6	8	1	2	2	6
La Paz	9	7	11	2	3	5	5
Agua Blancas	16	12	11	4	1	5	8
Cuatro Cedros	14	7	9	2	0	4	7
Balapuca	9	8	9	1	0	3	5