

CLIMATOLOGÍA DE LA PRECIPITACIÓN DE TRES DÍAS EN LA CUENCA DEL PLATA

Gustavo Naumann, María P. Llano y Walter M. Vargas

Dpto. Cs. de la Atmósfera y los Océanos –FCEyN– UBA – CONICET

(Manuscrito recibido el 26 de marzo de 2010, aceptado el 30 de mayo de 2011)

RESUMEN

Una climatología de distintas propiedades de la precipitación en intervalos de tres días es desarrollada en el presente trabajo, la cual es de especial importancia para el pronóstico extendido de precipitación. Por lo tanto el objetivo fundamental de esta climatología es el desarrollo y el inicio de pronósticos extendidos de 6 a 10 días en términos de probabilidades divididas en categorías.

Para esto, se analizan las frecuencias de días con precipitación en ventanas de 3 días. Cada frecuencia de cero días de precipitación para el día i es el resultado de la ausencia de precipitación en ventanas móviles de tres días centradas en el día i , de la misma forma se obtienen las frecuencias hasta tres días con precipitación respectivamente.

Se emplean los datos de 94 estaciones en un período común (1959-1998) en el área de estudio. Se estudian las ondas anuales de las propiedades obtenidas para las precipitaciones y su síntesis a través de la descomposición en armónicos. Se propone una representación vectorial de las propiedades que definen el análisis armónico, tales como la fecha de ocurrencia del máximo (su fase) y su amplitud.

Finalmente, se pone especial énfasis en el estudio de las condiciones extremas de eventos de precipitación, como por ejemplo, la marcha anual de los máximos representados por el percentil 90 de precipitación diaria.

Palabras clave: climatología, precipitación diaria, probabilidad.

CLIMATOLOGY OF THREE DAYS PRECIPITATION IN LA PLATA BASIN

ABSTRACT

A climatology of various properties of precipitation in intervals of three days is developed. This climatology has a particular importance for the extended forecast of precipitation. Therefore the main objective of this climatology is the development and the initiation of extended forecasts of 6 to 10 days in terms of probabilities divided into categories.

For this, the frequencies of days with precipitation in three days windows are analyzed. Each frequency of zero days of precipitation for day i is the result of a lack of rainfall in three days moving windows centered on i , in the same way the frequencies are obtained up to three days with precipitation, respectively.

We used data from 94 stations in a common period (1959-1998) in the study area. Annual waves of the properties obtained for precipitation and their synthesis are studied through harmonic decomposition. A vector representation of the defining properties of harmonic analysis is propose, such as date of occurrence of the maximum (phase) and amplitude.

Finally, special emphasis is placed on the study of extreme precipitation events, such as the annual march of the maximum represented by the 90th percentile of daily precipitation.

Keywords: climatology, daily precipitation, probability.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los requerimientos más importantes y frecuentes que tienen los servicios meteorológicos es la formulación y emisión de pronósticos de lluvia que van desde un día hasta cinco días en adelante. Como se puede verificar, la capacidad de estos pronósticos disminuye cuando aumenta el lapso de tiempo. Esto demanda el desarrollo de otro tipo de pronóstico mediante modelos estadísticos o matemáticos. Para confeccionar estos modelos es necesaria una climatología específica que, en el caso de la precipitación, se denominaría climatología de precipitación en lapsos que van desde cero a tres días.

La elección de los lapsos de tiempo, independientemente de los requerimientos sociales, debe responder al estudio de rachas de días de lluvia y de días secos, así como también a los ciclos que ellas conforman (un ciclo corresponde a la suma de una racha de días secos seguida de una racha de días con precipitación o su inversa). Gattinoni y Naumann (2008) mostraron que el ciclo más probable es el de tres a cinco días en la región sur de la Cuenca del Plata. Estos resultados se pueden extender a toda la Cuenca que comprende al Paraguay, Uruguay y zonas de Brasil y de Argentina.

Un ejemplo importante en este tipo de estudio es lo desarrollado por Epstein y Barnston (1989) para Estados Unidos. Allí se postula un modelo de Markov para probabilidades de 0 a 5 días en un lapso de cinco días como prolegómeno de la estimación de probabilidad de precipitaciones en 0, 1 y más días. En esta clase de pronóstico, se estima la probabilidad de lluvia desde un día hasta tres y cinco días.

En Argentina, Ruiz (2005) estudió las probabilidades a condiciones secas semanales en la ciudad de Buenos Aires y Gattinoni y Naumann (2009) analizaron la aplicabilidad de modelos markovianos a secuencias húmedas en la ciudad de Buenos Aires. El modelo propuesto en este trabajo obtiene la probabilidad de una determinada cantidad de días húmedos en distintos intervalos de tiempo. Se tomaron intervalos desde 3 a 9 días y se observó que los máximos de probabilidades tendieron a ubicarse entre tres y cuatro días húmedos siendo influenciados por el ciclo más común de tiempo entre sistemas frontales.

El objetivo de este trabajo es desarrollar una climatología de las precipitaciones diarias que permita ajustar modelos de días con precipitación. Si se considera que los pronósticos de precipitación basados en modelos dinámicos tienen una buena validez para 5 días, la extensión de estos a partir de modelos markovianos permitiría la prolongación de los pronósticos determinísticos hasta 6 ó 10 días.

El trabajo está diagramado de la siguiente forma: en la sección 2 se presentan los datos y metodologías utilizados. En la sección 3 de análisis y conclusiones, se muestran las marchas anuales de la media, mediana y percentil 90 de la precipitación (sección 3.1) y finalmente se detalla la climatología de la frecuencia de precipitación de tres y cinco días en la sección 3.2.

2. DATOS Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se utilizaron datos diarios de precipitación de 94 estaciones localizadas en la Cuenca del Plata. Las estaciones están ubicadas en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, como se puede observar en la Figura 1 y en la Tabla 1. Los datos fueron suministrados por los servicios meteorológicos de estos países y por la base de datos del Proyecto Prosur, Aneel, 2000. Los datos fueron sometidos a diferentes niveles de consistencia, de acuerdo a lo sugerido por una variedad de publicaciones, como por ejemplo la Guía de Prácticas Hidrometeorológicas de la Organización Meteorológica Mundial (1970).

Para un análisis temporal más detallado se seleccionaron estaciones de referencia para la realización de análisis específicos. Estas estaciones tienen registros diarios durante al menos 50 años. Para la realización de estimaciones comparables se seleccionó un período común a todas las estaciones (1959-1998). La elección de este período común se discute en Naumann y otros (2008) donde se desarrolla un análisis sobre el impacto de la utilización de distintas longitudes de series temporales de precipitación.

Para la estimación de las frecuencias de días con precipitación en un período de tres días se procedió de la siguiente manera. Se estiman las frecuencias de cero hasta tres días sin precipitación en ventanas móviles de tres días, centradas en el día i (con $i = 1, \dots, 365$) al que se

le adjudica la frecuencia. Esto se realiza para disminuir la alta variabilidad que tienen las frecuencias de lluvia y no lluvia día a día en la región.

Definición:

-d0 frecuencia relativa de 3 días sin lluvia centrados en el día **i**

-d1 frecuencia relativa de 1 día con lluvia y 2 días sin lluvia centrados en el día **i**

-d2 frecuencia relativa de 2 días con lluvia y 1 día sin lluvia centrados en el día **i**

-d3 frecuencia relativa de 3 días con lluvia centrados en el día **i**

En este trabajo se presentan las estimaciones para un periodo de tres días. Cabe aclarar que los resultados para las estimaciones con ventanas de cinco días son similares, pero las implicancias sobre el alcance del pronóstico objetivo son diferentes.

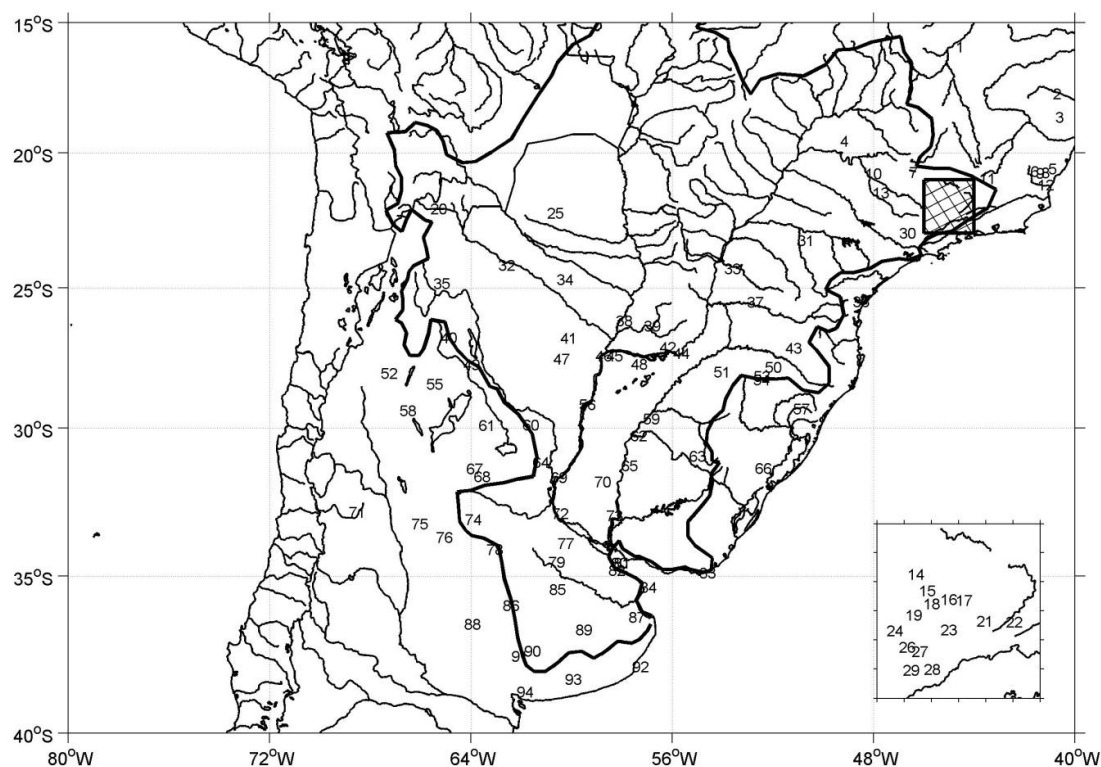


Figura 1: Estaciones utilizadas en el estudio y borde de la Cuenca en negrita. En recuadro se muestra la ubicación de las estaciones del sudeste de Brasil.

Nº	estación	long	lat	inicio	fin	Nº	estación	long	lat	inicio	fin
1	Sao Francisco	-44.87	-15.95	1938	2003	48	Gral. Paz	-57.63	-27.75	1959	1995
2	Helvecia (FBM)	-39.67	-17.82	1941	1994	49	Stgo. Estero Aero	-64.3	-27.77	1959	1998
3	Conceição da Barra	-39.75	-18.57	1930	1998	50	Erebango	-52.3	-27.85	1943	1998
4	Campina Verde	-49.48	-19.55	1941	1998	51	Girua	-54.35	-28.03	1943	1998
5	Castelo	-41.2	-20.6	1939	1998	52	Tinogasta	-67.57	-28.07	1959	1998
6	Caiana	-41.92	-20.7	1939	1998	53	Colonia Xadrez	-52.75	-28.18	1944	1998
7	Itau de Minas	-46.73	-20.73	1941	1998	54	Carazinho	-52.78	-28.3	1941	1998
8	Rive	-41.47	-20.75	1939	1998	55	Catamarca Aero	-65.77	-28.45	1959	1991
9	Guacui	-41.68	-20.77	1939	1998	56	Reconquista	-59.7	-29.18	1961	1998
10	Terra Roxa	-48.33	-20.78	1940	1998	57	Nova Palmira	-51.18	-29.33	1943	1998
11	Carandai	-43.8	-20.95	1941	1998	58	La Rioja Aero	-66.82	-29.38	1959	1998
12	Ponte Itabapoana	-41.47	-21.2	1937	1998	59	Paso de los Libres	-57.15	-29.68	1961	2005
13	Ponte Guatapara	-48.03	-21.5	1924	1980	60	Ceres	-61.95	-29.88	1959	2005
14	Paraguacú	-45.67	-21.58	1941	1998	61	V. María R. Seco	-63.68	-29.9	1959	1998
15	Monsenhor Paulo	-45.53	-21.77	1941	1998	62	Mte. Caseros	-57.65	-30.27	1959	1998
16	Fazenda J. Casimiro	-45.27	-21.87	1941	1998	63	Rivera	-55.48	-30.97	1948	2001
17	Conceição Rio Verde	-45.08	-21.88	1941	1998	64	Rafaela INTA	-61.55	-31.18	1959	1992
18	Usina do Chicão	-45.48	-21.92	1941	1998	65	Concordia	-58.02	-31.3	1963	2005
19	Careacú	-45.7	-22.05	1941	1998	66	Cangucu	-52.7	-31.38	1943	1998
20	La Quiaca	-65.6	-22.1	1959	1998	67	Córdoba Obs.	-64.18	-31.4	1959	1998
21	Usina Congonhal	-44.83	-22.12	1941	1998	68	Pilar Obs.	-63.88	-31.67	1931	2005
22	Ponte do Posta	-44.47	-22.13	1941	1998	69	Sauce Viejo	-60.82	-31.7	1959	1998
23	Cristina	-45.27	-22.22	1941	1998	70	Villaguay Aero	-59.08	-31.85	1959	1996
24	Pouso Alegre	-45.93	-22.23	1941	1998	71	Mendoza Obs.	-68.85	-32.88	1959	1998
25	M. Estigarribia	-60.97	-22.25	1950	1999	72	Rosario Aero	-60.78	-32.92	1949	2005
26	Conceição dos Ouros	-45.78	-22.42	1941	1998	73	Gualeduaychú	-58.62	-33	1961	1998
27	Brasopolis	-45.62	-22.47	1941	1998	74	Rio Cuarto	-64.23	-33.12	1961	2005
28	Fazenda da Guarda	-45.47	-22.67	1941	1998	75	San Luis Aero	-66.35	-33.27	1960	1998
29	Sao Bento do S.	-45.73	-22.68	1941	1998	76	Villa Reynolds	-65.38	-33.73	1959	1998
30	Campinas	-47.12	-23	1890	2003	77	Pergamino INTA	-60.55	-33.93	1931	2005
31	Ibiporá	-51.02	-23.27	1971	1997	78	Laboulaye	-63.37	-34.13	1959	1998
32	Rivadavia	-62.9	-24.17	1959	1997	79	Junin	-60.92	-34.55	1950	2005
33	Palotina	-53.92	-24.3	1972	1997	80	Aeroparque	-58.42	-34.57	1959	2005
34	Las Lomitas	-60.58	-24.7	1959	1998	81	OCBA	-58.48	-34.58	1861	2005
35	Salta Aero	-65.48	-24.85	1959	1998	82	Ezeiza	-58.53	-34.82	1959	2005
36	Morretes	-48.82	-25.5	1966	1997	83	Punta del Este	-54.92	-34.91	1948	2000
37	Quedas do Iguaçu	-53.02	-25.52	1972	1997	84	Punta Indio	-57.28	-35.37	1959	1998
38	Formosa	-58.23	-26.2	1962	1998	85	Nueva de Julio	-60.88	-35.45	1950	2005
39	Vilarica	-57.12	-26.38	1951	1999	86	Trenque Lauquen	-62.73	-35.97	1959	1994
40	Tucumán	-65.2	-26.8	1884	2001	87	Dolores	-57.73	-36.35	1959	2005
41	R. S. Peña	-60.45	-26.82	1959	1998	88	Santa Rosa	-64.27	-36.57	1937	2005
42	Encarnación	-56.5	-27.14	1950	1996	89	Azul	-59.83	-36.75	1959	1997
43	Joacaba	-51.5	-27.17	1943	1998	90	Cnel. Suárez	-61.88	-37.43	1959	1998
44	Posodas	-55.97	-27.37	1959	2005	91	Pigüé	-62.38	-37.6	1959	1998
45	Corrientes	-58.77	-27.45	1903	2005	92	Mar del Plata	-57.58	-37.93	1959	2005
46	Resistencia	-59.05	-27.45	1959	1998	93	Tres Arroyos	-60.25	-38.33	1959	2005
47	Villa Ángela	-60.73	-27.57	1959	1991	94	Bahía blanca	-62.17	-38.73	1959	1998

Tabla 1: Listado de estaciones utilizadas en este estudio, con su período y ubicación geográfica.

3. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

3.1. Climatología de precipitaciones diarias

Para comenzar el estudio y con el objetivo de analizar las diferentes propiedades de la distribución de la lluvia diaria, se estima la onda anual de las medianas, medias y percentil 90 de las series de precipitación con periodo mayor a treinta años.

Dadas las implicancias físicas que puede presentar el cálculo de los promedios diarios de precipitación se proponen y discuten dos tipos de estimaciones de la media diaria de lluvia.

La primera estimación toma en cuenta para el día i del año ($i = 1, \dots, 365$) solamente los años en que el día i registra precipitación. El segundo caso considera todos los años, sin excluir aquellos que no presentan precipitación.

En el primer caso, el tratamiento de los datos está condicionado por distinto número de días de lluvia, pero esos promedios tienen un sentido climatológico e hidrológico explícito (agua disponible). En el segundo caso, la onda anual está constituida por valores homogéneos en cuanto al período de estimación del promedio, en tanto se puede operar sin las restricciones que impone el primer caso.

En la Figura 2 se muestran las marchas anuales de ambos promedios en las estaciones de Observatorio Central de Buenos Aires (O.C.B.A.) y Conceição da Barra y sus promedios móviles de siete días.

Las estaciones utilizadas representan diferentes regiones climáticas y además son las de mayor longitud de observaciones.

En ambas estaciones se conservan las estructuras medias observadas a través de los valores mensuales, con máximos en el otoño y en la primavera, siendo más marcados en la estación Conceição da Barra, en concordancia con lo hallado por Hoffmann (1975) en el Atlas Climático y corroborado con las estadísticas climáticas del Servicio Meteorológico Nacional para el período 1981-1990.

En las marchas se advierten fuertes fluctuaciones interdiurnas, producto de la aleatoriedad en la ocurrencia de la precipitación y la fuerte exigencia en el número de datos necesarios para obtener una marcha suavizada. Por este motivo se estiman los promedios móviles, aunque no consiguen filtrar o suavizar totalmente este efecto. Esto indicaría la necesidad de un análisis armónico para sintetizar las propiedades diarias de la lluvia.

Por otro lado, el segundo tipo de promedio da como resultado una estimación más estable, aunque a expensas de provocar un fuerte suavizado que atenúa la marcha anual. Esto último indica que el ajuste de modelos estadísticos a la previsión de lluvia por cantidades exigiría muestras grandes de información para cada día.

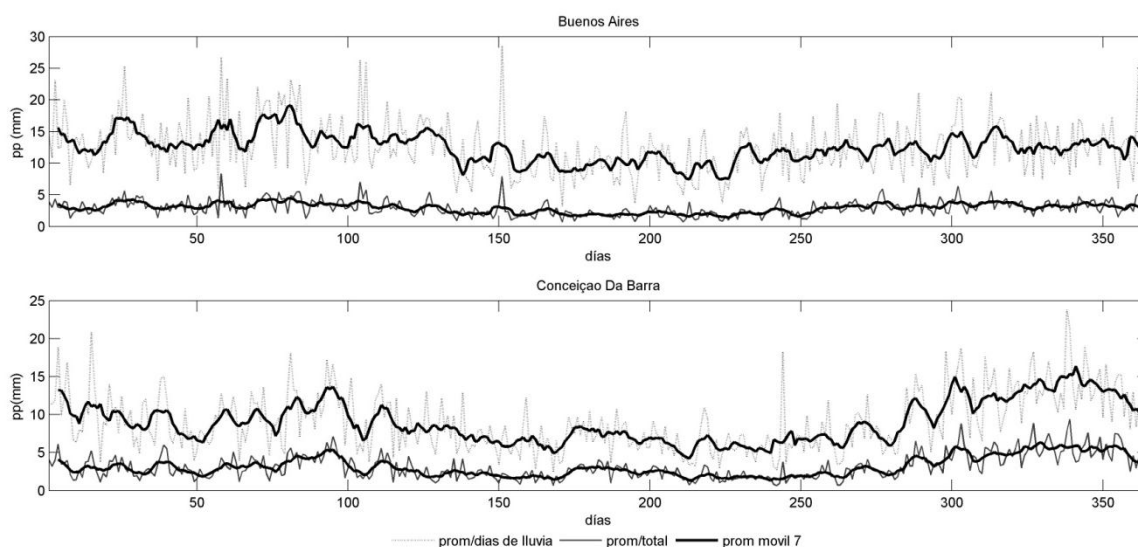


Figura 2: Marcha anual de los promedios de días de lluvia calculados según la muestra de los días de lluvia (línea punteada), el total de los días (línea continua) y sus promedios móviles de 7 días.

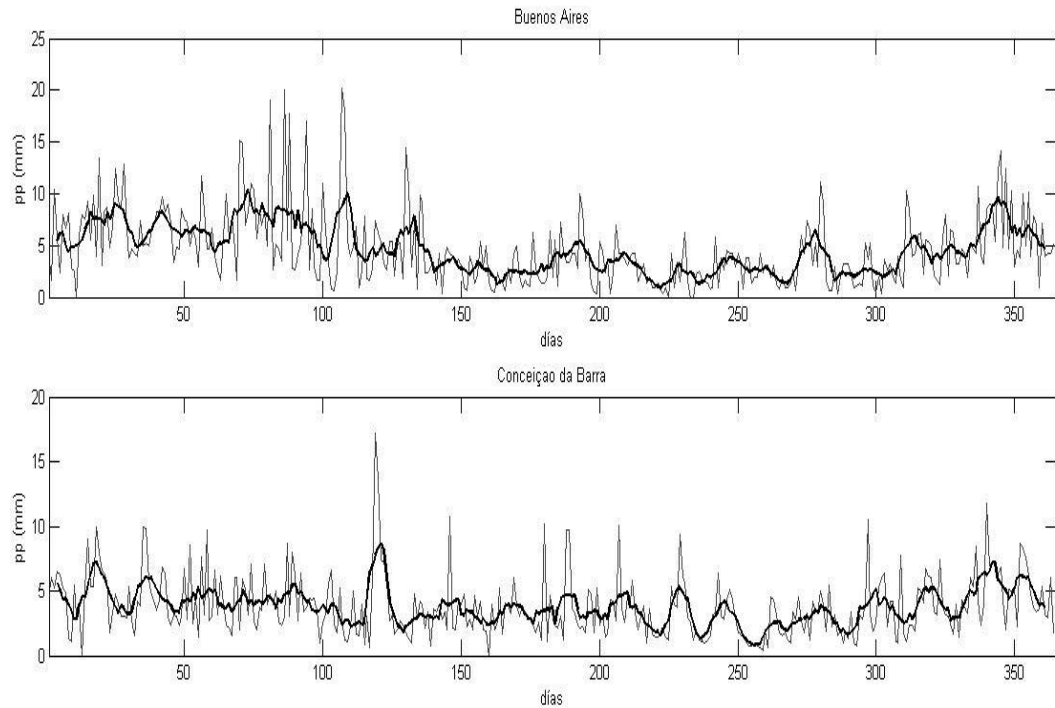


Figura 3: Mediana de precipitación diaria en O.C.B.A. (superior) y en Conceição da Barra (inferior) calculados según la muestra de los días de lluvia y promedio móvil de 7 días en línea en negrita.

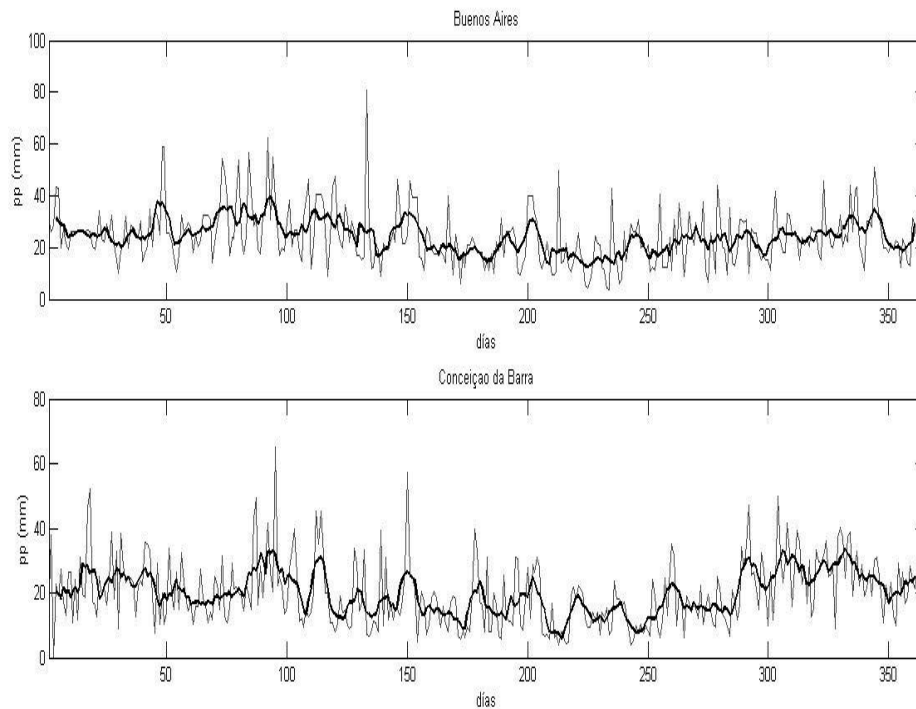


Figura 4: Percentil 90 de precipitación diaria en O.C.B.A. (superior) y en Conceição da Barra (inferior) y promedio móvil de 7 días en línea en negrita.

De cualquier forma hay evidencias de la existencia de la onda anual de lluvia, la cual es definida por los valores diarios. Esto se debe a que los promedios de los días de lluvia conservan la estructura de la onda anual en escala mensual. Por otra parte, la estructura de la onda anual de la lluvia diaria no es alterada por la frecuencia de días de no-lluvia, cuya onda como se verá es inversa.

En el análisis de otros parámetros que caracterizan la distribución de la precipitación diaria se observa que la mediana y el percentil 90 tienen gran semejanza con lo que se muestra para los promedios. Esto indicaría una relación lineal entre estas propiedades (Figuras 3 y 4).

Los valores comparados de la mediana y los promedios de los días de precipitación nos permiten inferir que en todos los casos las distribuciones para cada día son asimétricas.

De estos estadísticos quien refleja mejor la onda anual es el percentil 90, ambas estaciones muestran los máximos estacionales ya señalados. Por otra parte, existe una alta correlación entre los totales mensuales y los máximos diarios mensuales que afectan al percentil 90. Lo que implica que la estructura de la onda anual de lluvia está altamente influenciada por los extremos diarios de la misma. (Naumann y otros, 2009).

3.2. Climatología de la frecuencia de precipitación

En la Figura 5 se muestran los promedios móviles de 7 días de las marchas anuales de $d0$, $d1$, $d2$ y $d3$. En primera instancia se advierte que los períodos de mínimos de lluvia mensual representados por la frecuencia de periodos de tres días sin lluvia están en fase opuesta a las marchas de lluvia diaria. Este resultado es esperable dada la definición de los d_i . Este patrón se inhibe en Conceição da Barra donde la onda anual no es perceptible. Esto implica en cierta forma que en la cuenca del Plata y regiones adyacentes los modelos estadísticos de precipitaciones o ausencia de la misma difieren en forma notable.

En estas figuras se advierte la estacionalidad especialmente en $d0$ y $d1$, que se va perdiendo en $d3$, en casi todas las estaciones de la Figura 5.

Para $d3$ la frecuencia tiene una amplitud pequeña mostrando que ya las rachas de 3 días consecutivos de lluvia tienen una baja probabilidad de ocurrencia a lo largo de todo el año y en todas las estaciones analizadas. Se destaca que en Conceição da Barra y Terra Roxa la frecuencia de $d3$ aumenta en primavera y verano probablemente como resultado del movimiento de la zona de convergencia del Atlántico Sur (Nogués-Paegle and Mo, 1997; Liebmann y otros, 1999).

En cambio, en Buenos Aires y Corrientes se advierte el efecto mayoritario de la precipitación asociada a los pasajes frontales, en los que la probabilidad de que al menos un día en tres llueva tiene valores significativos durante todo el año y durante la primavera dicha probabilidad se asemeja a la de tener tres días secos.

Esto permite inferir que el efecto de los frentes se hace perceptible en estas estaciones durante todo el año, posiblemente porque el ciclo medio entre días lluviosos y secos esta alrededor de tres a cinco días.

La precipitación mostrada por la ocurrencia de $d3$ en Buenos Aires y en Corrientes responde a sistemas que permanecen tres o más días. Esto se podría deber a las bajas segregadas y las ondas sobre los frentes. Dichos sistemas producen eventos de lluvia persistente y se caracterizan por tener una baja probabilidad de ocurrencia.

Cabe señalar que si se representan las d_i , con $i=5$ días tratando de representar mejor los ciclos de precipitación más frecuentes, las frecuencias de $d0$ en primavera y verano son significativamente menores en Buenos Aires y Corrientes que $d1$ y aún que $d2$. Esto implica que la presencia de los frentes en un ciclo de 5 días define las formas de las ondas anuales de la precipitación diaria mostrada por los d_i .

Para observar en términos regionales el comportamiento de los $d0$ y $d1$ como ejemplos de este estudio se presenta la Figura 6. En la misma se presentan la amplitud y la fase del primer armónico de las ondas anuales de $d0$ y $d1$ a través de una representación vectorial interpoladas en puntos de un enrejado regular.

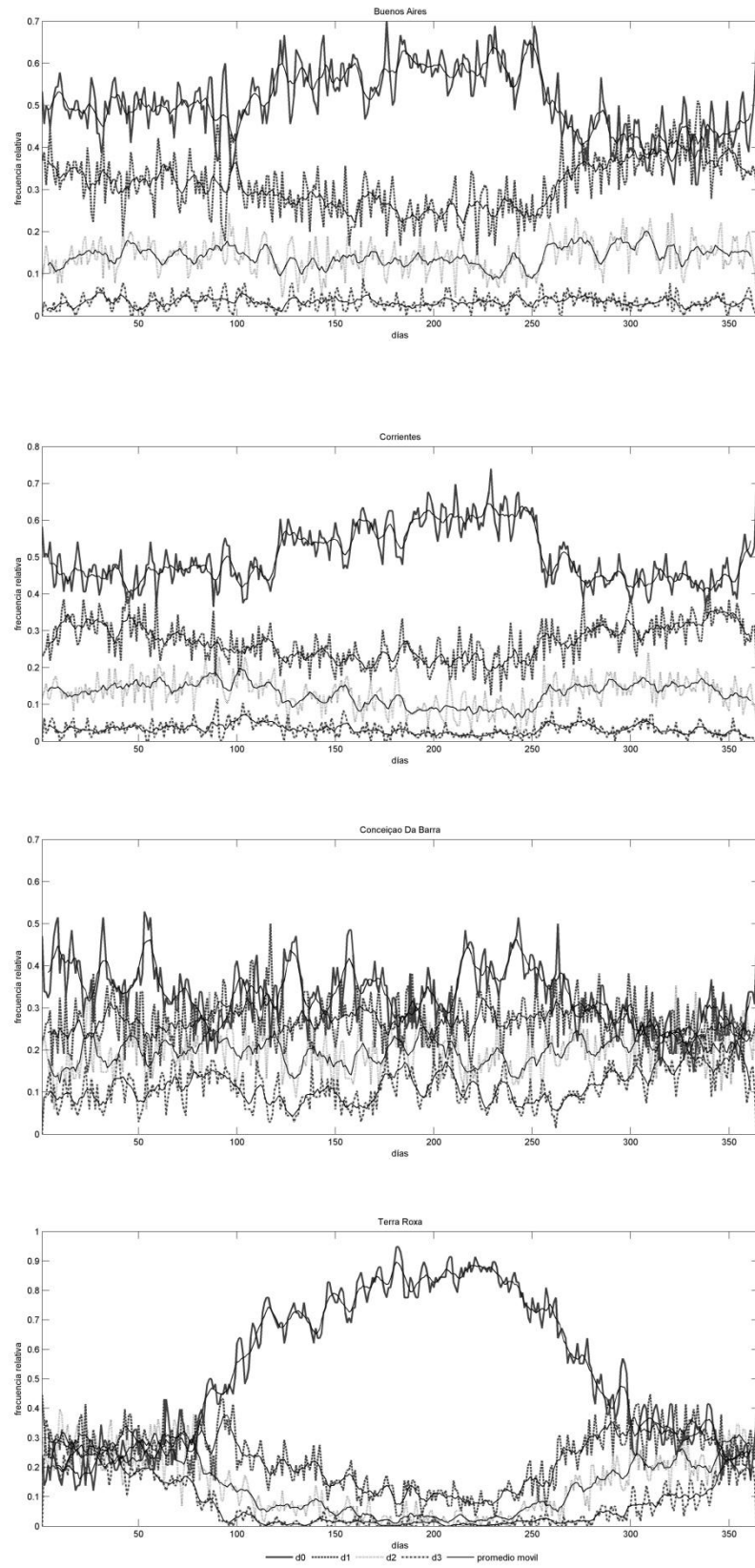


Figura 5: Frecuencias relativas de d_0 , d_1 , d_2 y d_3 , con sus respectivos promedios móviles de 7 días. Para las estaciones: Observatorio Central Buenos Aires, Corrientes, Conceição Da Barra y Terra Roxa.

Esta representación se define en coordenadas polares como:

$$\vec{S} = (L, \theta) \quad [1]$$

Donde L es la longitud del vector y representa la amplitud de la onda anual. El ángulo θ representa la fase. Este ángulo varía entre 0 y 360 donde cada día del año está caracterizado por un ángulo. Este tipo de representación permite sintetizar tanto espacial como temporalmente las marchas anuales de los di. Y permitiría de manera objetiva definir sub-regiones climáticas caracterizadas por los distintos modelos markovianos que las representan.

Se observa que en el norte de la cuenca las amplitudes de $d0$ son mayores, las que describen las sequías estacionales en el oeste y norte argentino (representado en este caso por la estación de Tucumán). En la región del sur de Brasil, Uruguay, el noroeste y este argentino las amplitudes decrecen con fechas de ocurrencia entre primavera y verano. Se advierte la presencia de los frentes ya que estos tienen cuasi-ciclos de aparición entre tres y cinco días durante todo el año.

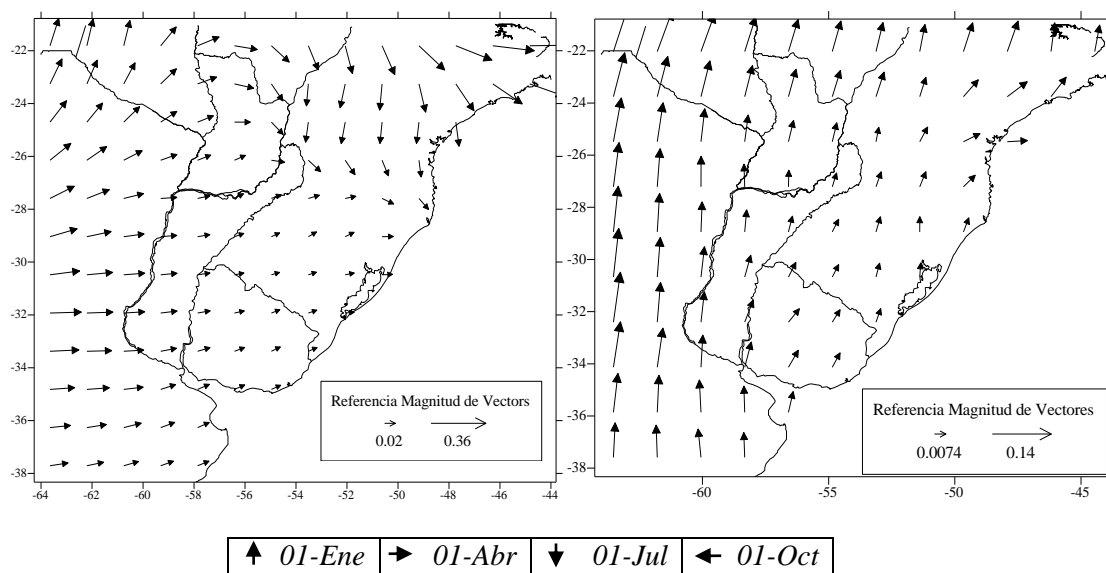


Figura 6: Amplitud y fase del primer armónico de los $d0$ (izquierda) y $d1$ (derecha) con 3 días.

Como inferencia final se advierte que en las estaciones argentinas el régimen diario de precipitación estaría definido por modelos markovianos diferenciados de los modelos que se ajustarían en las estaciones brasileñas, especialmente las de latitudes más bajas de la región de estudio. Esto ocurre porque la persistencia está determinada en forma diferente en ambas regiones. Mientras que en la Argentina la condición fundamental de lluvia y no-lluvia dada por los di es impuesta por los pasajes de frentes y ocasionales bajas segregadas y oclusiones frontales. Así mismo en Brasil los procesos lluviosos también están influenciados por los movimientos de la zona de convergencia del Atlántico Sur.

Agradecimientos: Al Proyecto UBA X228, al Proyecto Conicet PIP 112-200801-00762 y Proyecto Agencia PICT 2008-1820 por la financiación de este trabajo. Los autores desean expresar su gratitud a los revisores y editores cuyas sugerencias han enriquecido la calidad de este trabajo.

REFERENCIAS

- Anonymous, 1970. Guide to hydrometeorological practices. WMO 168 T.P. 82, 2nd Edition.
 ANEEL: Agencia Nacional de Energía Eléctrica, 2000: Base de Datos Hidrológicos, Disponible en Superintendencia de Estudios e informaciones Hidrológicas SGAN – Quadra

- 603 – Modulo J. 1 andar, Brasilia/DF 70830-030.
- Epstein, E. y Barnston, A., 1989. A precipitation climatology of 5-days periods. *J. of Clim.*, 3, 218-236.
- Gattinoni, N. y Naumann, G., 2008. Análisis de las distribuciones de secuencias húmedas en la ciudad de buenos aires y alrededores. *Revista de Geografía* 10, 70-80.
- Gattinoni, N. y Naumann, G., 2009. Modelos De Secuencias De Precipitación Aplicados Al Pronóstico Objetivo en la Ciudad De Buenos Aires. *Anales del X Congreso Argentino de Meteorología (CONGREMET) y CLIMET XIII*. 16 pp.
- Hoffmann, J. A., 1975. Atlas climático de América del Sur, OMM/UNESCO, 44.
- Liebmann B., Kiladis, G. N., Marengo, J. A., Ambrizzi, T. y Glick, J. D., 1999. Submonthly convective variability over South America and the South Atlantic convergence zone. *J. Climate*, 12, 1877–1891.
- Naumann, G., Vargas, W. y Minetti, J., 2008. Dry Spells In The La Plata Basin. Monitoring and Trend Stability. *Drought Implication. Meteorologica*, 33, 61-85.
- Naumann, G., Llano, M. P. y Vargas, W., 2010. Climatology of the Annual Maximum Daily Precipitation in the La Plata Basin. *International Journal of Climatology*. doi:10.1002/joc.2265.
- Nogués-Paegle, J. y Mo, K.C., 1997. Alternating Wet and Dry Conditions over South America during Summer. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 279–291.
- Ruiz, N., 2005. Análisis Climático-estadístico de las probabilidades asociadas a condiciones secas semanales en Buenos Aires. *Anales del IX Congreso Argentino de Meteorología (CONGREMET)*.