

PERIODOS SECOS EN LA REGIÓN NORESTE DE ARGENTINA DESCRIPTOS CON EL ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADO

María de los Milagros Skansi¹, H. Veiga¹, N. G. Garay¹ y G. Podestá²

¹ Servicio Meteorológico Nacional, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

² University of Miami, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Miami, EEUU.
mms@smn.gov.ar

Resumen

La disponibilidad de agua para generación hidroeléctrica, producción de alimentos, o consumo humano está íntimamente ligada al régimen de precipitaciones. El objetivo de este trabajo es analizar la duración, extensión y magnitud de los períodos secos prolongados observados entre 1961 y 2010 en la región noreste de Argentina. Para ello se utilizó el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE) que es un índice que requiere para su cálculo únicamente datos de precipitación. Las escalas del IPE utilizadas fueron las de 6, 12 y 24 meses, que son relevantes para evaluar la disponibilidad de agua subterránea, la escorrentía y los niveles de lagos o reservorios de agua. En las tres escalas temporales, entre los años 1961 y 1975 y a partir del año 2004, se observó una alta frecuencia de meses con al menos el 50 % de las estaciones con condiciones secas ($IPE \leq -0.5$). La mayor cantidad de períodos secos significativos ($IPE \leq -1$ por al menos 3 meses consecutivos) correspondieron a la escala de 6 meses, con más de 12 eventos en el centro de la región. Los eventos más largos, que superaron los 19 meses, se encontraron en la escala de 12 meses y estuvieron asociados en su mayor parte a años Niña. En la última década se destacó la sequía de 2008-2009 que, en gran parte de la región, fue la más extensa y de mayor severidad desde 1961.

Palabras claves: sequía, Índice de Precipitación Estandarizado.

Abstract

The availability of water for hydropower, food production or human consumption is tightly linked to the rainfall regime. This paper assesses the duration, spatial extension and magnitude of dry periods between 1961 and 2010 in northeastern Argentina. The assessment was based on the Standardized Precipitation Index (SPI), that requires only rainfall data for its computation. The SPI was computed for time scales of 6, 12 and 24 months, relevant to assess the availability of soil water, streamflows and water levels in lakes and reservoirs. For all three time scales, dry conditions were most frequent between 1961 and 1975, and after 2004. In these periods, there was a high frequency of months with over 50% of the stations showing dry conditions ($SPI \leq -0.5$). The largest number of significant dry events (defined as those with $SPI \leq -1.0$ for at least three consecutive months) was observed at the 6-month calculation scale, with > 12 events in the center of the study region. The longest dry events – over 19 months long – were detected at the 12-month calculation scale, and were mostly associated with La Niña years. In the last decade, the 2008-2009 drought was the most severe and most widespread since 1961.

Keywords: drought, Standardized Precipitation Index

1 INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua para generación hidroeléctrica, producción de alimentos, o consumo humano está íntimamente ligada al régimen de precipitaciones. La ocurrencia de períodos secos prolongados tiene impactos socioeconómicos severos. Existen distintas formas de definir la ocurrencia de sequía, sea en términos de condiciones meteorológicas (déficits anormales de precipitación), agronómicas (déficits anormales de humedad del suelo), hidrológicas, y/o socio-económicas (Wilhite, 2000). Por esta razón, la literatura incluye un gran número de índices para caracterizar condiciones de sequía (WMO, 1975; Heim, 2002; Kallis, 2008, Quiring 2009).

En última instancia, la caracterización de condiciones de sequía depende del balance entre ganancias y pérdidas (por ejemplo, por evapotranspiración) de agua. Dada la dificultad para cuantificar la evapotranspiración, se han desarrollado índices que en lo posible sólo requieran datos de precipitación. Un índice de sequía calculado únicamente con datos de lluvias es el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE, o SPI en inglés), desarrollado por McKee y otros (1993). Dado que el IPE puede ser calculado para distintas escalas temporales, este índice es apto tanto para el estudio de sequías cortas (importantes para la agricultura) como muy prolongadas (relevantes para la disponibilidad de agua subterránea, la escorrentía y los niveles de lagos o reservorios de agua). Más allá de su amplia aceptación mundial (Logan y otros, 2010; Liu y otros 2009), varios investigadores de nuestro país han utilizado el IPE satisfactoriamente en sus estudios (Seiler y otros, 2002; Almeida y otros, 2005; Scian, 1997).

A fines de 2009, la Organización Meteorológica Mundial recomendó el uso del IPE a nivel mundial para el monitoreo de las sequías meteorológicas. Dicha recomendación surgió de la evaluación de diferentes índices (Lincoln Declaration on Drought Indices, WMO 2009). Desde 2006, el Servicio Meteorológico Nacional difunde en forma operacional el IPE para escalas temporales de 1, 3, 6, 12, 18 y 24 meses para la zona húmeda y semihúmeda argentina.

El objetivo de este trabajo es analizar la extensión, duración y magnitud de los períodos secos prolongados observados entre 1961 y 2010 en la región noreste de Argentina utilizando el IPE para escalas de 6, 12 y 24 meses.

2 DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron datos de precipitación mensual correspondientes a 20 estaciones meteorológicas en la zona noreste de argentina operadas por el Servicio Meteorológico Nacional y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (Figura 1 y Tabla I). El período considerado fue enero 1961 a agosto 2010.

La cantidad de datos faltantes fue menor al 5%, excepto en San Pedro (cuyo registro empezó en enero de 1965) y en Pergamino (donde hay faltantes entre 2000 y 2003). Por ello, en la escala de seis meses se contó con información simultánea de al menos 19 estaciones en el 86% de los meses y 17 estaciones tuvieron datos para el 97% de los meses. Para la escala de 12 meses, los porcentajes se modifican al 77% y 93%. La mayor cantidad de datos faltantes correspondió a los años 1973 y 1975.

El IPE se calcula para un lugar determinado ajustando una función de densidad de probabilidad a valores históricos de precipitación acumulados en la escala de tiempo de interés (ej., 6, 12 o 24 meses). Por ejemplo, para la escala de 6 meses se consideran los totales de precipitación acumulada durante los 6 meses anteriores, así el IPE₆ correspondiente a junio surge de tomar los valores de la serie histórica de totales de precipitación para todos los semestres que finalizan en junio. Así sucesivamente, la escala puede ampliarse según sean los meses previos al actual que se vayan incorporando.

En este trabajo se ajustó la distribución Gamma de dos parámetros a cada una de las series históricas de precipitación de referencia (el período 1961-2000). Varios autores (Thom, 1966; Young, 1992, Lloyd-Hughes, 2002) concluyeron que la función Gamma es la más apropiada para el ajuste a los totales de precipitación, si bien ofrece algunas dificultades en zonas de muy poca precipitación. Para la estimación de los parámetros de forma y de escala de la distribución para las series de referencia, se utilizó un método robusto (Marazzi y Ruffieux, 1996). La bondad de los ajustes fue verificada por medio del test de Kolmogorov-Smirnov al nivel de confianza del 5%. Los parámetros de las distribuciones ajustadas se utilizaron luego para convertir cada serie de precipitación en una distribución normal estandarizada, con

media 0 y varianza 1. El valor resultante de dicha transformación es el IPE. La clasificación de valores del IPE se presenta en la Tabla II.

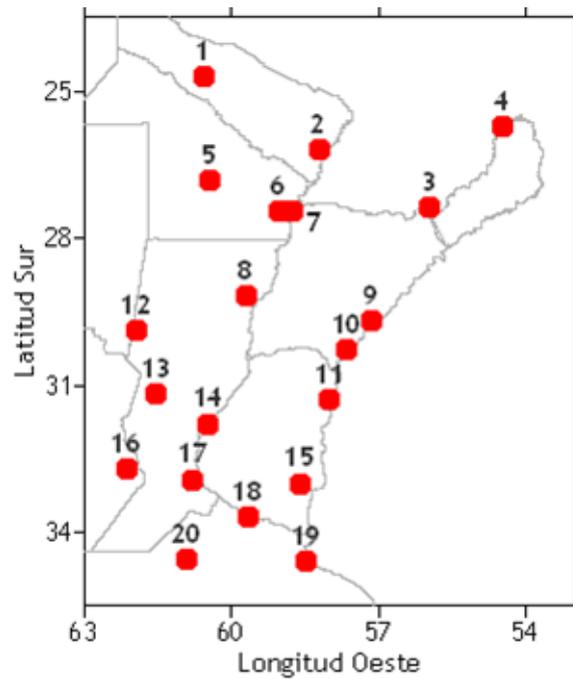


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas

Estaciones	Provincia	Longitud (°)	Latitud (°)	Número de referencia
Las Lomitas	Formosa	-60.58	-24.70	1
Formosa	Formosa	-58.23	-26.20	3
Posadas	Misiones	-55.97	-27.37	5
Iguazú	Misiones	-54.47	-25.73	2
P. Roque Sáenz Peña	Chaco	-60.45	-26.82	4
Resistencia	Chaco	-59.05	-27.45	6
Corrientes	Corrientes	-58.77	-27.45	7
Reconquista	Santa Fe	-59.70	-29.18	8
Paso de los Libres	Corrientes	-57.15	-29.68	9
Monte Caseros	Corrientes	-57.65	-30.27	11
Concordia	Entre Ríos	-58.02	-31.30	13
Ceres	Santa Fe	-61.95	-29.88	10
Rafaela	Santa Fe	-61.55	-31.18	12
Paraná	Entre Ríos	-60.48	-31.78	14
Gualectuaychú	Entre Ríos	-58.62	-33.00	17
Marcos Juárez	Córdoba	-62.15	-32.70	15
Rosario	Santa Fe	-60.78	-32.92	16
San Pedro	Buenos Aires	-59.68	-33.68	18
Buenos Aires	Buenos Aires	-58.48	-34.58	20
Junín	Buenos Aires	-60.92	-34.55	19

Tabla I. Posición geográfica y número de referencia de las estaciones meteorológicas utilizadas.

Rango del IPE	Clasificación de situaciones	Frecuencia
≤ -2.00	Extremadamente seco (sequía extrema)	1 en 50 años
-1.50 a -1.99	Muy seco (sequía severa)	1 en 20 años
-1.00 a -1.49	Moderadamente seco (sequía moderada)	1 en 10 años
-0.50 a -0.99	Ligeramente seco	1 en 3 años
0.49 a -0.49	Normal	
0.50 a 0.99	Ligeramente húmedo	
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo	1 en 10 años
1.50 a 1.99	Muy húmedo	1 en 20 años
≥ 2.00	Extremadamente húmedo	1 en 50 años

Tabla II. *Clasificación del IPE. La tercera columna indica la frecuencia teórica de ocurrencia de cada categoría.*

Se consideró período seco al que se extiende desde que el IPE es negativo por primera vez hasta que se torna positivo. La magnitud media de cada período se calculó como el promedio de los valores mensuales del IPE durante el mismo (Liu y otros, 2009). A su vez se consideraron aquellos períodos en los cuales el IPE tomó valores ≤ -1 por al menos tres meses consecutivos, denominándolos *períodos secos significativos*.

3 RESULTADOS

3.1 Análisis regional de los meses con IPE ≤ -0.5

El número de estaciones meteorológicas con IPEs por debajo de un cierto umbral puede utilizarse para cuantificar la extensión espacial de los eventos secos. En la Figura 2 se presenta, para cada mes, el porcentaje de estaciones de la región de estudio con IPE ≤ -0.5 , IPE ≤ -1 e IPE ≤ -2 para las escalas de 6, 12 y 24 meses. En las tres escalas temporales, la frecuencia de meses con al menos el 50 % de las estaciones con IPE ≤ -0.5 fue alta en dos épocas: el período 1961-1975, y los años posteriores a 2004. En el período intermedio, si bien se observaron meses con condiciones secas, estas condiciones fueron menos generalizadas, y en general no abarcaron más de la mitad de las estaciones. Una excepción fueron los períodos 1988-1990 y 1995-1997, cuando las condiciones secas abarcaron gran parte de la región. Estos resultados son consistentes con la tendencia positiva de la precipitación anual observada en la segunda mitad del siglo XX, señalada entre otros por Castañeda y Barros (1994), Minetti y Vargas (1997) y Barros y otros (2000), y con la disminución de las precipitaciones anuales entre 2004 y 2007 estudiada por Naumann (2009).

Al considerar en detalle cada una de las escalas consideradas, se destaca que en la escala de 24 meses, sólo en dos oportunidades después de los 1960s ocurrieron eventos secos que afectaron simultáneamente a más del 70% de las estaciones consideradas: 1988-1990 y 2008-2010. En las escalas de 6 y 12 meses, en cambio, fue más frecuente observar condiciones secas en más del 70% de las estaciones, aunque por períodos más cortos. Situaciones en que al menos el 90% de las estaciones hayan presentado condiciones levemente a extremadamente secas (IPE ≤ -0.5) se observaron en 3 oportunidades en la escala de 24 meses, en 6 oportunidades en 12 meses y en 7 en 6 meses. Tomando como umbral valores de IPE ≤ -1 se tienen sólo 3 eventos con porcentaje de afección de entre 70 y 80% en la escala de 12 meses y 9 en la de 6 meses. Se destaca el IPE 6 entre abril y junio de 1968 cuando 19 estaciones presentaron índices menores a -1 (exceptuando a Iguazú sin dato).

En las tres escalas, dentro de los eventos más extendidos especialmente y con valores más bajos de IPE, se destaca el episodio que comenzó en el año 2008. En este evento se observaron meses en los cuales en el 80 a 90% de las estaciones el IPE-24 fue menor o igual a -1 y en el 45% a -2, siendo este último porcentaje el mayor de las últimas 5 décadas. Similarmente, al analizar el IPE-12 y el IPE-6 se observó un 70% u 80% de estaciones con $IPE \leq -1$ y entre el 40% y 50% de las estaciones en situación extrema.

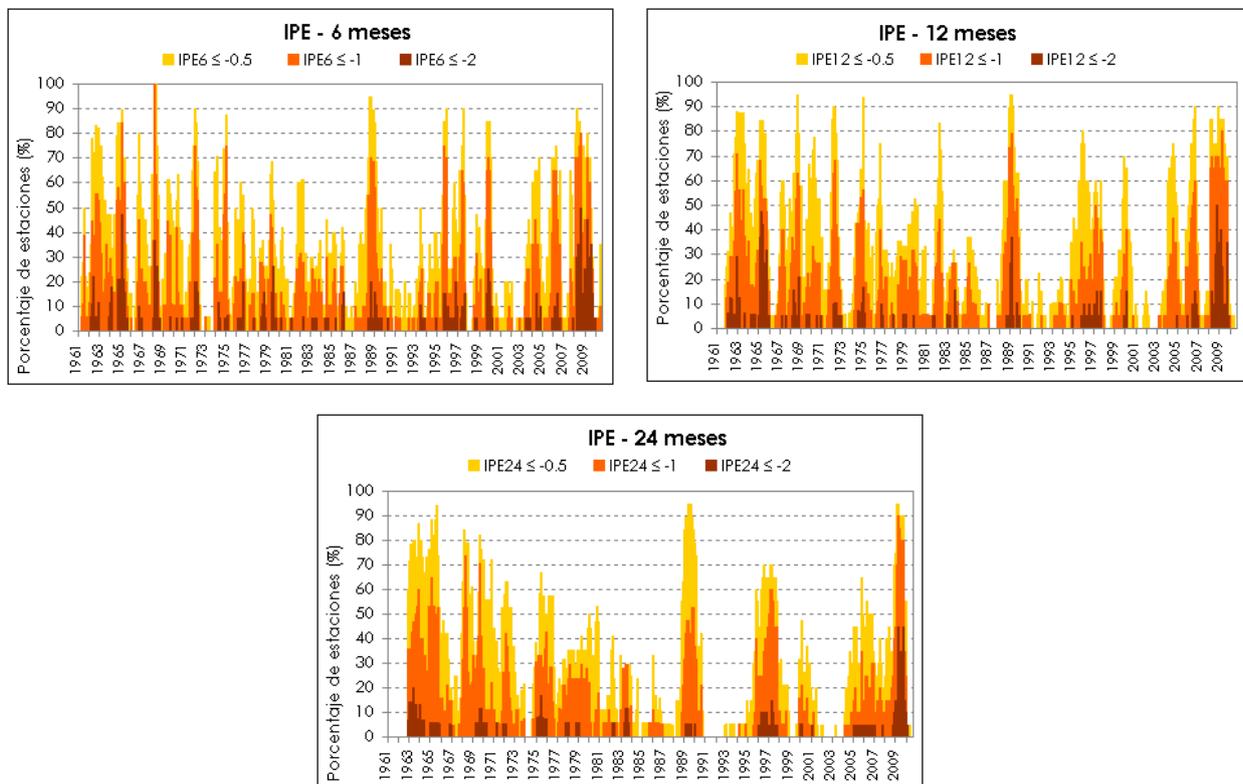


Figura 2. Porcentaje mensual de estaciones con $IPE \leq -0.5, \leq -1$ y ≤ -2 , para las escalas de 6, 12 y 24 meses.

3.2 Frecuencia y duración de períodos secos significativos

En la Figura 3 se muestran la cantidad (números en negro) y máxima duración (números en rojo) de eventos secos significativos ($IPE \leq -1$ por al menos tres meses consecutivos) en cada estación meteorológica, considerando las escalas de 6 (izq.) y 12 (der.) meses. Asimismo, en colores se indica la década de ocurrencia del evento de mayor duración.

En general, la mayor cantidad de períodos secos significativos se observan para la escala de 6 meses. La región que presentó mayor número de eventos secos significativos incluye el este de Formosa y Chaco, norte de Santa Fe, sur de Corrientes y norte de Entre Ríos, con más de 12 eventos. En Misiones y el sur del área de análisis, el número de eventos osciló entre 8 y 11, salvo en Rosario (13) y San Pedro (17). Por otra parte los eventos más prolongados duraron de 8 a 11 meses, excepto en San Pedro donde la duración llegó a 15 meses.

Para el IPE-12, el número de eventos secos significativos se ubicó mayormente entre 9 y 12. En Junín, Buenos Aires y Gualguaychú se observaron 13-14 eventos. Estos lugares fueron los únicos donde la cantidad de eventos secos significativos fue mayor a la determinada con el IPE-6. Asimismo los eventos más largos se extendieron por más tiempo alcanzando 19 meses. En el resto de la región la mayor diferencia en los períodos más prolongados en relación a los determinados con el IPE-6, se observó a lo largo del río Paraná y en Ceres, donde se determinaron períodos de más de 20 meses de duración, es decir los períodos secos significativos en la escala de 12 meses son menos frecuentes pueden extenderse por más tiempo.

Con respecto a la década de ocurrencia de los eventos más prolongados en la mayoría de las estaciones se correspondieron en ambas escalas, siendo la década de 1960 o primera del Siglo XXI las que tuvieron los eventos más prolongados. Se señala que al tomar el IPE-12 en 8 estaciones el evento más extenso correspondió al 2008/2009, en 4 el 1964/65 y en 3 1961/62. Los restantes fueron 2 casos en 1988/89, 1 2005/2006, 1 en 1978/79 y 1 en 1981. Sólo los dos últimos años no fueron años Niñas. Asimismo se señala que en algunas localidades se observó en dos oportunidades períodos secos con la extensión máxima citada siendo esos años también correspondientes a una fase fría del ENOS.

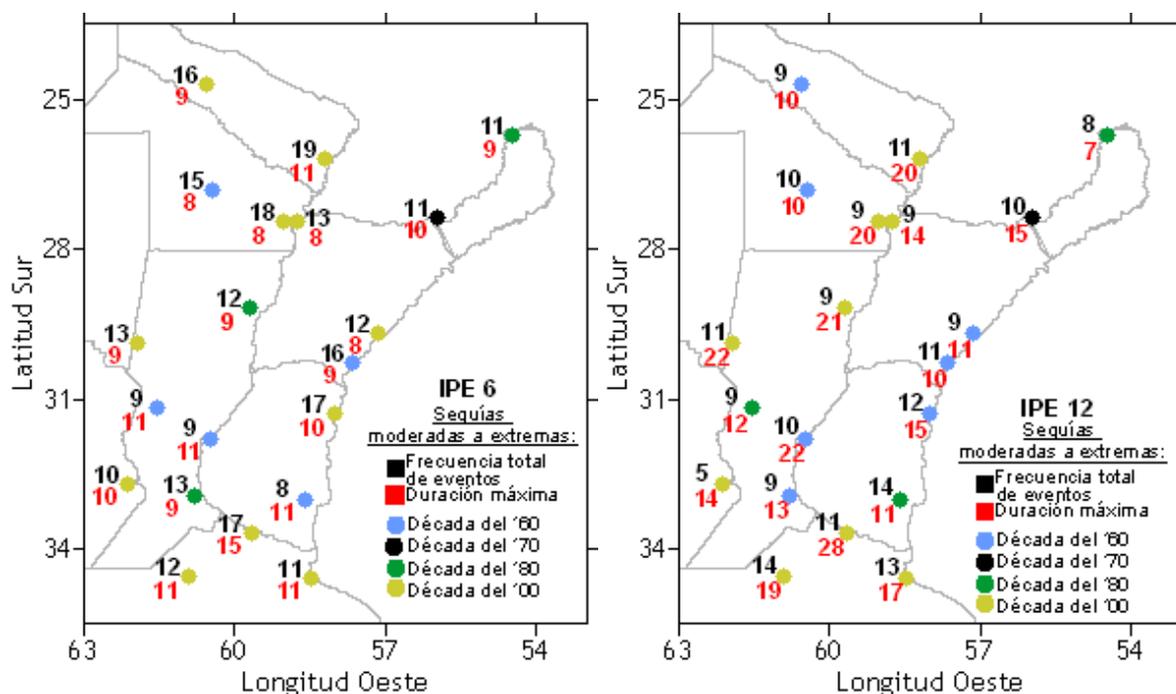


Figura 3. Número de eventos secos significativos (números en negro), duración del máximo evento (números en rojo) y década de ocurrencia del máximo (color del círculo) para el IPE-6 (panel izquierdo) e IPE-12 (panel derecho).

3.3 Duración y cantidad de eventos extremos (IPE ≤ -2)

Para el IPE-12 se analizaron los períodos en los cuales el IPE fue extremo (valores ≤ -2). En la Figura 4 se presenta el número de eventos (negro) y la duración del máximo evento (rojo), indicando el color del círculo la década de ocurrencia del máximo. El número de eventos presenta una distribución irregular a lo largo de la región. La zona del noreste de Buenos Aires, sudeste de Santa Fe y Entre Ríos parece la más propensa a mostrar eventos de déficit extremo. En dicha zona también se observaron los eventos extremos más prolongados. En especial se destaca Concordia, donde el periodo extremo más largo duró más de un año (13 meses), siguiéndole Ceres y San Pedro con 11 meses.

Al considerar los eventos con al menos 3 meses consecutivos con condiciones extremas (Figura 4-der.), el número de casos disminuye marcadamente, no superando 3 eventos salvo en dos localidades. Esto sugiere que en la mayor parte de los casos las situaciones con $\text{IPE-12} \leq -2$ perduran solamente 1 o 2 meses.

Los eventos extremos más persistentes se observaron en la década del 60 en el sur del Litoral, este de Corrientes, oeste de Misiones y en la ciudad de Las Lomitas, con 7 de 9 casos en 1964/65 y los otros uno en 1962/63 y otro 1968. En el resto de las estaciones, excepto en Iguazú (máximo en 1981), el período más prolongado tuvo lugar en la primera década del siglo XXI, en 8 estaciones durante el evento 2008 – 2009 y uno en el 2006.

En el caso particular de Presidencia Roque Sáenz Peña, no se han registrado condiciones de sequía extrema durante el periodo estudiado. Sin embargo se registraron eventos severos, siendo el valor mínimo

del IPE de -1.84 en septiembre 1971. Para verificar este caso, se realizó el mismo cálculo con la serie de Presidencia Roque Sáenz Peña INTA (hasta el 2000) y Las Breñas INTA, no encontrándose ningún caso de sequía extrema en la primera, en tanto que en la segunda se determinaron tres casos, dos de una duración de 1 mes y otro de 3 meses (en 1970) con valores de IPE muy próximos a -2 (mínimo valor -2.14).

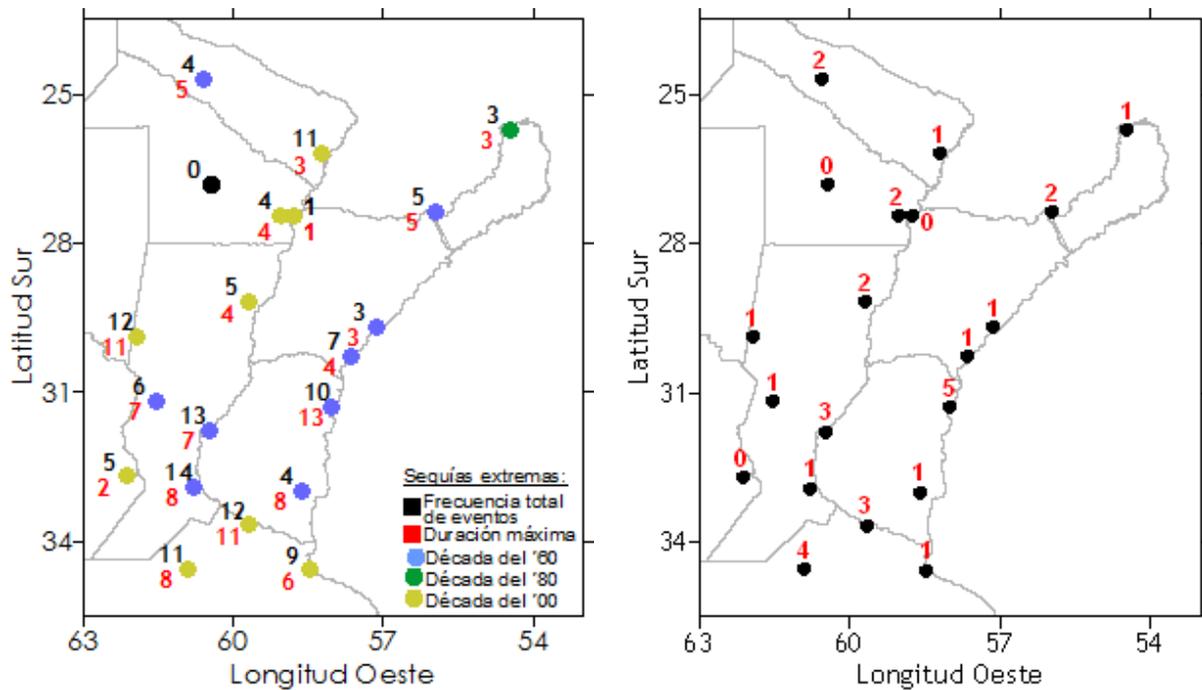
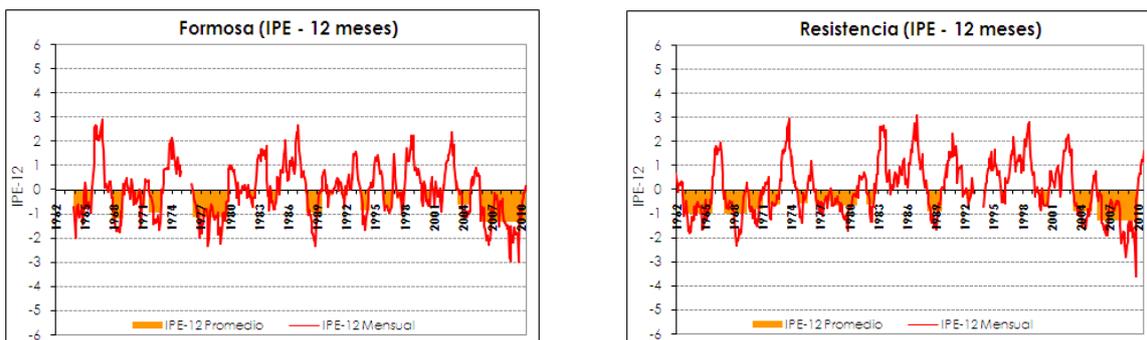


Figura 4. Panel izquierdo: Número de eventos con $IPE-12 \leq -2$ (negro), duración del máximo evento (rojo) y década de ocurrencia del máximo (color del círculo). Panel derecho: Número de eventos con $IPE-12 \leq -2$ que se extendieron al menos 3 meses.

3.4 Magnitud de los eventos secos

La Figura 5 presenta la evolución del IPE-12 y la magnitud de los eventos secos, para las estaciones que presentaron el periodo seco significativo más extenso en la última década. El evento 2008/2009 fue el de mayor magnitud desde 1961, excepto en Concordia, Junín y Marcos Juárez donde otros eventos presentaron una magnitud levemente superior. En todos los casos en la última sequía se alcanzó el mínimo valor de IPE-12 del período analizado. Estos resultados complementan los resultados mostrados por Skansi y otros (2009) quienes analizaron el período seco desde enero 2008 hasta abril 2009 mostrando, que aún con condiciones de sequía, en algunas escalas temporales, el evento 2008/2009 mostraba aspectos adversos y pocos frecuentes o excepcionales en la región.

En la localidad de Marcos Juárez el evento de mayor magnitud tuvo lugar en la década del 80 y se caracterizó por presentar menor duración que el 2008/2009 pero valores de IPE más bajos. Contrariamente, en San Pedro el evento seco 2008/2009 fue más corto que otros eventos (2004/2007) pero presentó mayor severidad, alcanzando una magnitud media de -2.59 (sequía extrema) siendo la mínima de la serie.



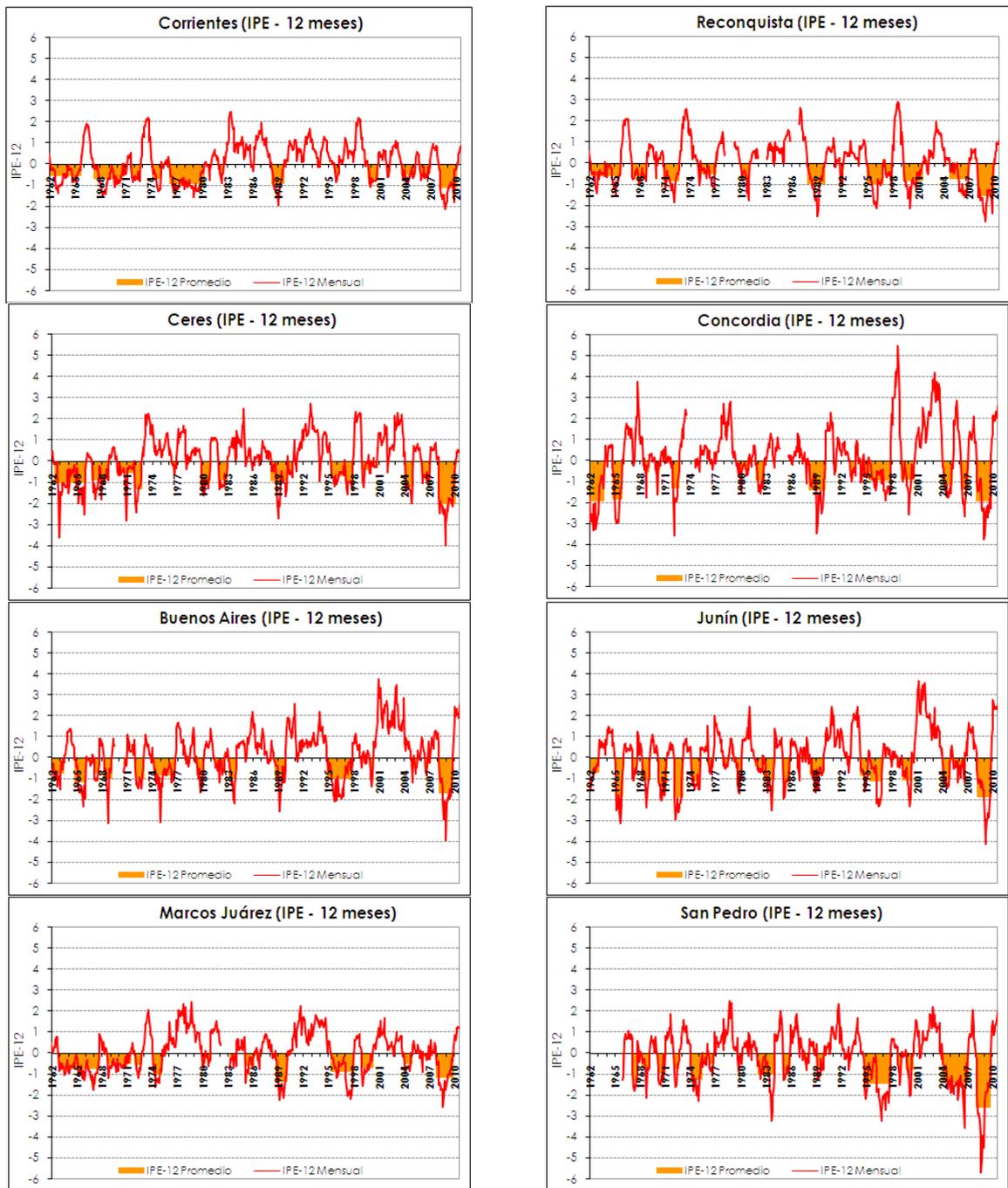


Figura 5. Evolución del IPE-12 desde enero 1962 hasta diciembre de 2010 (línea roja) y magnitud media de los eventos secos (sombreado naranja).

4 CONCLUSIONES

En las tres escalas temporales, entre los años 1961 y 1975 y a partir del año 2004, se observó una alta frecuencia de meses con al menos el 50 % de las estaciones con condiciones secas ($IPE \leq -0.5$). En el período intermedio sólo se destacaron los eventos 1988-1990 y 1995-1997.

Los períodos secos significativos fueron más frecuentes en la escala de 6 meses, con más de 12 eventos en el centro de la región. Sin embargo, los eventos más largos, que superaron los 19 meses, se encontraron en la escala de 12 meses y estuvieron asociados en su mayor parte a años Niña.

Los eventos extremos analizados con el IPE-12 tienden a persistir 1 a 2 meses. Los eventos de mayor duración, al menos 3 meses, en general se presentaron en 1 o 2 oportunidades, alcanzando 5 casos en Concordia.

El evento 2008/2009 fue el de mayor magnitud desde 1961 en gran parte de la región, a su vez fue el más extendido y con valores de IPE más bajos en las tres escalas de tiempo. En este evento se observaron meses en los cuales en más del 80% de las estaciones el IPE-24 fue menor o igual a -1 y en el 45% a -2, siendo este último porcentaje el mayor de las últimas 5 décadas. Los índices de 6 y 12 meses presentaron un comportamiento similar.

5 REFERENCIAS

Almeira, G., Ciappesoni, H., Goniadzki, D., Scian, B.(2004). “*Índice de Precipitación Estandarizado: Una Aplicación en el Litoral Argentino*”. X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorología. Mar del Plata, Argentina.

Barros, V. Castañeda, M.E y Doyle, M. (2000). “*Recent precipitation trends in Southern South America to the east of the andes: an indication of a mode of climatic variability*”. Southern Hemisphere Paleo and Neoclimates Key –Sites, Methods, Data and Models. Springer, Berlin, pp 187-206

Barros, V., Doyle, M. y Camilloni, I. (2008). “*Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation*”. Theoretical & Applied Climatology 93(1/2), 19-33.

Heim, R (2002). “*A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States*”. American Meteorological Society. 1149-1165. August.

LiuXingcai, XU Zongxue†, LIU Bo.(2009). “*Spatio-Temporal Characteristics of Standardized Precipitation Index in the Taihu Basin during 1951-2000*”. Wuhan University Journal of Natural Sciences. Vol.14 No.6, 518-524. DOI 10.1007/s11859-009-0611-0.

Lloyd-Hughes, B., Saunders, M. (2002). “*A Drought Climatology for Europe*”. International Journal of Climatology 22: 1571-1592.

Logan, K.E., Brunsell, N.A. Jones A.R., Feddema J.J. (2010). “*Assessing spatiotemporal variability of drought in the U.S. central plains*”. Journal of Arid Environments 74 (2010) 247–255

Marazzi, A. y Ruffieux, C.(1996) “*Implementing M-estimators of the Gamma distribution*”. In: **Rieder H.** (Ed.), “*Robust Statistics, Data Analysis, and Computer intensive Methods*”, Springer Verlag.

Mckee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. (1993): “*The relationship of drought frequency and duration to time scales*”. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, pp. 179–184. January 17–22, Anaheim, California.

Minetti, J. L. y Vargas, W. M. (1997). “*Trends and Jumps in the annual precipitation in South America, south of the 15°S*”. *Atmósfera* 11, 205-221.

Naresh Kumar, M. Murthy C. S. SessaSai M. V. R and Roy P. S.(2009). “*On the use of Standardized Precipitation Index (SPI) for drought intensity assessment*”. *Meteorol. Appl.* 16: 381–389. DOI: 10.1002/met.136.

Naumann, G., Minetti J. y Vargas W. (2009). “*Variabilidad climática en la Argentina durante la década de 2000. Monitoreo del salto climático en la temperatura e implicancias en la precipitación*”. X Congreso Argentino de Meteorología.

Quiring Steven M. (2009). “*Monitoring Drought: An Evaluation of Meteorological Drought Indices*”. *GeographyCompass* 3/1: 64–88, 10.1111/j.1749-8198.2008.00207.

Scian, B. (1997) “*Comparación entre el Índice de Precipitación Estandarizado y otros Índices Hidrológicos para la Región Pampeana*”. *Meteorológica*. Centro Argentino de Meteorólogos. Volumen 22(2):37-47.

Seiler, R., Hayesm M. and L. Bressan.(2002). “*Using The Standardized Precipitation Index For Flood Risk*” Monitoring. International Journal Of Climatology Int. J. Climatol. 22: 1365–1376.

Skansi, María, Núñez S. E., Podestá G. P., Veiga H. y Garay N. (2009)“*La sequía del año 2008 en la región húmeda argentina descripta a través del Índice de Precipitación Estandarizado*”.X Congreso Argentino de Meteorología.

Thom, H.C.S. (1966): “*Some Methods of Climatological Analysis*”. WMO Technical Note Number No. 8: 16-22.

Young, K.C. (1992): “*A Three-Way Model for Interpolating for Monthly Precipitation Values*”. Monthly Weather Review, 120: 2561-2569.

Wilhite, D. A. (2000) “*Drought as a natural hazard: Concepts and definitions, in: Drought: A Global Assessment*”, edited by Wilhite, D. A., Routledge, 3–18, 2000.

WMO (1975) “Drought and Agriculture”. Technical Note 138 WMO - N° 392

WMO (2009) “*Inter-Regional Workshop on Indices and Early Warning Systems for Drought - Lincoln Declaration on Drought Indices*” Lincoln, Nebraska, USA 8-11 December 2009.