

# Identificación y Caracterización de Sequías Hidrológicas en Argentina.

*Díaz, E.<sup>1</sup>; Heredia, A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Laboratorio de Hidráulica, FCEFyN, UNC.

<sup>2</sup>CETA, FCEFyN, UNC

E-mail: erica.b.diaz@gmail.com

RESUMEN: Para una adecuada planificación y gestión de los recursos hídricos es clave conocer tanto la distribución temporal como espacial de estos. Y las sequías son fenómenos de relativa complejidad que afectan el desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos en una misma región.

Existen varios motivos por los cuales el conocimiento sobre estos fenómenos es limitado. Uno de ellos es la escasez de suficientes datos hidrológicos y meteorológicos. En virtud de ello en este trabajo se abordó la identificación y caracterización de sequías desde el punto de vista hidrológico, con el fin de obtener el máximo aprovechamiento de las informaciones referidas a aportes anuales. Este estudio comprende un área de 13 cuencas hidrográficas argentinas (Río Colorado, Río Mendoza, Río San Juan, Río Ctalamochita, Río Anisacate, Río Xanaes, Río Suquía, Río Dulce, Río Juramento, Río Salado, Río Paraná, Río Bermejo y Río Pilcomayo).

El objetivo del presente trabajo ha sido identificar y caracterizar temporal y espacialmente sequías hidrológicas para evaluar la disponibilidad hídrica regional, que es una componente esencial en la planificación del agua.

El período de análisis seleccionado está comprendido entre los años 1906 y 2010. La metodología empleada responde a la definición de Yevjevich (1967), según la cual, dada una serie cronológica que representa la oferta de agua y otra la demanda, una sucesión de períodos en que la oferta no satisface la demanda puede considerarse como una sequía. La oferta se representó con las series de aportes anuales disponibles en las distintas cuencas, mientras que la demanda ha sido definida como caudales anuales para diferentes probabilidades de excedencia. Las sequías detectadas en cada zona han sido caracterizadas en cuanto a sus propiedades de duración, magnitud, intensidad media y máxima.

Se observó un marcado agrupamiento espacial y temporal de los periodos de excesos y déficit hídricos en la región de estudio.

## INTRODUCCIÓN

Las sequías son fenómenos naturales complejos y hasta hoy se conoce muy poco al respecto. Los impactos de estas tienen costos sociales, políticos y económicos importantes que afectan extensas áreas.

Sabiendo que son una condición natural intrínseca, la cual no se puede evitar que suceda, y teniendo en cuenta que es un fenómeno del cual se habla mucho y se sabe poco, resulta necesario el estudio de ellas para que la planificación sea en función de la disponibilidad del recurso hídrico y, así responder de la mejor manera cuando se den este tipo de fenómenos.

Uno de los motivos por los cuales el conocimiento que existe sobre estos fenómenos es aún limitado es la escasez de suficientes datos hidrológicos y meteorológicos. En virtud de ello en este trabajo se aborda la identificación y caracterización de sequías desde el punto de vista hidrológico, con el fin de obtener el máximo aprovechamiento de las informaciones referidas a aportes anuales, que generalmente poseen una mayor ventana de tiempo y espacio.

El identificar y caracterizar temporal y espacialmente sequías hidrológicas permite evaluar la disponibilidad hídrica regional, que es una componente esencial en la planificación del agua.

Las sequías identificadas en cada cuenca se caracterizan en cuanto a sus propiedades de duración, magnitud, intensidad máxima y media, usando parte de la metodología propuesta por Fernández Larrañaga (1997), y Yevjevich (1967). En cuanto al análisis espacial y temporal se apoya en un ordenamiento matricial con columnas correspondientes a la ubicación geográficas (de sur a norte) de las cuencas, y filas ordenadas cronológicamente; y se identifica con una escala de colores los distintos umbrales de sequía

Este estudio amplía y actualiza la identificación y caracterización de sequías en el Centro y Norte de Argentina (Díaz, 2013), agregando al estudio anterior la región de Cuyo y Noroeste (NOA) de Argentina. Así, el trabajo comprende un área de 13 cuencas hidrográficas argentinas. Las cuencas seleccionadas fueron: Río Colorado, Río Mendoza, Río San Juan, Río Ctlamochita, Río Anisacate, Río Xanaes, Río Suquía, Río Dulce, Río Juramento, Río Salado, Río Paraná, Río Bermejo y Río Pilcomayo.

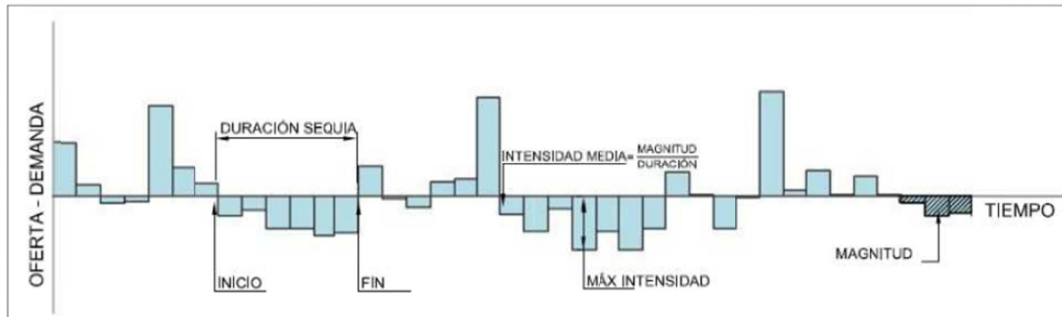
## METODOLOGÍA Y RESULTADOS

### *Identificación de Sequías*

Se consideran sequías hidrológicas aquellas referidas a déficits de caudales o volúmenes de aporte.

En el presente trabajo la caracterización de sequías hidrológicas se realiza en términos de déficit de aportes anuales, siguiendo una metodología de análisis de series de tiempo denominado análisis de sucesiones. El uso del análisis de sucesiones ha sido propuesto como un método objetivo para identificar los períodos de sequía y para la evaluación de las propiedades estadísticas de la misma. Esta metodología ha sido usada para el análisis y caracterización estocástica de las sequías desde que Yevjevich (1967) propusiera la definición de

eventos de sequía, Según esta "un evento de sequía es definido como el período durante el cual la variable indicadora de la disponibilidad de agua  $X_t$  (aportaciones, lluvia, humedad del suelo, etc.) se encuentra por debajo de un determinado umbral  $X_o$ ". Dicho umbral puede ser un valor fijo en el caso de series de tiempo anuales o un valor periódico para el caso de series de tiempo periódicas (Salas y otros, 1980).



**Figura 1** .- Serie cronológica de oferta menos demanda en un lugar para la identificación y caracterización de sequías según el método de sucesiones. Fuente: Fernández (1997) Modificada.

Este valor umbral o nivel de truncamiento puede ser la media o mediana de la serie de datos hidrológicos utilizados; una fracción de la media (Clausen y Pearson, 1995); un nivel definido (como la desviación estándar menos la media) o un valor equivalente a una probabilidad de excedencia dada (Fernández, 1997). En cualquier caso, el umbral debe ser elegido de tal manera que sea representativo de la demanda de agua (Tsakiris y otros, 2007). Para este estudio se eligió como valor umbral una probabilidad de excedencia del 60%. Ya que utilizar una probabilidad de excedencia permite caracterizar sequías en regiones no homogéneas climatológicamente (Fernández, 1997). La probabilidad de excedencia es la probabilidad de que un determinado valor sea superado. Para definir esta se armó la curva de permanencia de caudales correspondiente a cada cuenca de estudio y se fijó el umbral equivalente al 60% de probabilidad de excedencia.

Este análisis permite obtener parámetros útiles en la cuantificación de las sequías como son: la duración ( $L$ ); severidad o magnitud ( $M$ ) (suma acumulada de las diferencias entre el umbral y los valores de la variable), ubicación en tiempo absoluto (inicio y fin), la intensidad máxima ( $I_{max}$  definida como la máxima de las diferencias entre el umbral y las realizaciones que componen el evento) y la intensidad media ( $I_{media}$ , la relación entre la magnitud y la duración). Estos parámetros se observan en la Figura 1.

### *Zona de Estudio*

Las series de aportes analizadas corresponden a cuencas de la región Centro, Norte, Noa y Cuyo de la República Argentina que se indican en la Figura 2. Los ríos presentan características diferentes en cuanto a localización de la cuenca, módulo, área de aporte, y volumen de aporte anual. Estas se resumen en la Tabla 1.

La cuenca del Río Colorado comprende un área de 47.458,89 Km<sup>2</sup> (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2010), está comprendida por 4 eco regiones con relieve y régimen de precipitaciones muy variado, desde 100

a 600mm medios anuales. Es una cuenca pluvio nival. La cuenca del río Mendoza se ubica en el extremo noroeste de la provincia homónima y cubre una pequeña extensión del sur de la provincia de San Juan. Esta cuenca drena 90 Km. del frente de la cordillera de los Andes sobre un área aproximada a los 20.000 Km<sup>2</sup> para luego desembocar en las lagunas de Guanacache. Las aguas de este río provienen en su mayoría del deshielo. La cuenca del río San Juan se localiza en el sector centro-sudoccidental de la provincia de San Juan traspasando el límite interprovincial y abarcando un pequeño sector del norte de Mendoza. El río San Juan es el mayor tributario del río Desaguadero, el que forma parte del Sistema Río Colorado. régimen es nival de primavera-verano, y en los períodos de estiaje el curso queda reducido a diversos brazos que encierran pequeñas islas pedregosas que serán removidas en el período de crecida subsiguiente.

La cuenca del Río Ctlamochita, pertenece a la cuenca Carcaraña y es de carácter exorreico, terminando en la cuenca del Plata. Nace en las vertientes orientales de la Sierra Grande. En la actualidad el Río Tercero (Ctlamochita) se encuentra regulado por una cadena de reservorios artificiales. El río Xanaes se inicia por la confluencia de los ríos Anisacate y de Los Molinos, en el paraje situado a unos cinco kilómetros al noroeste de la localidad de Despeñaderos. Las variaciones estacionales son muy semejantes a las del río Suquía, con inflexiones más suaves y también con coeficientes por arriba del módulo, entre octubre y marzo; el pico corresponde al mes de enero. Los estiajes son más acentuados y abarcan el período junio/septiembre. El río Anisacate resulta de la unión de los ríos de la Suela y el San José. Atraviesa la Sierra Chica en una garganta estrecha como río retrogradante. La cuenca activa del río Anisacate presenta características parecidas a la de los Molinos. Recibe una precipitación media de 832 mm (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2010). Las variaciones estacionales se caracterizan también por aguas altas durante octubre - marzo, con valores por arriba del módulo. Presenta un pico en noviembre, luego un descenso en diciembre para lograr un máximo en enero. El Río Suquía posee una cuenca de aproximadamente 6.000 Km<sup>2</sup> cerca de Mar Chiquita y adquiere su nombre en el embalse San Roque. En el punto de estudio el área de la cuenca es de 1350 Km<sup>2</sup>. Las variaciones estacionales están definidas por la abundancia de aguas en el período octubre - marzo, con un coeficiente de caudal por arriba del módulo y un pico en diciembre. Las aguas bajas corresponden al invierno. Las variaciones de caudal se adaptan fielmente a las variaciones de las precipitaciones en la cuenca: frecuencia veraniega y escasez invernal.

La cuenca del río Pasaje - Juramento tiene sus nacientes en las cumbres de los nevados de Cachi y Acay, (4.895msnm) en la cordillera oriental. La cuenca alta y media se desarrolla dentro de la provincia de Salta. El río Juramento está regulado a través del Dique Embalse General Belgrano (Cabra Corral), de propósito múltiple. La cuenca del Río Bermejo forma parte de la Hoya hidrográfica del Plata y es junto con el río Pilcomayo es el principal afluente del río Paraguay. La Cuenca Alta del Río Bermejo se halla situada en el extremo NO de Argentina y extremo SSE de Bolivia. El período lluvioso se extiende entre los meses de noviembre a marzo y en él se concentra el 85% del total de la precipitación anual. La precipitación anual media varía desde 200mm en la parte oeste hasta 1400 mm en el centro de la Cuenca. La estación seca coincide con el período otoñal - invernal, en el que los meses de junio, julio y agosto tienen muy escasa o casi nula precipitación. El Pilcomayo es un río de montaña que tiene sus nacientes en los Andes Bolivianos

a más de 5000m de alturas snm, pasa en dirección NO-SE por las sierras subandinas. A lo largo de los tiempos geológicos el río fue depositando gran parte de los sedimentos que transporta sobre la planicie chaqueña, construyendo así un gran abanico fluvial. Las características de precipitaciones en la zona pueden resumirse como lluvias repartidas durante todo el año, valores inferiores a 100mm por mes entre junio y septiembre y mayores el resto del año. Los máximos se producen en general en marzo. Concentración estival de las lluvias a medida que se avanza hacia el Oeste con disminución de los valores absolutos.

La cuenca de aporte del Río Dulce comprende dos regiones. La primera es la región Superior, abarca las Provincias de Tucumán, Salta y Catamarca. Aquí el Río recibe el nombre Salí y sus principales afluentes bajan por las sierras Calchaquíes y del Aconquija. Luego, la región Inferior comprende un área de casi 22.000 km<sup>2</sup>, a partir de la entrada del Río a la Provincia de Santiago del Estero a través del Embalse Río Hondo. La subcuenca del Río Salí (Región Superior) presenta una precipitación promedio anual de 800 mm y se considera de clima húmedo. Mientras que la región inferior (desde Río Hondo hacia el Sur) presenta una precipitación media anual de 550 mm (actualizada al año 2004 en base a 25 estaciones pluviométricas) y se define como clima semiárido. En el punto donde se toma la serie de aportes corresponde a la cuenca alta del Río Dulce, que en definitiva es la cuenca del Salí. La cuenca del río Paraná en el punto de análisis (estación Corrientes) tiene un área de 1950000Km<sup>2</sup>. Esta cuenca es parte de la cuenca del Plata, una de los mayores del mundo. Se nota una escasez pluvial en invierno (jun-agos) en la mayor parte de la cuenca. Con lluvias intensas en verano, siendo más reducidas en el oeste y en las regiones situadas al norte del trópico de capricornio hasta el Planalto de Brasil. Hacia el sur se caracteriza por abundantes precipitaciones. La precipitación media anual es de 1200mm (1961-1990) (Paoli, y otros, 2000). El río Salado pertenece al complejo hídrico de la Cuenca del Plata. Las fuentes del río Salado surgen en las estribaciones orientales de los Andes dentro de la provincia de Salta: su fuente principal se encuentra en la llamada sierra de los Pasos Grandes, casi inmediatamente al sur del cerro nevado de Acay. Es un río de régimen pluvio-nival.

**Tabla 1.-** Resumen de características hidrológicas y geográficas de las cuencas analizadas.

Cuenca del Río	Estación			Altitud [msnm]	Área de Aporte [Km <sup>2</sup> ]	Módulo [m <sup>3</sup> /s]	Periodo
	Denominación	Latitud	Longitud				
Colorado	Buta Banquil	37°04'34,4"	69°44'48,1"	850	15300	150	1940-2013
Mendoza	Guido	32°54'55,0"	69°14'16"	1408	8180	46,2	1956-2013
San Juan	San Juan - Km 47,3	31°30'59,7"	68°56'24,6"	934	25660	65,2	1909-2013
Ctalamochita	Embalse	32°10'00,0"	64°23'00"	650	3300	27,1	1913-1984
Xanaes	Los Molinos	31°05'00,0"	64°30'00"	770	980	9,5	1936-2009
Anisacate	Santa Ana	31°40'00,0"	64°34'00"	900	465	4,83	1925-1980
Suquía	San Roque	31°22'00,0"	64°27'00"	650	1350	10	1950-2011
Dulce	Ruta Provincial 81	30°51'17,4"	60°16'55,9"	265	19700	82,2	1950-2009
Salado	Ruta Provincial 70	31°29'28,4"	60°46'50,0"	17	29700	137	1954-2012
Juramento	Cabra Corral	25°16'19,0"	65°19'47,0"	945	32885	29,5	1934-2013
Bermejo	Pozo Sarmiento	23°13'00,0"	64°12'00"	296	25000	446	1952-2013
Pilcomayo	La Paz	22°22'41,0"	62°31'21"	230	96000	237	1941-2013
Paraná	Corrientes	27°28'30"	58°49'60"	52	1950000	17189	1905-2013

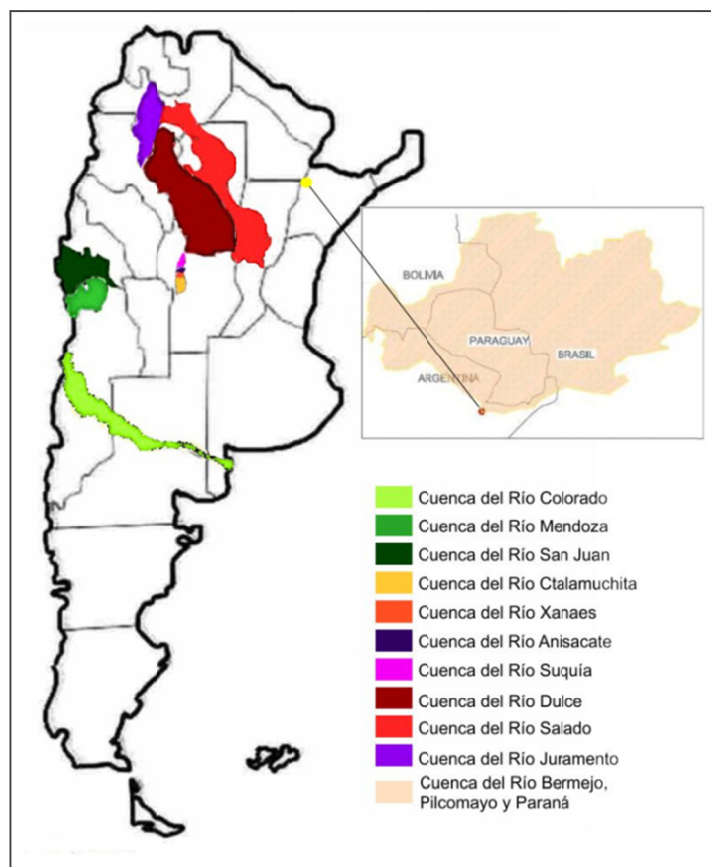


Figura 2.- Ubicación de las cuencas analizadas en el trabajo

A continuación se exponen los resultados obtenidos en la identificación y caracterización de las sequías para cada una de las cuencas. Ver las siguientes figuras.

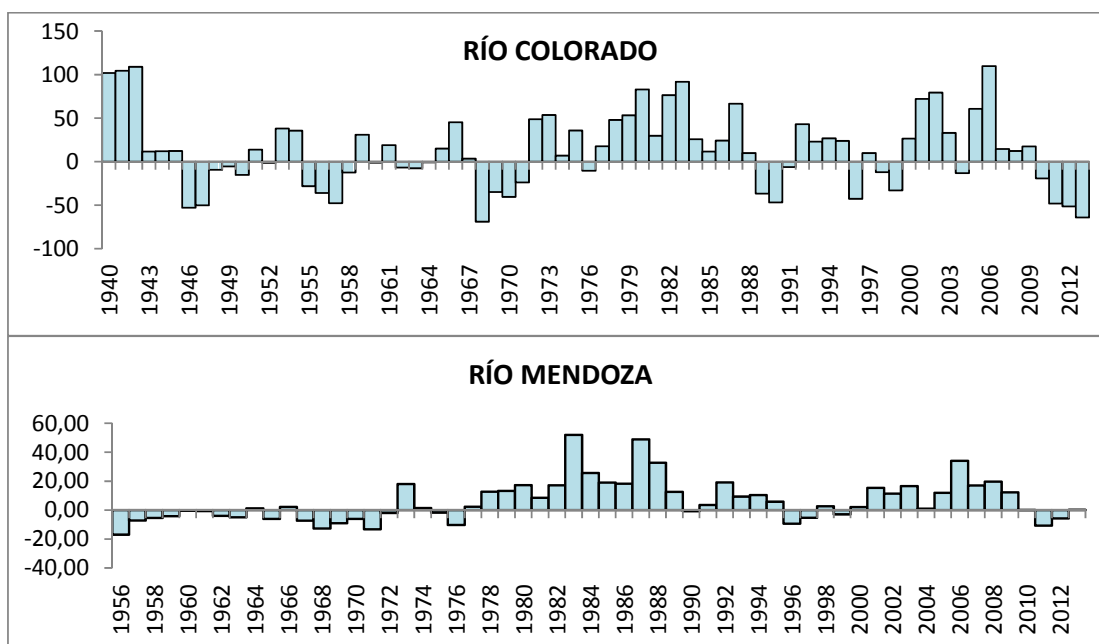


Figura 3.- Series cronológicas de oferta menos demanda. Demanda con probabilidad  $(X_{jt} > X_{jt}) = 0,6$ .

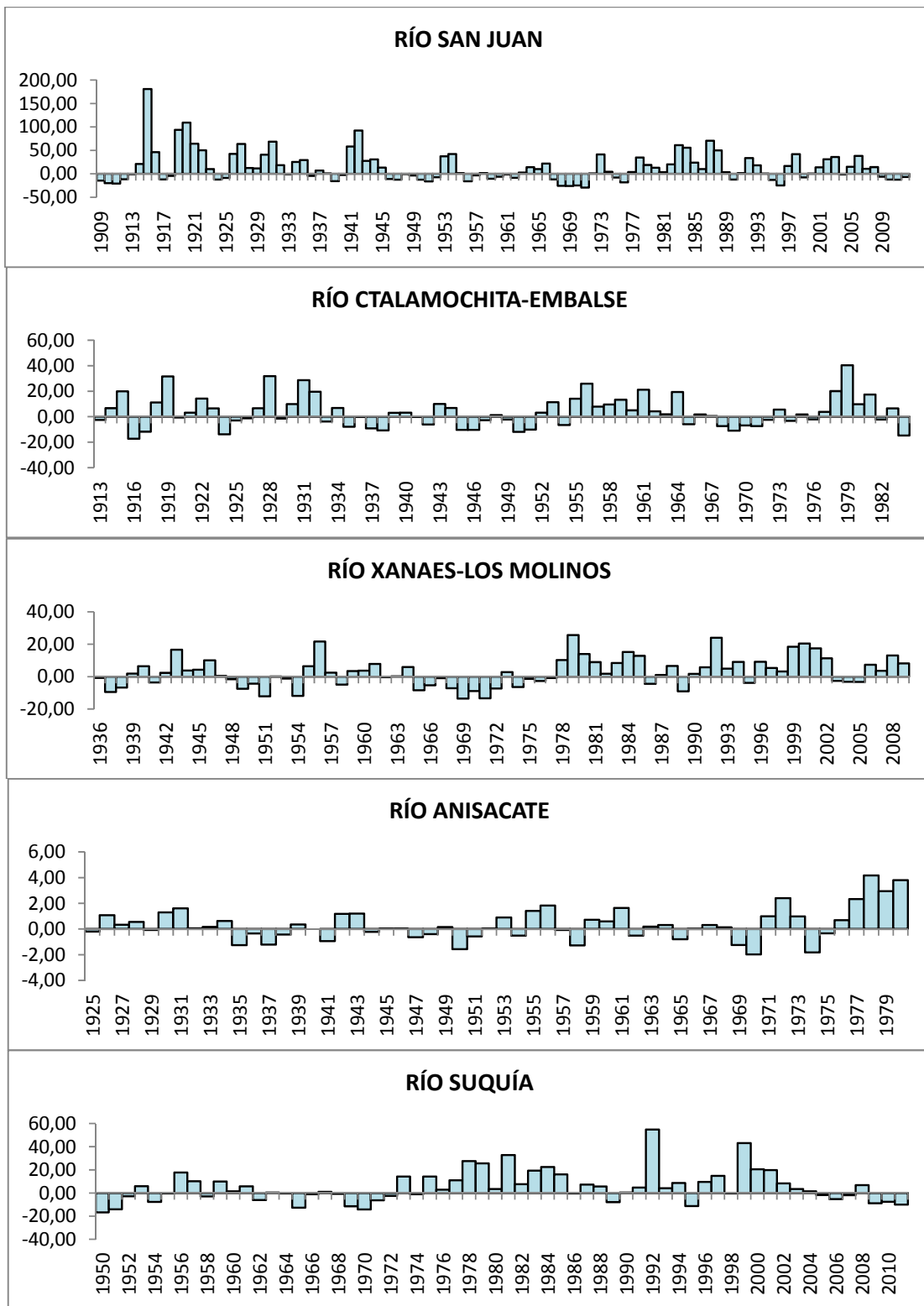


Figura 4.- Series cronológicas de oferta menos demanda. Demanda con probabilidad  $(X_{jt} > X_{jt}) = 0,6$ .

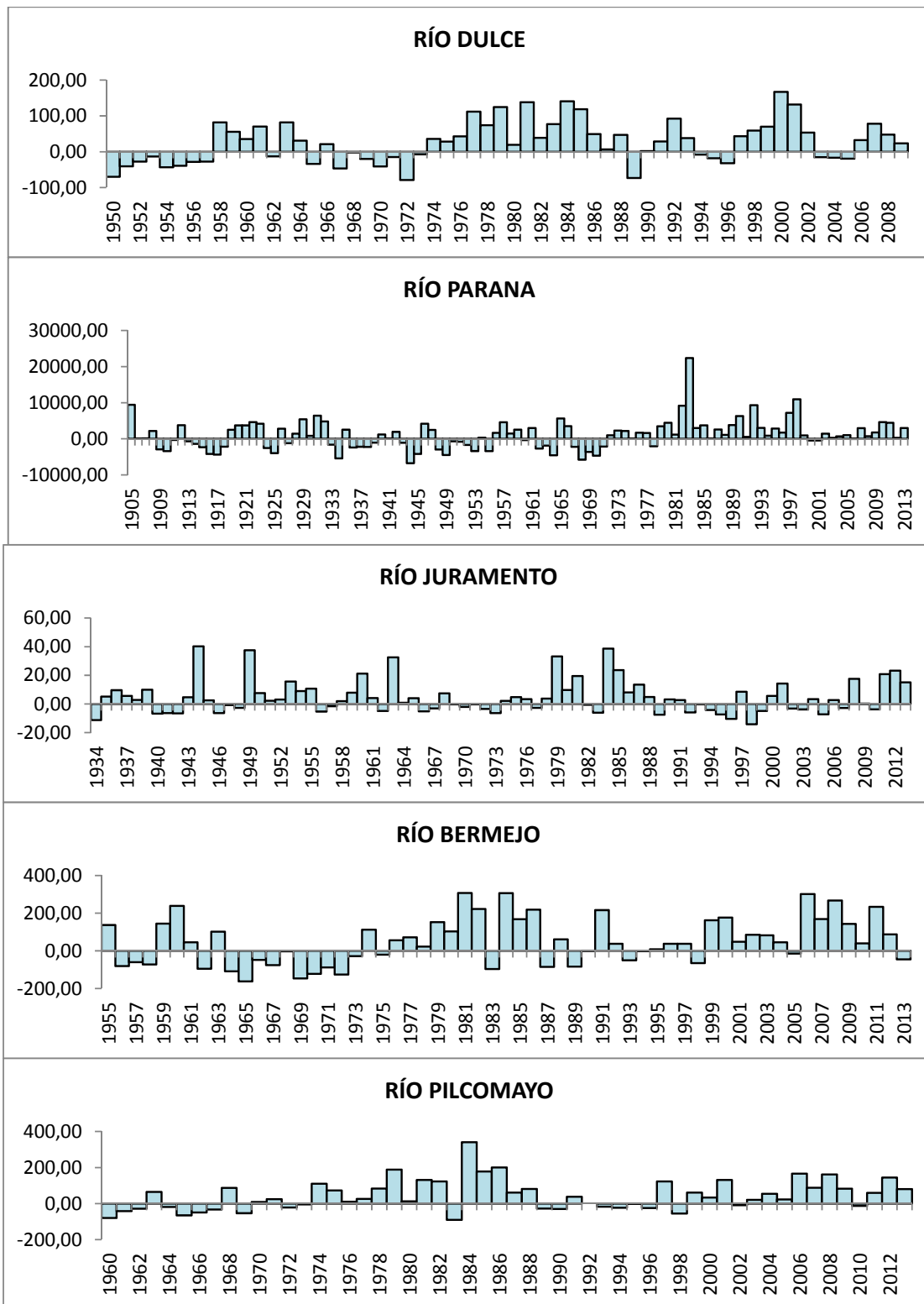


Figura 5.- Series cronológicas de oferta menos demanda. Demanda con probabilidad  $(X_{jt} > X_{jt}) = 0,6$ .

En la Figura 3, se puede ver que las épocas de sequías para el Río Colorado tienen una duración máxima de 5 años, ocurridas en los períodos 1946-1950, 1955-1958, 1968-1971, 1988-1991, 2010-2013. En la mayoría de los casos este defecto supera el valor del aporte medio. Para el Río Mendoza los períodos de sequía son de



una duración superior a dos años se dan entre 1956-1963, 1967-1972, correspondiendo la mayor duración al primer período: 8 años. En cuanto intensidad los defectos son de menor valor que los excesos. Comparando con el río Colorado ambas tienen un comportamiento parecido, con sequías importantes a partir de mediados de la década del '50, que alcanzan un mayor valor alrededor de 1970. El caso del Río San Juan los períodos de defecto de duración mayor a dos años son: 1909-1913, 1936-1940, 1946-1952, 1959-1962, 1967-1971, 1994-1996, 2009-2012. Al igual que en la cuenca anterior, en la figura 3 se ve un comportamiento similar al caso del río Colorado, en donde se dan importantes sequías alrededor de 1955 y finales de la década del '60.

En el Río Citalamochita las sequías no tienen una duración superior a 5 años. Las de mayor duración se dan en la década del '30, entre 1945 y 1951, y fines del 1968 hasta 1972, ésta última se da también en las cuencas anteriores. En el Río Xanaes se distingue una época de defecto de prolongada duración, superior a 5 años, comprendida en los años 1965 y 1972. También se dan otros períodos más cortos: 1936-1938, 1948-1951, 1974-1977, 2003-2005. La de mayor intensidad y magnitud es la de fines de la década del '60. En el Río Anisacate la sequía de mayor duración es de cinco años, que se puede ver en la figura 4. Se dio entre 1944 y 1948. En el año 1935 también se supera la demanda, hasta el año 1938. En el Suquia las épocas de defecto de caudales se da entre 1950 y 1952, 1968-1972, 2005-2007, 2009-2011. En 1989 y 1995 se registran sequías de importante intensidad, que superan el módulo de la cuenca. A partir del año 1972 las sequías son de menor magnitud. En el Río Dulce los períodos de sequía son de duración prolongada, alcanzando los 8 años. Se dan en los siguientes años: 1950-1957, 1967-1973, 1994-1996 y 2003-2005; El máximo defecto es aproximadamente 4 veces menos el módulo del río, y es 6 veces menor que el valor de la media de los aportes. Se da en el año 1972.

Para el Paraná hasta el año 1978 se dan los defectos de aportes de mayor valor, que superan a la media. La máxima duración de estos períodos es de 6 años, de 1913 a 1919 y 1948 a 1953; Fines de la década del '60 se da un período de sequía en común con los ríos mencionados anteriormente. En el Río Salado los períodos de sequía hasta el año 1973 son prolongados, se dan entre 1956 y 1958, 1967 a 1972. A partir de 1973 hasta 2003 sólo en tres años (1976, 1980 y 1996) hay un defecto en los aportes, cuyos valores son mucho menores que los excesos registrados. Para el Río Juramento los años en donde hay defecto de caudales son: 1934, 1940-1942, 1946-1948, 1956-1960, 1966-1968, 1969-1974, 1983-1984, 1990, 1992-1996, 1999-2000, 2003-2003, 2005, 2007. La máxima duración de la época de sequía es de 5 años, según la figura 5. En el Río Bermejo desde 1964 a 1973 se dan períodos de sequías, en donde el defecto supera ampliamente la media, similar a lo que sucede en los ríos Juramento, Salado y Bermejo; En los años posteriores la duración de estos períodos es mucho menor, no superando los dos años. En el Río Pilcomayo los períodos de defecto: 1960-1962, 1966-1967, 1972-1973, 1983, 1989-1990, 1992-1996, 1998, 2002 y 2010; La máxima duración alcanzada es de 4 años. Similar al comportamiento de los ríos Juramento, Bermejo, Salado y Dulce, se producen sequías importantes entre la década del 60 y 62.

En la **Figura 6** se grafica cada una de las variables dividida por el aporte anual medio de cada cuenca. En ella se pueden distinguir los períodos más críticos de sequías para cada cuenca y el orden de magnitud de los

mismos (con respecto a la media de aportes anuales) para una demanda con 0,6 de probabilidad de excedencia.

En la gráfica de duración y magnitud se observa que las sequías más críticas se registraron a mediados de la década del 40' y en la década del 60'. Mientras que en las gráficas de intensidad media se identifican 3 periodos con valores críticos: 1933 a 1944; 1975 a 1982 y 1996 a 1997 y se observa que la sequías más crítica para la cuenca del Río Salado se da en el año 2012.

Se resalta que las sequías más severas en cuanto a duración y magnitud se han registrado antes de 1975.

Este quiebre en los años 1975/76 en la tendencia de los volúmenes aportados y derrames anuales coincide con el cambio en las condiciones medias de temperatura del Pacífico ecuatorial central de 1976/77 y la transición climática que afectó a más de 40 variables bioambientales del Pacífico y de las Américas, que son expresiones de la variabilidad “tipo” ENOS (El Niño / Oscilación Sur), (Campagnucci, 2008). Pero no se observa relación evidente con el fenómeno ENOS que es de similar signo espacial al “tipo” ENOS, pero de mayor frecuencia (fenómeno interanual de 2 a 6 años).

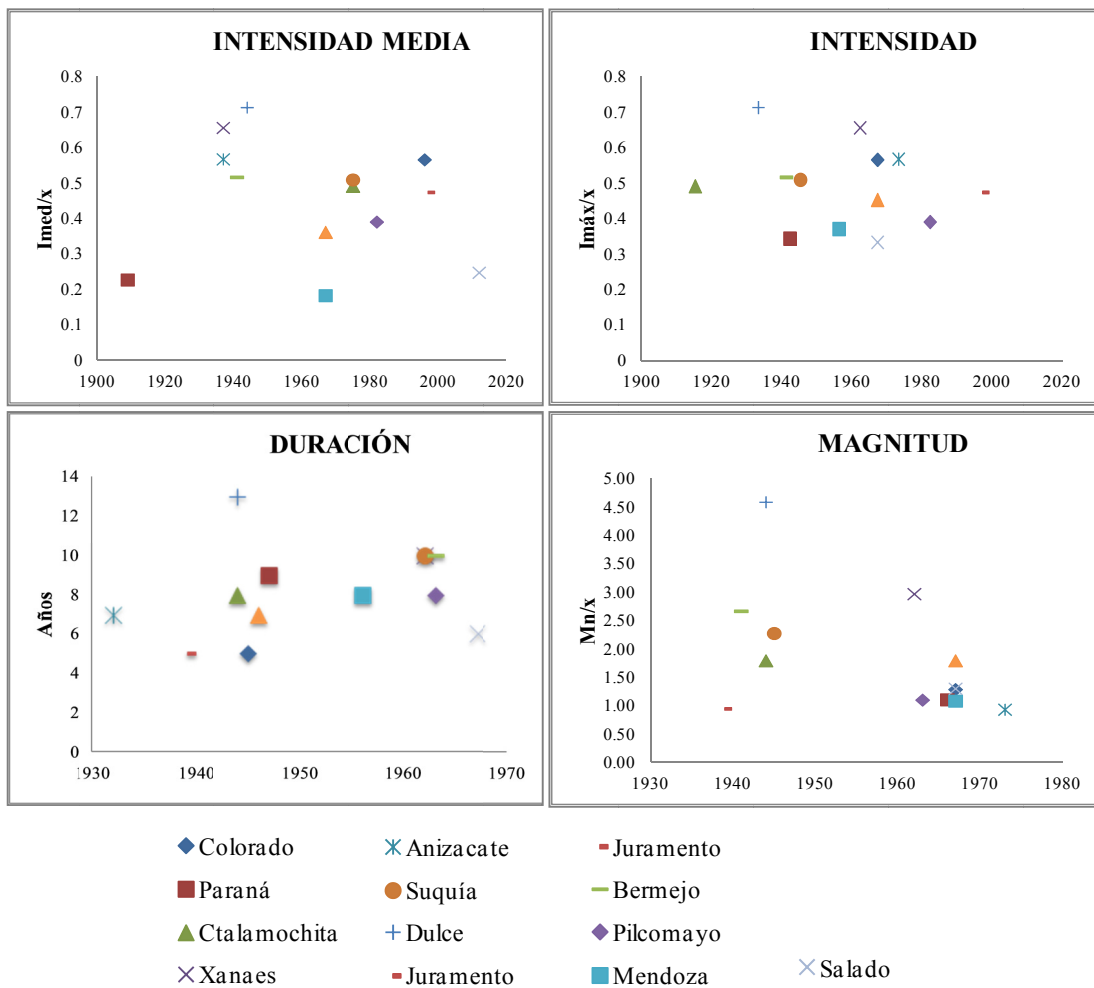


Figura 6.- Parámetros máximas para caracterización de sequías divididas por el aporte anual medio

### *Análisis espacial y temporal de las sequías hidrológicas*

El análisis espacial y temporal de las sequías se apoya en un ordenamiento matricial con filas correspondientes a la ubicación geográfica (de sur a norte) de las cuencas, y columnas ordenadas cronológicamente; y se identifica con una escala de colores correspondiente a los distintos umbrales de sequía. Los valores de cada unidad de la matriz se obtienen calculando en cada año la serie cronológica de la oferta disponible, la probabilidad de excedencia del aporte medio anual registrado.

$$\text{Probabilidad } (X_{jt} > x_{jt}) = \alpha \quad (1)$$

Siendo:

$X_{jt}$ : las series de aportes disponibles.

$x_{jt}$ : valor numérico del aporte anual observado en el año t en la cuenca j.

$\alpha$ : umbrales de probabilidad.

La matriz se armó con los siguientes umbrales:

$0,00 < \alpha < 0,20$  muy húmedo;

$0,20 < \alpha < 0,40$  húmedo;

$0,40 < \alpha < 0,60$  normal;

$0,60 < \alpha < 0,80$  seco;

$0,80 < \alpha < 1,00$  muy seco;

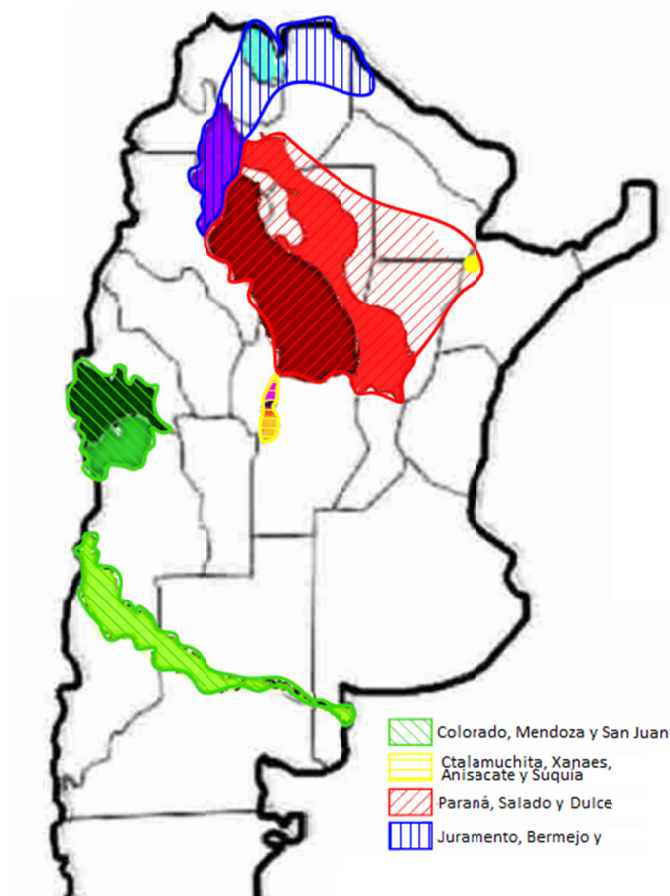
Observando la matriz de caracterización obtenida (Ver **Figura 8**), y los gráficos de las series cronológicas se pueden identificar ciertas regiones que tienen comportamientos similares. Éstas son:

Ríos Colorado, Mendoza y San Juan: presentan un período prolongado de sequía, entre el año 1955 hasta 1963; Entre 1978 y 1988 un período muy húmedo, y a partir de 2010 uno seco.

Ctalamochita, Xanaes, Anisacate y Suquía: las sequías de esta región se dan entre 1909 y 1938, 1947 y 1956 que coincide con la región del sur.

Juramento, Bermejo y Pilcomayo: las sequías ocurren entre 1940 y 1942, 1956-1958, 1962 (año de sequía en casi todas las regiones), 1964-1967, 1969-1973, 1983 (es la única región con sequía), 1993-1996.

Paraná, Salado y Dulce: las sequías se dan entre 1950-1956, 1967-1972.



**Figura 7:** Regiones con similar comportamiento

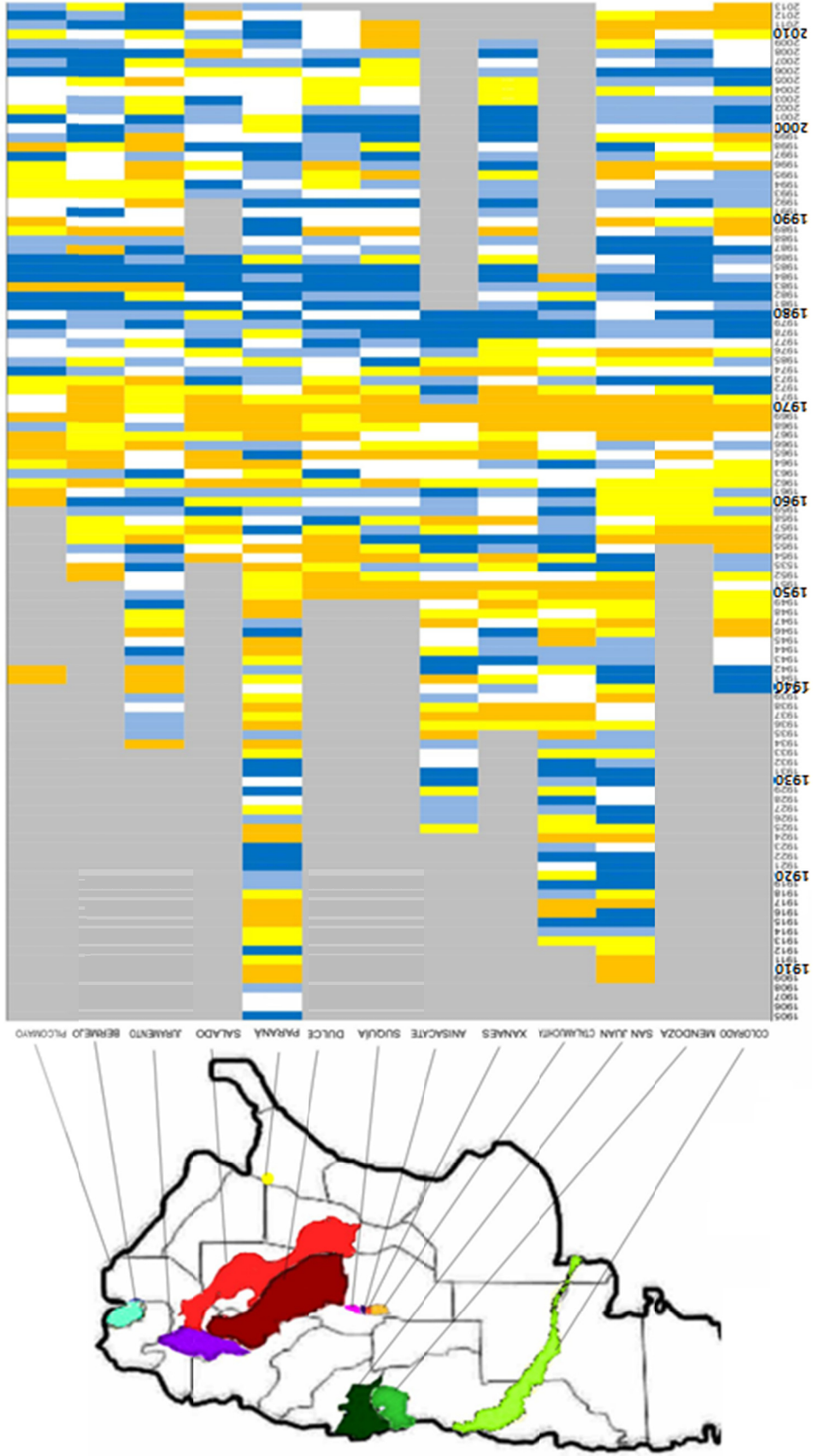


Figura 8.- Matriz de Caracterización de Sequías Hidrológicas en el Centro y Norte de la República Argentina

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la identificación y caracterización de sequías hidrológicas, indicaron que en la región de estudio (13 cuencas de la región Centro y Norte de la Argentina) existe un agrupamiento temporal y espacial muy marcado de los periodos de excesos y déficits. Se observó la ocurrencia de periodos prolongados de déficit hídricos, que se verificaron de manera simultánea en áreas de gran extensión espacial. Se detectó que las sequías más persistentes que experimentaron las 13 cuencas analizadas se registraron en las décadas del 40' y 60' (para una demanda del 60% de probabilidad de excedencia). Mientras que los periodos húmedos comunes se observaron a mediados de la década del 70'. Se evidenció un quiebre en este periodo entre una época seca y húmeda. Lo cual coincide con estudios anteriores que analizan cuencas del centro y norte de Argentina (Díaz y otros 2013).

A nivel espacial se identificaron 4 subregiones. Una compuesta por las cuencas de los Ríos Colorado, Mendoza y San Juan que presentan un período prolongado de sequía (entre el año 1955- 1963; 1978- 1988) un período muy húmedo, y a partir de 2010 uno seco). La segunda compuesta por las cuencas de los ríos Ctlamochita, Xanaes, Anisacate y Suquía. Las sequías de esta región se dieron entre 1909 y 1938, 1947 y 1956 (esta última coincidente con la región del sur). Una tercera compuesta por los ríos Juramento, Bermejo y Pilcomayo. Las sequías de esa subregión ocurrieron entre 1940 y 1942, 1956-1958, 1962 (año de sequía en casi todas las regiones), 1964-1967, 1969-1973, 1983 (es la única región con sequía), 1993-1996. La última conformada por las cuencas de los ríos Paraná, Salado y Dulce con las sequías entre 1950-1956, 1967-1972. En este aspecto se resalta la dimensión territorial que puede tomar una sequía hidrológica como las detectadas. Esta información es de relevancia para la gestión de los recursos hídricos ya que usos tales como el abastecimiento humano, el riego y la producción energética, entre otros, pueden ser seriamente afectados por la ocurrencia de manera simultánea de sequías severas en cuencas que aportan a una región y zonas vecinas.

La metodología empleada en la identificación y caracterización de sequías permitió realizar el análisis sobre una región relativamente extensa de Argentina, empleando registros hidrológicos en una ventana de tiempo de casi 100 años. Un próximo paso será correlacionar los distintos parámetros que caracterizaron a las sequías en el tiempo con los daños socioeconómicos que sucedieron en esas épocas a los fines de diseñar medidas preventivas para mitigar los efectos de estos importantes fenómenos hidrológicos.

## BIBLIOGRAFIA

Clausen, B. y Pearson, C. P. 1995. 'Regional frequency analysis of annual maximum streamflow drought, *Journal of Hydrology* N° 173 (111-130).

Compagnucci, R. H. y Agosta, E. A. 2008. La Precipitación de Verano en el Centro-Oeste De Argentina y los fenómenos interanual El Niño/Oscilación Sur (Enos) e Interdecádico "Tipo" Enos. *GEOACTA 2008* ( 97-103)

Díaz, E.; Rodriguez, A. Dölling, O.; Moya, G. Bertoni, J. y Hillman, G 2013. Análisis de Simultaneidad de Extremos Hídricos en el centro y norte de la RA. *Revista CETA*, N.2, FCEFYN,

Díaz, E. (2013). *Identificación y Caracterización de Sequías hidrológicas en el Centro y Norte de Argentina*. Tesis de Maestría en Cs de la Ingeniería. FCEFyN-UNC. Córdoba, Argentina.

Fernandez Larrañaga, B. (1997) Identificación y Caracterización de Sequías Hidrológicas en Chile Central. *Ingeniería del Agua*, 4- 37-46. España.

Salas, J., Delleur, J., Yevjevich, V., y Lane, W. 198). *Applied Modeling of Hydrologic Time Series*. Water Resources Publications. Littleton, Colorado U.S.A.

Subsecretaría de Recursos Hídricos 2010. “Cuencas y Regiones Hídricas Superficiales de la RA”. [CD]-Buenos Aires-SSRH,2010.-ISBN978-987-1797-05-9

Tsakiris, G., Loukas, D., Pangalou, H., Vangelis, H., Tigkas, D., Rossi, G., y Cancelliere, A. 2007. *Drought characterization*. Drought management guidelines technical. Capitulo 7, (85-102). Zaragoza.

Yevjevich, V. 1972. *Stochastic Processes in Hydrology*, Littleton, Colorado, WRP. USA