

# IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SEQUIAS HIDROLÓGICAS EN NORTE y CENTRO DE LA REPUBLICA ARGENTINA

Díaz E.<sup>1</sup>; Rodriguez A.<sup>1</sup>; Dölling O.<sup>2</sup>; Moya G.<sup>1</sup>; Bertoni JC.<sup>3</sup> Hillman G.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Depto. de Ing. Civil, UNSJ

<sup>3</sup>Departamento de Hidráulica, FCEFyN, UNC.

Av Filloy S/N, 0351-4334446, [erica.b.diaz@gmail.com](mailto:erica.b.diaz@gmail.com)

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es identificar y caracterizar temporal y espacialmente sequías hidrológicas en 10 cuencas del Centro y Norte de la República Argentina. Con el fin de avanzar en el conocimiento de la variación espacial y temporal de los recursos hídricos para así evaluar la disponibilidad hídrica regional, que es una componente esencial en la planificación del agua.

Las cuencas que se analizan son: la del Río Ctalamochita, Río Xanaes, Río Suquía, Río Dulce y Río Juramento (analizadas a través de los aportes a los Embalses: Río Tercero, Los Molinos, San Roque, Río Hondo y Cabra Corral, respectivamente). Y las cuencas del Río Colorado, Río Bermejo, Río Pilcomayo, Río Paraná, y Río Anisacate (analizados a través de los caudales medios anuales). El periodo de análisis es desde 1906-2010 y el largo de las series tiene longitud variable (entre 50 y 105 datos).

La metodología empleada responde a la propuesta planteada por Fernandez Larrañaga (1997), quien recurre 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 representa con las series de aportes anuales disponibles en las distintas cuencas, mientras que la demanda se define como caudales anuales para diferentes probabilidades de excedencia. Las sequías detectadas en cada zona se caracterizan en cuanto a sus propiedades de duración, magnitud, intensidad media y máxima. El análisis espacial y temporal de las sequías 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. Se observó un agrupamiento espacial y temporal de los periodos de excesos y déficit hídricos en la región. En la mayoría de los casos analizados se observó sequías de duraciones más largas y más intensas hasta mediados de las década del 70, y después de este período disminuyen su duración y frecuencia.

Palabras Claves: Sequías - Aportes Anuales – Planificación – Recursos Hídricos

## INTRODUCCIÓN

Una adecuada planificación del uso y manejo del recurso hídrico requiere principalmente, la toma de conciencia de que “el agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente” (Tratado de Dublin, 1992).

En las etapas de planificación y gestión se debe tener en cuenta la incertidumbre asociada a la demanda y oferta de los recursos hídricos disponibles. En este aspecto es clave conocer el comportamiento de estos en el tiempo y espacio para la toma de decisiones e identificación de la fragilidad de los sistemas de una misma región. Las situaciones de extremos hidrológicos, periodos de excesos como escasez de agua, son las que ponen en vulnerabilidad al sistema, y para las cuales las obras de ingeniería deben dar soluciones.

Las sequías son fenómenos de relativa complejidad que afectan de manera importante el desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos en una región (Fernandez Larrañaga, 1997), y sobre los cuales se conoce poco por varios motivos, uno de ellos es la insuficiencia de datos hidrológicos y meteorológicos. Es por tal, que en este trabajo se abordará la identificación y caracterización de sequías desde una concepción hidrológica, con el fin de obtener la mayor ventana de tiempo y espacio usando datos de aportes anuales de 10 cuencas del Centro y Norte de la República Argentina (RA).

Las cuencas seleccionadas corresponden a los sistemas hidrológicos de la provincia de Córdoba (Ctalamochita, Xanaes, Anisacate, Suquía) y los más grande de la franja centro norte de la RA (Dulce, Juramento, Bermejo y Pilcomayo). También se agrego como límite al sur la cuenca del Río Colorado y al este la del Río Paraná.

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.

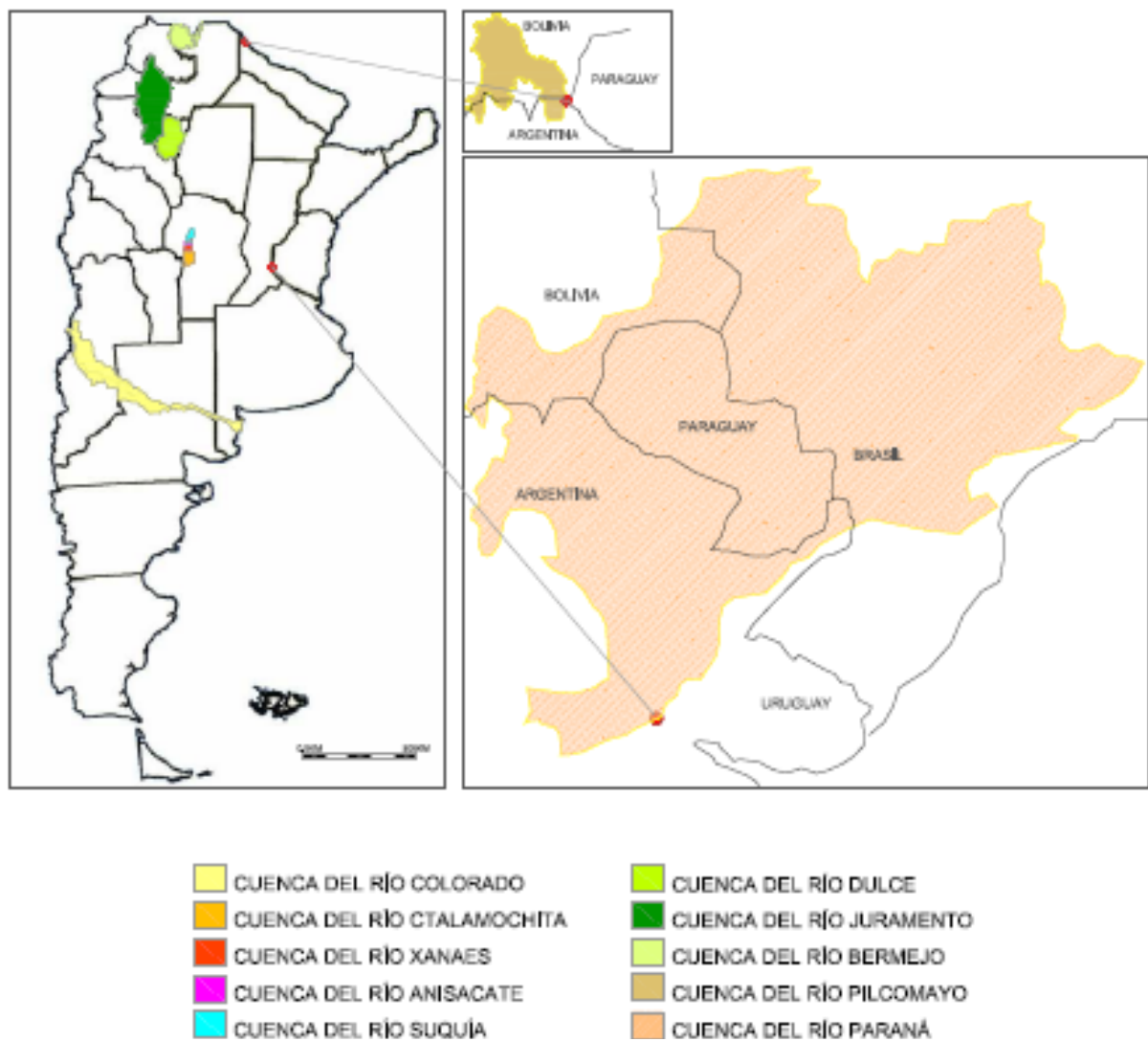
## METODOLOGÍA

Se consideran sequías hidrológicas aquellas referidas a déficits de caudales o volúmenes de aporte. Las series de aportes analizadas corresponden a cuencas de la región centro y norte de la República Argentina que se indican en la Figura 1. 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 está comprendida por 4 ecorregiones con relieve y régimen de precipitaciones muy variado, desde 100 a 600mm medios anuales. Es una cuenca pluvio-nival. El río Paraná en el punto de análisis (estación Los Timbués) trae los aportes de la casi totalidad de la cuenca del Plata. El Paraná superior se encuentra en Brasil, lo caracteriza la presencia de altiplanos escalonados y su ancho es variable, es un río con un alto grado de regulación. Luego de unirse con el Paraguay, el río desciende con leve pendiente hasta la desembocadura y disminuye su ancho. En el tramo medio e inferior, el cauce principal presenta numerosas islas, diseminadas a lo largo del curso. Las cuencas de los Ríos de Córdoba se encuentran en una zona serrana, y dada la dispersión geográfica de los cordones, el clima es muy variado, con mayores precipitaciones orográficas en las

laderas orientales. Esto sumado a la variedad de temperaturas por la altura, origina el clima serrano, caracterizado por zonas húmedas en un entorno semiárido. La cuenca del río Dulce en la zona de que se analizó se caracteriza por tener una precipitación media anual de aproximadamente 800mm con una subregión con valores medios mayores a 1000mm, por lo que se la puede considerar climáticamente húmeda. Estas lluvias están distribuidas irregularmente en el espacio y en el tiempo.

El Río Juramento nace con la confluencia de los ríos Arias y Guachitas (Provincia de Salta). Los afluentes superiores de esos dos ríos tienen sus orígenes en la vertiente oriental de la precordillera de los Andes a más de 4.500 m de altitud. La cuenca del río Arias presenta un régimen de precipitaciones abundante e irregular y el del Río Guachipas las precipitaciones son bajas, convirtiéndola en una zona árida. La cuenca del Río Bermejo forma parte de la Hoya hidrográfica del Plata y es junto con el río Pilcomayo el principal afluente del río Paraguay. La estacionalidad e intensidad de las precipitaciones (900mm anuales) en la alta cuenca, que se concentran en verano, influyen sobre el grado de erosión. La cuenca del Río Pilcomayo en el sector analizado es un río que escurre por una planicie aluvial, formada por sedimentos poco consolidados que han sido depositados y transportados. Una característica del río es el desborde y la sobre elevación permanente de su lecho por la deposición de los sedimentos transportados.



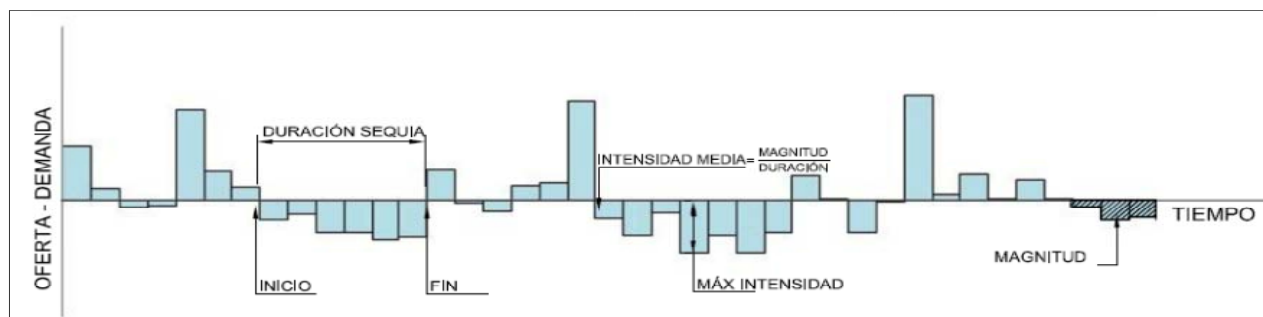
**Figura 1.-** Ubicación de las cuencas analizadas.

**Tabla 1.-** Resumen de las Características hidrológicas y geográficas de las Cuencas analizadas

Cuenca del Río	Estación			Altitud [msnm]	A de Aporte [KM2]	Módulo [m3/seg]	Volumen de Aporte medio Anual [HM3]	Período
	Denominación	Lat	Long					
Pilcomayo	La Paz	22°22'38.60"	62°31'23.29"	230	96000	237	6749,2	1961-2009
Bermejo	Pozo Sarmiento	23°13'58.13"	64°12'35.08"	296	25000	446	11790,4	1941-2009
Juramento	Cabra Corral	25°16'19.0"	65°19'47.0"	945	32885	29,5	931	1934-1967
Dulce	La Escuela	27° 30' 00.0"	64° 51' 00.0"	265	19700	82,2	3484,8	1926-2009
Suquia	San Roque	31° 22' 00.0"	64° 27' 00.0"	650	1350	10	353,6	1926-2009
Xanaes	Los Molinos	31° 05' 00.0"	64° 30' 00.0"	770	980	9,5	321,2	1937-1998
Anisacate	Santa Ana	31°40'00.0"	64°34'00.0"	900	465	4,83	152	1954-1980
Ctalamochita	Embalse	32° 09' 60.0"	64° 23' 00.0"	650	3300	27	858,5	1926-1982
Paraná	Los Timbues	32°39'30.0"	60°43'50.0"	12	2346000	15171	487303,43	1906-2010
Colorado	Pichi Mahuida	38°49'17.90"	64°58'53.20"	122	22300	148,3	4102,45	1918-2010

### Identificación Y Caracterización De Sequías

Este estudio se enfoca en la identificación y caracterización de sequías hidrológicas en términos de déficit de aportes anuales, siguiendo una metodología de análisis de series de tiempo denominado análisis de sucesiones. Esta ha sido utilizada por muchos investigadores como Yevjevich (1972), Fernández Larrañaga (1997), Tallaksen y otros (1997). Surge del concepto de sequía que plantea Yevjevich (1967), según el cual dada una serie cronológica que representa la oferta de agua “Yi” y otra la demanda “Yo”, una sucesión de periodos en que la oferta no satisface la demanda puede considerarse sequía. Este análisis permite obtener parámetros útiles en la cuantificación de las sequías como son la duración, severidad, ubicación en tiempo absoluto (inicio y fin), la intensidad máxima y media. Estos parámetros se observan en Figura 2.



**Figura 2.-** Serie cronológica de oferta menos demanda en un lugar para la identificación y caracterización de sequías según el método de sucesiones.

El principal elemento que define los parámetros anteriores es el valor umbral o de truncamiento “Yo” que puede ser una constante o una función del tiempo (Panu y Sharma, 2002).

En este trabajo se considera oferta de agua a los aportes anuales registrados en las distintas cuencas de estudio “Yi”. Y demanda “Yo” se la define como un valor de los aportes anuales (oferta de cada cuenca analizada) que representa una determinada probabilidad excedencia.

Es decir que tendríamos un año seco cuando:

$$Y_o \geq Y_i$$

Y la demanda será tal que:

$$Probabilidad(Y_i \geq Y_o) = \alpha$$

La selección de un valor de demanda, o truncamiento, ligado a la probabilidad de excedencia de la serie de oferta permite uniformar las condiciones de sequía en una región climatológicamente no homogénea. Ya que se incorpora el nivel de los recursos disponibles en cada zona y la variabilidad de la oferta. De esta manera, dado un nivel  $\alpha$  existe la misma probabilidad de que se observe una sequía en cualquier punto de la región. Si se considera como nivel de truncamiento, para la definición de sequías, un porcentaje del recurso promedio habrá lugares en los cuales ocurren sequías frecuentes mientras en otros son inexistentes, dependiendo de la varianza estadística de la serie de oferta en cada lugar. Lo cual hace más complejo el análisis regional en zonas extensas no homogéneas (Fernández Larrañaga, 1997). A continuación se expone el análisis de series de sucesiones de los aportes anuales de las cuencas. Ver Figuras 3 y 4. En cada gráfica se representan los periodos de sequías y excesos como Yi-Yo. Donde Yo es un umbral que representa un nivel de demanda equivalente a los aportes medios anuales con probabilidad de excedencia de 0,5.

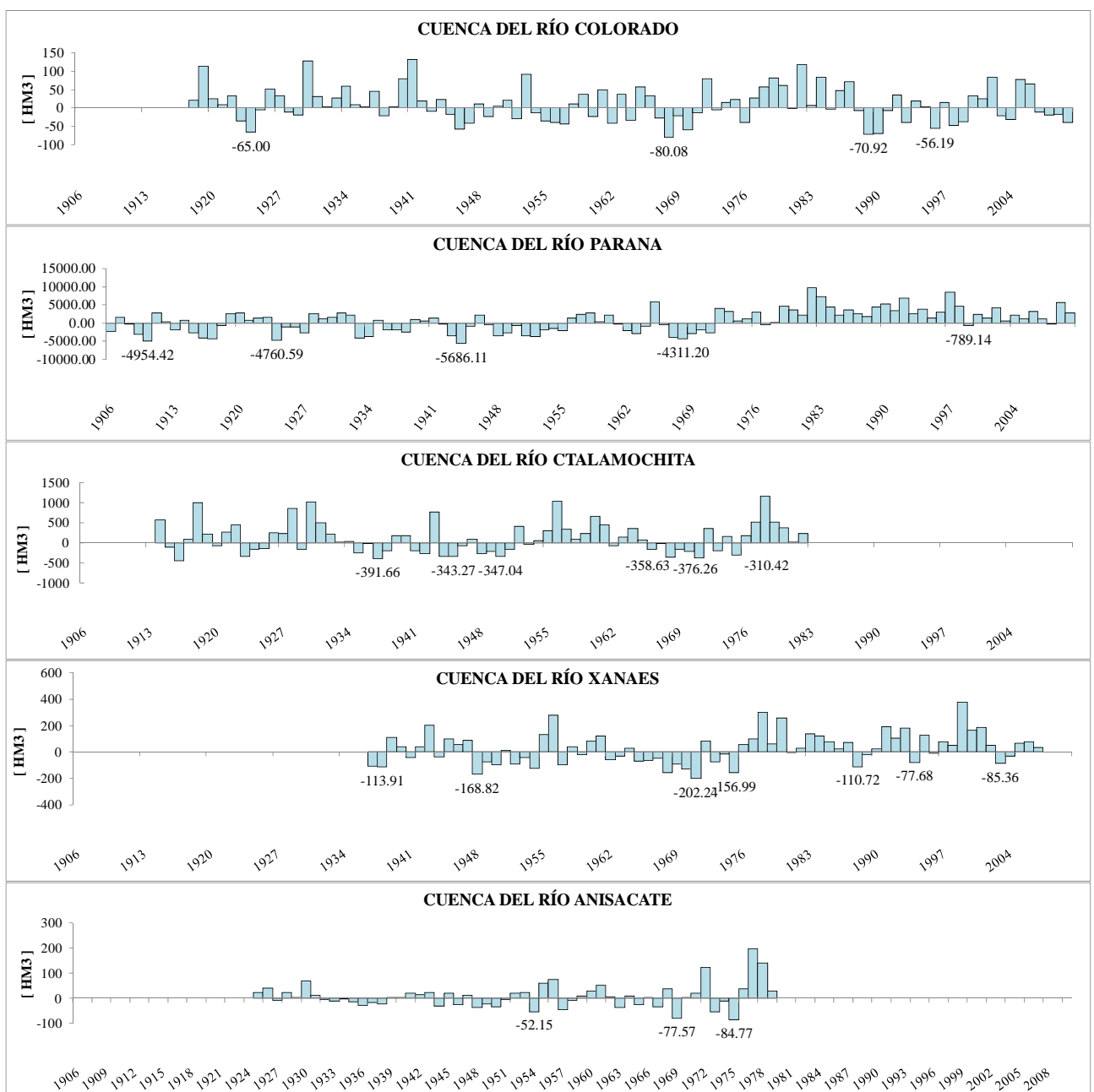
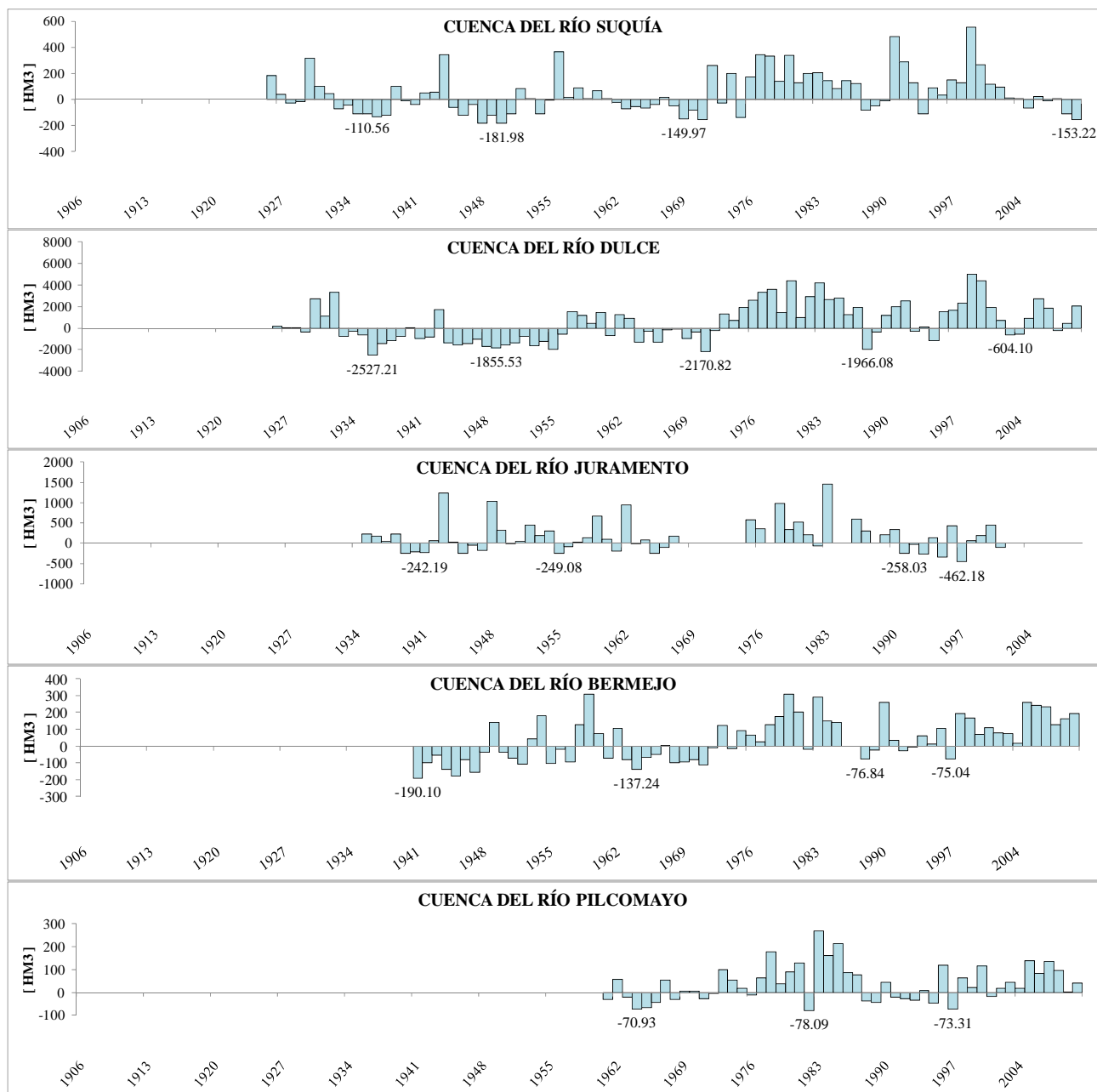


Figura 3.-Series cronológicas de oferta menos demanda. Demanda con Probabilidad( $Y_i \geq Y_o$ ) = 0,5



**Figura 4.-Series cronológicas de oferta menos demanda. Demanda con Probabilidad( $Y_i \geq Y_o$ ) = 0,5**

Para cada una de las cuencas se identifican los distintos parámetros que caracterizan a las sequías como duración, magnitud y la intensidad máxima y media. La variable intensidad, relacionada con las necesidades de trasvase, puede entenderse como el máximo caudal extra que sería necesario aportar a la cuenca durante el mes de mayor déficit para satisfacer la demanda en un análisis a nivel mensual. La variable magnitud, compara el volumen total necesario para superar una condición de sequía. Se puede expresar como una proporción de los aportes anuales en cada cuenca, y refleja el volumen de agua que sería necesario tener almacenado para sobrepasar las peores condiciones de sequía observadas. La intensidad media (relación entre la peor magnitud y media de la serie de aportes) indica el grado de severidad de la sequía en esa cuenca.

Puede observarse en la Figura 3 que la cuenca del Río Colorado presenta una sequía en el año 1967 de 5 años de duración la cual coincide con las sequías hidrológicas detectadas en la zona central de Chile (Fernández Larrañaga, 2007). Esta sequía ha sido la más severa en cuanto a magnitud e intensidad máxima y no se han registrados eventos semejantes en la última década. Sin

embargo en el año 2009 la provincia de Río Negro (junto a las provincias de Buenos Aires, Santa Fé y Corrientes) ha tenido las mayores pérdidas económicas a causa de sequías en el sector ganadero y agrícola (InformCampo, 2009). Este evento representa la cuarta parte del peor evento observado en la serie de estudio.

En 1999 Itaipú, (represa hidroeléctrica ubicada sobre el río Paraná en los países limítrofes de Paraguay y Brasil) la capacidad de generación se vio reducida (Barros, y otros, 2006). En la cuenca del Río Paraná este evento representa la séptima parte a la máxima intensidad registrada en la cuenca. La ciudad de Córdoba en el año 2009 declara alerta amarilla por crisis hídrica (LaVozdelInterior, 2011) y en el año 2011 los productores de verduras declaran pérdida económica en 20 millones de pesos por sequía (LaVozdelInterior, 2011). Estos eventos en la Cuenca del Río Suquía son del orden del 80% de los máximos sucedidos en 1950.

Lo anterior pone en evidencia que en la última década los eventos de sequía han impactado en la sociedad con pérdidas económicas en la actividad productiva del suelo, energía y abastecimiento de agua potable. Y se resalta que estos eventos no han sido del orden de magnitud de los máximos registrados antes de 1975.

En la Tabla 2 se resumen los máximos valores observados de cada variable para cada una de las cuencas con una demanda equivalente al 50% de probabilidad de excedencia.

**Tabla 2.-** Máximos parámetros identificados para cada una de las cuencas.

Cuencas	Año	Intens. Máx	Año	Duración	Año	Magnitud	Año	Intens. Media
Colorado	1967	-80.08	1945	6	1967	-201.76	1996	-56.19
Parana	1942	-5686.11	1947	9	1947	-20614.27	1933	-3997.78
Ctalamochita	1915	-450.92	1944	8	1944	-1752.69	1975	-310.42
Xanaes	1962	-202.24	1962	10	1962	-848.81	1937	-110.02
Anisacate	1973	-84.77	1932	7	1973	-146.95	1937	-110.02
Suquía	1945	-181.98	1962	10	1945	-816.56	1975	-135.17
Dulce	1933	-2527.21	1944	13	1944	-18030.19	1944	-1386.94
Juramento	1997	-462.18	1939	3	1939	-707.02	1997	-462.18
Bermejo	1941	-190.10	1963	12	1941	-931.80	1941	-116.48
Pilcomayo	1982	-78.09	1963	4	1963	-199.07	1982	-78.09

Se destaca que los eventos de sequías de mayor duración y magnitud ocurrieron antes de 1975 para todas las cuencas. Mientras que la intensidad máxima registrada ocurrió antes de 1973, excepto las cuencas de los ríos Juramento y Pilcomayo. En cuanto a la intensidad media se observa que en las cuencas de los Ríos Colorado, Juramento y Pilcomayo sucedió después de 1975.

En la Figura 5 se grafica cada una de las variables dividida por el aporte anual medio de cada cuenca. En ella se pueden distinguir los periodos 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 0,5 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. No se observa que tengan correlación espacial. En la gráfica de intensidad máxima se puede apreciar que para las mayorías de las cuencas, excepto la del Paraná, Juramento y Pilcomayo, los valores

máximos registrados son superiores a 0,5 veces el orden de magnitud del aporte anual medio. La máxima intensidad es el máximo déficit al cual puede estar expuesta la cuenca ante una determinada demanda. Conocer este parámetro permitiría planificar el sistema de tal forma de enfrentar los eventos críticos que han sucedido en la historia.

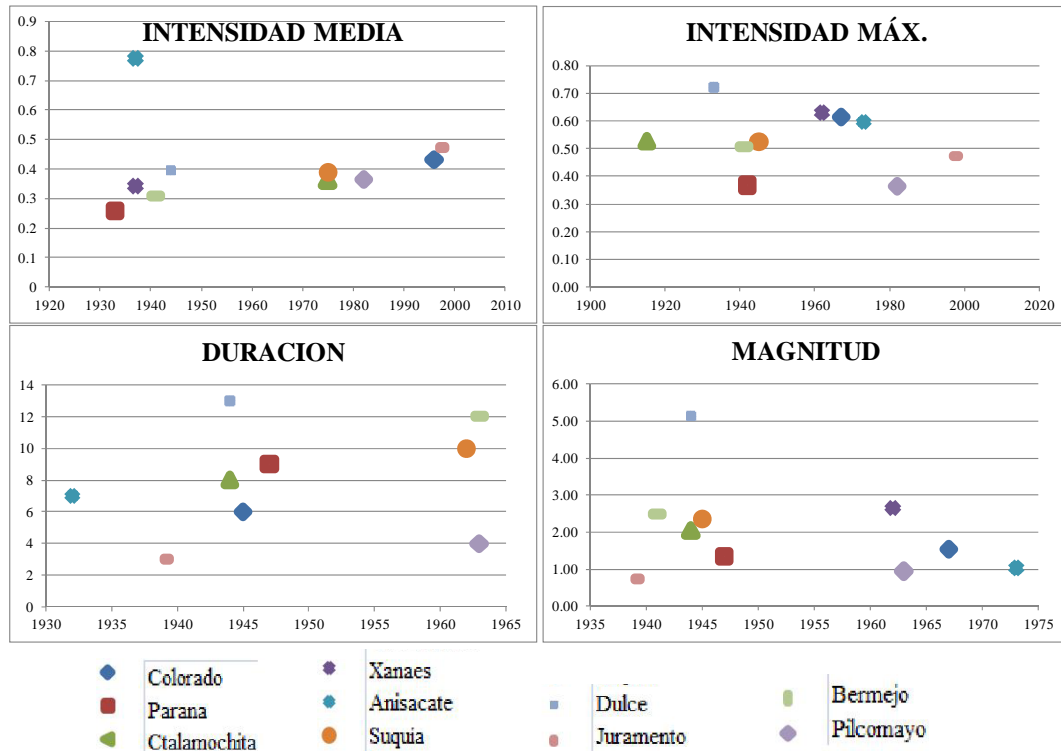


Figura 5: Parámetros máximas para caracterización de sequías divididas por el aporte anual medio.

### Análisis Espacial y Temporal de las Sequías

El análisis espacial y temporal de las sequías 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. Ver Figura 6. Los valores de cada unidad de la matriz se obtienen calculando en cada año de la serie cronológica de la oferta disponible, la probabilidad de excedencia del aporte medio anual registrado.

$$Probabilidad(Q_{jt} > q_{jt}) = \alpha$$

Siendo:

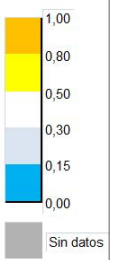
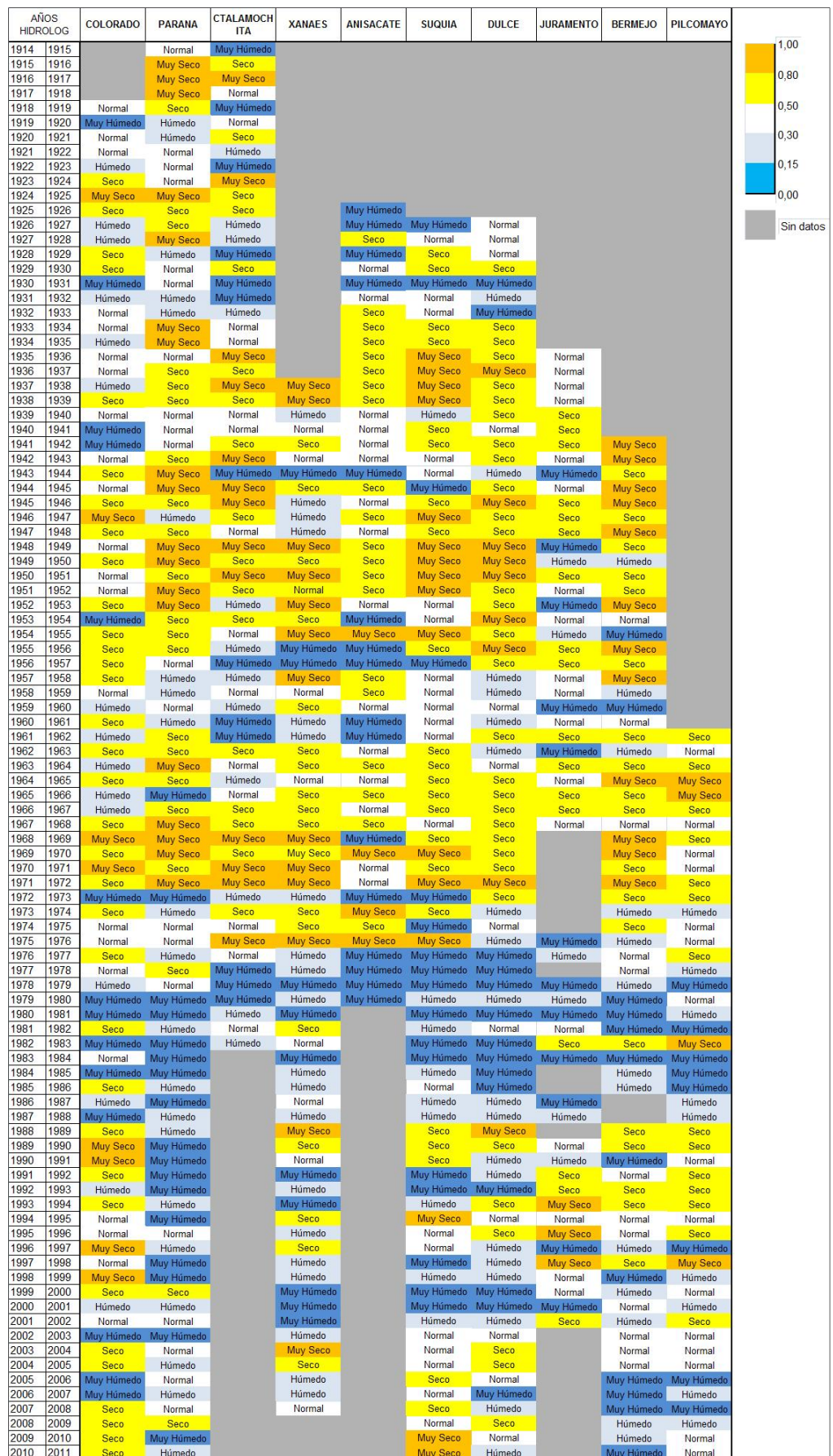
$q_{jt}$ : valor del aporte anual observado en el año t en la cuenca j.

$\alpha$ : distintos umbrales de probabilidad.

De esta forma se da una visión general de las características espacio temporales de los recursos superficiales relacionadas con su disponibilidad, y por lo tanto con las sequías en cuanto a su aleatoriedad (Fernández Larrañaga, 1997).

0,00 < $\alpha$ < 0,15	muy húmedo;
0,15 < $\alpha$ < 0,30	húmedo;
0,30 < $\alpha$ < 0,50	normal;
0,50 < $\alpha$ < 0,80	seco;
0,80 < $\alpha$ < 1,00	muy seco;





**Figura 6.-** Identificación de sequías en base a la distribución espacio temporal de la probabilidad de excedencia de la oferta anual de recursos hídricos en todas las cuencas de análisis

Es importante observar cómo se agrupan temporal y espacialmente los años de déficit hídricos, de manera de conocer el fenómeno de las sequías y sus características. Ya que esto permitirá adoptar medidas concretas en la planificación de los recursos hídricos superficiales.

En la Figura 6 se puede identificar que la década del 30' todas las cuencas que cuentan con datos (Colorado, Paraná, Ctalamochita, Xanaes, Anisacate, Suquía y Dulce) padecen un periodo de sequía, a excepción de la cuenca del Río Colorado. Luego a mediados de la década del 40' y 60', todas atraviesan una sequía persistente. Y en la década del 90' las cuencas de la zona norte (Dulce, Juramento, Bermejo y Pilcomayo) padecen el mismo suceso. A partir de 1976 se observa un periodo húmedo para todas las cuencas.

En la tabla 3 se observan los coeficiente de autocorrelación de lag 1 ( $\rho_1$ ) de cada cuenca y se comparan con la duración de las sequías identificadas en la década del 40' y 60'. Se observa que las cuencas con mayor coeficiente presentan sequías más prolongadas en el tiempo.

**Tabla 3.-** Coeficientes de autocorrelación de la lag 1 ( $\rho_1$ ) y duración de sequías de la década del 40' y 60'.

Cuencas	Suquía	Xanaes	Anisaca Te	Ctalamochita	Dulce	Colorado	Juramento	Paraná	Bermejo	Pilcomayo
$\rho_1$	<b>0.40</b>	0.19	0.21	0.23	<b>0.61</b>	0.16	-0.03	<b>0.53</b>	<b>0.48</b>	0.21
Sequía 40'	11	7	8	8	13	6	3	9	8	
Sequía 60'	11	10	6	7	9	5	4	6	10	4

Se contabilizaron los periodos comunes de déficit, excesos y normales de las distintas cuencas a los fines de observar que porcentaje de tiempo atraviesan la misma condición. Esto se resume en Tabla 4. Dicha tabla indica el grado de fragilidad de los sistemas de una misma región para complementarse ante eventos de sequías. Un porcentaje alto refleja mayor simultaneidad de eventos comunes y menor capacidad de complemento. Además si se observan los porcentajes mayores al 50% se pueden identificar regiones entre las cuencas analizadas. Esto es de gran utilidad para analizar la extensión espacial de los eventos de sequía, y caracterizar a menor escala el fenómeno.

**Tabla 4:** Porcentaje de tiempo en que las cuencas tienen comportamiento similar

Cuencas	Colorado	Paraná	Ctalamochita	Xanaes	Anisacate	Suquía	Dulce	Juramento	Bermejo	Pilcomayo
Colorado	100%									
Paraná	1918-2010 44%	100%								
Ctalamochita	1918-1982 48%	1914-1982 48%	100%							
Xanaes	1937-2007 44%	1937-2007 51%	1937-1982 67%	100%						
Anisacate	1926-1979 31%	1925-1979 45%	1926-1979 54%	1937-1979 72%	100%					
Suquía	1926-2010 47%	1926-2010 48%	1926-1982 54%	1937-2008 70%	1926-1979 52%	100%				
Dulce	1926-2010 41%	1926-2010 62%	1926-1982 63%	1937-2008 59%	1926-1979 46%	1926-2010 55%	100%			
Juramento	1935-2001 39%	1935-2001 30%	1935-1981 33%	1937-2001 30%	1935-1979 22%	1935-1982 42%	1935-2010 37%	100%		
Bermejo	1941-2010 37%	1941-2010 49%	1941-1982 43%	1941-2007 42%	1941-1979 31%	1941-2010 49%	1941-2010 63%	1941-2001 60%	100%	
Pilcomayo	1961-2010 38%	1961-2010 42%	1961-1982 32%	1961-2007 38%	1961-1979 32%	1961-2010 44%	1961-2010 56%	1961-2001 70%	1961-2010 64%	100%

De la Tabla 4, se resalta que existe un comportamiento similar superior al 50% entre las cuencas de los Ríos:

- Juramento, Bermejo y Pilcomayo. A la cual llamaremos Región Norte.
- Suquía, Anisacate, Xanaes, Ctalamochita y Dulce. A la cual llamaremos Región Centro.

La cuenca del Río Paraná si bien es un gran sistema independiente posee cierta similitud con el comportamiento del Río Dulce, pero pierde influencia con las cuencas ubicadas al Sur y Norte de esta última. La cuenca del río Colorado no presenta comportamiento similar (superior al 50%) con las otras cuencas. Los porcentajes más altos se dan con las cuencas de la región centro y disminuyen con la distancia hacia el norte.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, en la identificación y caracterización de sequías hidrológicas, indican que en la región de estudio existe un agrupamiento temporal y espacial de los periodos de excesos y déficit muy marcado.

A nivel espacial se identifican 2 subregiones: Norte (compuesta por las cuencas del los Ríos Juramento, Bermejo y Pilcomayo) y Centro (compuesto por las cuencas del los Ríos Ctalamochita, Xanaes, Anisacate, Suquía y Dulce). En este aspecto se resalta la dimensión territorial que puede tomar una sequía hidrológica como las detectadas.

Respectos al comportamiento temporal se detecto que las sequías más persistentes que experimentaron las 10 cuencas analizadas se registraron en las décadas del 40' y 60' (para una demanda del 50% 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). Esto se debe a la proximidad geográfica. No obstante se destaca que no siempre sucede así, un ejemplo de ello es la cuenca del embalse La Quebrada del Río Ceballos, ubicada en la provincia de Córdoba, (Vicario, 2008).

En las cuencas de los ríos Paraná, Xanaes, Suquía, Dulce y Bermejo (para una demanda del 50% de probabilidad de excedencia) se encontró que la magnitud supera ampliamente 2 veces los aportes medios anuales y que la duración de las sequías es superior a 10 años. Esto se explica, en parte, por la fuerte dependencia temporal observada en los altos coeficientes de autocorrelación de lag 1 (ver Tabla 3). Una fuerte dependencia genera largas y frecuentes sequías (Cancelliere y Salas 2010).

En cuanto a la intensidad máxima, los aportes medio anuales de las cuencas de los ríos Bermejo, Dulce, Suquía, Anisacate, Xanaes, Ctalamochita y Colorado superan el 50%.

Se pone en evidencia que en la última década los eventos de sequía han impactado en la sociedad con pérdidas económicas en la actividad productiva del suelo, se han visto comprometidas las obras de ingeniería para abastecimiento de agua, la capacidad de generación de centrales hidroeléctricas (al verse reducidos los niveles de los embalses). Y se resalta que estos eventos no han alcanzado el orden de magnitud de los máximas sequías registradas antes de 1975.

Para la gestión del recurso hídrico resulta de suma importancia conocer que las cuencas que abastecen a una misma región pueden ser afectadas simultáneamente por sequías severas, como es el caso del Gran Córdoba, donde convergen las cuencas de los ríos Suquía y Xanaes.

En este artículo se expone el comportamiento espacio temporal de los periodos de escasez en una región relativamente extensa con una metodología que permitió utilizar una ventana de tiempo lo suficientemente larga en la historia de los recursos hídricos de Argentina. La ventaja de identificar los distintos parámetros que caracterizan las sequías en el tiempo es que se puede correlacionar con los daños que sucedieron en esa época y prever las medidas necesarias para tales eventos en el futuro.

Se recomienda avanzar en el estudio de los fenómenos macro que intervienen en estos fenómenos y en las medidas de mitigación necesarias para enfrentarlos en un mediano y corto plazo.

## BIBLIOGRAFIA

- Barros, V., Clarke, R. y Silva Díaz, P.** (2006) . *El cambio climático en la cuenca del Plata*. Buenos Aires, Argentina. CONICET
- Cancelliere, A. y Salas, J.** (2010).«Drought probabilities and return period for annual streamflows series.» *Journal of Hydrology*, 391, n° 77-89
- Coronel, A.; Sacchi, O.** (2006). «*Climatología de eventos secos y húmedos en el sur satafesino*». Rev.de Inv. de la Fac de Cs Agrarias IX, Santa Fe, Argentina.
- Díaz, E.; Rodríguez, 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.» Córdoba, -en prensa Revista CETA, N.2, FCEFYN, UNC.
- Fernandez Larrañaga, B.** (1997)«Identificación y Caracterización de Sequías Hidrológicas en Chile Central.» *Ingeniería del Agua*, 4- 37-46. España.
- InformCampo** (2009). [Citado el: 10 de Enero de 2013.] <http://www.informcampo.com.ar/informe006.htm>.
- La Voz del Interior.** (2011). [Citado el: 11 de junio de 2011.] • <http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/ambiente/preven-perdidas-escasez-verduras>.
- La Voz del Interior.** (2011). [Citado el: 2011 de Mayo de 21.] • [http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/ambiente/Dos meses antes, el San Roque ya llegó al nivel crítico de 2009](http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/ambiente/Dos%20meses%20antes,%20el%20San%20Roque%20ya%20llego%20al%20nivel%20crítico%20de%202009).
- Panu, U, y. Sharma, T.** (2002)«Challenges in drought research: some perspectives and future directions.» *Hydrological Sciences Journal* 47:S1, S19-S30.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos** (2010). *Cuencas y Regiones Hídricas Superficiales de la RA*. [CD]- Buenos Aires-SSRH,2010.-ISBN978-987-1797-05-9
- Tallaksen, L.,Madsen, H. y Clausen, B.** (1997) «On the definition and modelling of streamflow drought duration and deficit volume.» *Hydrological Sciences Journal*,: Vol 42 (1):15-33.
- «Tratado de Dublin (1992).» *Conferencia Internacional Sobre Agua y Medio Ambiente*. Dublin, Irlanda.
- Vicario, L.** (2008) *Evaluación de las sequías Hidro-Meteorológicas en la cuenca del Dique San Roque-CORDOBA*. Tesis de Maestría en Recursos Hídricos, FCEFyN-UNC.
- Yevjevich, V.** (1972) *Stochastic Processes in Hydrology*, Littleton, Colorado, WRP. USA