



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

**Carta acuerdo
FAO- ARGENTINA- INA:**

**“Identificación de potenciales nuevas áreas de regadío y
áreas de riego complementario en las cuencas de la zona
nordeste de Argentina”**

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS
HÍDRICOS SUPERFICIALES**

INFORME FINAL

DICIEMBRE 2013



AUTORIDADES

SUBSECRETARIO DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA NACIÓN

Dr. Edgardo A. Bortolozzi

PRESIDENTE INA

Dr. Raúl LOPARDO

VICEPRESIDENTE

Ing. Oscar BRONZINA

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

A/C Ing. Jorge MAZA

DIRECTOR INA – CENTRO REGIONAL LITORAL

Ing. Carlos PAOLI



Componente A:

CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.

A.1.- Recurso hídrico superficial

Equipo de Trabajo:

INA-CRL: Ing. Carlos U. Paoli, Ing. Luis M. Lenzi, Sr. Gustavo Morassi.

UNL-FICH: Ing. Pablo Cacik, Mag. Rosana Hammerly, Srta. María Paula Gagliardi.

Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Litoral (INA – CRL)
P. Cullen 6161, CP: 3000, Santa Fe – Argentina. Teléf.: 0342-4605910- 4602630.

UNL-Facultad de Ing. y Ciencias Hídricas:
Ciudad Universitaria, Paraje El Pozo, Santa Fe. Argentina. Teléf.: 0342 – 4575234.



Índice

1.	Alcances del informe y descripción general de la zona de estudio.....	6
1.1	Introducción.....	6
1.2	Características Climáticas y del Régimen de Precipitaciones Generales...	7
1.3	Características de los Sistemas Fluviales	11
2.	Recopilación de información	16
2.1.	Fuentes de información	16
2.2.	Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH).....	17
2.2.1.	Listado y ubicación de estaciones de caudales	17
2.2.2.	Diagrama de disponibilidad de caudales	20
2.2.3.	Listado y ubicación de estaciones meteorológicas	20
2.2.4.	Diagrama de disponibilidad de precipitaciones	23
2.3.	Servicio Meteorológico Nacional (SMN).....	24
2.3.1.	Listado y ubicación de estaciones meteorológicas	24
2.3.2.	Diagramas de disponibilidad de precipitaciones	27
2.4.	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).....	27
2.4.1.	Listado y ubicación de estaciones meteorológicas	27
2.4.2.	Diagramas de disponibilidad de precipitaciones	29
2.5.	Información hidroclimática procesada por otros organismos	30
2.5.1.	Mapa de precipitación.....	30
2.5.2.	Mapa de temperatura	31
2.5.3.	Mapa de evapotranspiración de referencia.....	32
2.5.4.	Mapa de clima y suelos.....	33
2.5.5.	Topografía (MDT).....	35
2.5.6.	Lagunas y reservorios artificiales.....	36
2.5.7.	Cursos de agua.....	37
3.	Precipitaciones.....	38
3.1.	Análisis de datos y caracterización del régimen pluviométrico.....	38
3.1.1.	Estaciones y datos utilizados	38
3.1.2.	Distribución Temporal de Precipitaciones Anuales	41
3.1.3.	Distribución en el año de Precipitaciones Mensuales	43
3.2.	Determinación de años característicos.....	44
3.2.1	Metodología	46
3.2.2	Resultados	47
3.2.3	Años característicos recomendados.....	56
4.	Escurrimiento superficial	59
4.1.	Análisis de los datos y caracterización del régimen de escurrimiento	59
4.1.1.	Cuencas hídricas superficiales y regiones hidrológicas.....	59



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

4.1.2. Caudales mensuales y anuales.....	70
4.1.2.1. Descripción General	70
4.1.2.2. Curvas de permanencia de caudales	84
4.1.2.3. Curvas de caudales medios mensuales / caudal anual.....	93
4.1.2.4. Caudales específicos.....	99
4.2. Regionalización de caudales medios	103
4.2.1. Metodología	103
4.2.2. Determinación características físicas y climáticas de las cuencas.....	106
4.2.3. Regresión Múltiple	108
4.2.4. Ecuaciones para regiones	115
4.2.5. Aplicabilidad de las ecuaciones.....	115
4.2.6. Estimación de caudales medios anuales. Cuencas de aportes a los ríos Paraná y Uruguay.....	116
4.3. Análisis probabilístico de caudales.....	119
4.3.1. Procedimientos de cálculo.....	119
4.3.2. Análisis de consistencia de caudales anuales.....	123
4.3.3. Análisis de Frecuencia de los caudales anuales	123
4.3.4. Análisis de Frecuencia de los caudales mensuales	133
4.3.5. Análisis de Frecuencia de los caudales diarios mínimos anuales....	146
5. Apreciaciones sobre posible incidencia del cambio y/o variabilidad climática	153
6. Conclusiones y recomendaciones	160
7. Referencias bibliográficas.....	163
8. Planos.....	165
Plano 1. Sistemas hídricos superficiales en Argentina	
Plano 2. Estaciones hidrométricas	
Plano 3. Estaciones pluviométricas de la SSRH	
Plano 4. Estaciones climáticas del SMN	
Plano 5. Estaciones climáticas del INTA	
Plano 6. Precipitación media anual	
Plano 7. Temperatura media anual	
Plano 8. Tipos de climas	
Plano 9. Tipos de suelos – orden	
Plano 10. Textura de suelos	
Plano 11. Modelo Digital de Terreno	
Plano 12. Zona 1	
Plano 13. Zona 2	
Plano 14. Zona 3	
Plano 15. Zona 4	



Plano 16. Zona 5

Plano 17. Áreas de aportes al río Paraná margen izquierda

Plano 18. Áreas de aporte al río Paraná margen derecha

Plano 19. Aporte de cuenca superior del río Salado y cuenca del río Bermejo

Plano 20. Áreas de aportes al río Uruguay margen derecha

ANEXO Datos y Tratamiento de la información

- 1. Diagramas de disponibilidad de caudales de la SSRH**
- 2. Diagramas de disponibilidad de precipitaciones de la SSRH**
- 3. Diagramas de disponibilidad de precipitaciones del SMN**
- 4. Diagramas de disponibilidad de precipitaciones del INTA**
- 5. Tablas de precipitaciones mensuales y anuales**
- 6. Figuras de precipitaciones anuales**
- 7. Figuras de precipitaciones mensuales**
- 8. Anuarios de caudales**
- 9. Figuras de caudales anuales**
- 10. Figuras de caudales medios mensuales**
- 11. Figuras relación escurrimiento mensual y anual**
- 12. Tablas tests de homogeneidad**
- 13. Tablas estadísticas de caudales mensuales**

ARCHIVOS DIGITALES

Archivos digitales de las salidas del AFMULTI (CD1)

Archivos digitales de los Planos (CD2)



1. Alcances del informe y descripción general de la zona de estudio

1.1 Introducción

El presente Informe corresponde a la “Asistencia técnica y apoyo para los estudios a realizar en las cuencas de la zona Nordeste de Argentina orientados en la identificación de potenciales nuevas áreas de regadíos y áreas de riego complementario”, acordados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Fundación ArgenINTA, y el Instituto Nacional del Agua (INA).

El objetivo central establecido en dicha Asistencia Técnica es identificar el potencial del país para el desarrollo de nuevas áreas de riego y caracterizar a cada una de éstas desde una dimensión Hidrológica (disponibilidad hidrológica, análisis de oferta/demanda hídrica de los sistemas, etc).

Se establecía para ello la realización de un diagnóstico de la información disponible, tanto en estaciones de cada provincia como en documentación bibliográfica y como producto final la entrega de un estudio hidrológico, el cual contempla la aplicación de modelos para la evaluación de recursos hídricos, la cuantificación y el estudio de las demandas para la realización posterior de balances para analizar la disponibilidad de recursos y su garantía. Se compromete la presentación de tres informes, uno de los cuales es: **Informe de caracterización de los recursos hídricos superficiales**, que es el que se presenta en este capítulo.

La región Nordeste mencionada incluye las provincias de Formosa, Misiones, Chaco, Corrientes, Santa Fe, Entre Ríos y Zona Este de las provincias de Santiago del Estero y Córdoba.

Como tal se corresponde mayoritariamente con la porción húmeda y subhúmeda de la Cuenca del Plata en territorio argentino, donde las actividades agrícolas son preponderantemente de secano, pero que debido a la variabilidad climática natural que presenta, el riego complementario ha pasado a ser un factor de importancia, para mejorar y garantizar la producción.



Para comprender el alcance de los estudios realizados y los resultados que se presentan en este informe, resulta de interés describir someramente cuales son las características generales del régimen de precipitaciones y de los sistemas hídricos de la región en estudio.

1.2 Características Climáticas y del Régimen de Precipitaciones Generales

La disponibilidad de agua está directamente relacionada con la cantidad y época de ocurrencia de las precipitaciones, cuya distribución geográfica depende de diversos factores, entre los principales se pueden citar las áreas con altas y bajas presiones permanentes, la distancia al mar y la topografía.

Las zonas de bajas presiones determinadas por la circulación general de la atmósfera, como la ecuatorial o la de latitudes medias, favorecen la formación de nubes generadoras de lluvias, mientras que en las zonas de altas presiones predominan los desiertos. A medida que aumenta la distancia al mar disminuye la disponibilidad de humedad y, por lo tanto, bajan los montos de precipitación; finalmente, la orografía, como un elemento topográfico, produce aumento o disminución de la cantidad de agua precipitable favoreciendo la llegada de vientos húmedos o impidiendo su paso por las montañas.

Las características climáticas generales han sido resumidas del libro “El Río Paraná en su tramo Medio” de Paoli y otros (2000), donde se indica:

“Durante el verano en el hemisferio sur, la costa oriental es más cálida que la costa occidental. No obstante, esta característica no prevalece durante todo el año, ya que en el invierno la fría Corriente de las Malvinas influencia las costas orientales, y las temperaturas mensuales son prácticamente las mismas en ambos litorales desde el extremo sur hasta 30° de latitud sur. Al norte de los 23° de latitud sur, una gran diferencia se presenta durante el invierno. Durante el verano (generalmente entre los meses de enero y abril) la presencia ocasional del fenómeno El Niño (que implica el movimiento de aguas tropicales hacia el sudeste a lo largo de las costas de Ecuador y Perú, que desvía la Corriente de Humboldt alejándola del continente en estas áreas) disminuye las diferencias térmicas entre las costas.

La alta cadena de montañas que se alinea en el borde occidental de América del Sur, desde el istmo de Panamá hasta el extremo sur, conocida como Cordillera de los Andes,



establece una barrera meteorológica muy efectiva entre ambos lados de la misma. Este contraste en el relieve, junto con las condiciones oceánicas de los alrededores de América del Sur causa una gran diversidad climática y da a los procesos meteorológicos singulares características, en especial sobre la Cuenca del Plata.

La existencia de la Cordillera de los Andes, la ubicación de la Cuenca del Plata junto a la costa oriental y la topografía propia de la misma, le confieren a dicha cuenca características sinópticas y climáticas propias debido a las condiciones oceánicas circundantes a la costa oriental. Allí las aguas, al sur del Cabo Blanco en el extremo nordeste de América de Sur, tienen un comportamiento estacional que no es observado con la misma intensidad a igual latitud de la costa occidental.

En el Océano Atlántico, la corriente marina ecuatorial del sur encuentra el continente sudamericano cerca del Cabo Blanco donde se bifurca en dos corrientes calientes que pasan a lo largo de la costa, una hacia el noroeste y la otra hacia el sudoeste, en las proximidades del litoral marítimo brasileño. Las aguas que viajan hacia el sudoeste alcanzan las proximidades del Cabo Corrientes en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, y constituyen la Corriente de Brasil. Al final del verano, en las cercanías del Cabo Corrientes, la Corriente de Brasil converge con un desprendimiento de la Corriente Circumpolar Antártica que lleva agua fría hacia el norte, a lo largo del litoral Patagónico. Esta corriente fría hacia el norte es identificada con el nombre de Corriente de Malvinas.

Al final del invierno, la Corriente de Malvinas desplaza a la Corriente de Brasil de la proximidad de la costa, y se extiende a lo largo del litoral brasileño alcanzando el Cabo Frío, al norte de Río de Janeiro.

En la costa occidental de Sudamérica, bañada por el Océano Pacífico, es muy importante el efecto térmico que produce la corriente fría de Humboldt a lo largo de todo el año. Los efectos de esta corriente, en promedio, son perceptibles y confieren a esa costa un carácter más frío que la costa próxima a la Cuenca del Plata. Como se ha explicado precedentemente, la costa oriental tiene una marcada estacionalidad en las aguas que la bañan, y esto se hace sentir en los campos medios de temperatura como se verá en el párrafo correspondiente.

Obviamente, los modelos de temperatura, la topografía y la circulación general de la atmósfera están íntimamente ligados a la precipitación. Los modelos de precipitación en la Cuenca del Plata son complejos, debido a la posición geográfica, extensión de la



región y su topografía variable. La estacionalidad mencionada, que también está presente en la precipitación, es indicativa de la variabilidad temporal de ésta. Entre el trópico de Capricornio y el ecuador, predomina un cinturón bien marcado de precipitación con máximos coincidiendo con el solsticio de diciembre (Hoffmann, 1975). En la vecindad del trópico de Capricornio, y al sur del mismo, la estacionalidad de la precipitación no es tan evidente.

La calidad de la cobertura vegetal es de suma importancia en el clima y los procesos atmosféricos de la región en estudio. En la parte austral de América del Sur (al sur del ecuador) existen dos zonas de elevada humedad y calor: la cuenca amazónica y la región cercana al litoral brasileño (<1000 km de la costa). Con exuberante vegetación tropical y gran evapotranspiración la primera y vegetación de tipo tropical y subtropical muy abundante la segunda; prolongándose esta última, con modificaciones graduales, hasta la desembocadura del Río de la Plata, pero con un calor disponible más reducido.

Entre las dos zonas tropicales se encuentran regiones más abiertas de tipo sabana que se extienden hacia el oeste hasta el Gran Chaco, que tiene un marcado invierno seco. Al este de los Andes, en el Gran Chaco y en las planicies bajas cerca de la cordillera, hasta unos 40°S, se encuentran las áreas más calientes del continente, con temperaturas máximas medias en el verano de 30° a 35° C, combinadas con una considerable sequedad.

Al considerar la variación anual en los pluviogramas, se observa inmediatamente la escasez pluvial en el invierno (junio-agosto) en la mayor parte de la Cuenca, lo cual se debe a que durante dicha estación el anticiclón del Atlántico se extiende sobre el continente para unirse con el anticiclón del Pacífico. El resultado es la supresión de los procesos convectivos y, en consecuencia, de las lluvias.

Este tipo de carácter tropical con lluvias intensas en verano y sequía en invierno, predomina en las áreas de reducida producción de lluvia anual en el oeste de la Cuenca del Plata, y en las regiones situadas al norte del trópico de Capricornio hasta el Planalto del Brasil. Hacia el sur, este tipo es paulatinamente reemplazado por una notable persistencia de las lluvias durante todo el año, sobre todo en la cuenca del río Uruguay y también en la parte oriental de la provincia de Buenos Aires.

Las lluvias en el sur de la cuenca son de dos tipos: chubascos y lluvias menos intensas, pero persistentes y extensas, que ocurren con el desarrollo de frentes retrógrados y durante una sudestada. Entre estas dos regiones con lluvias de distintas características,



existen además, dos zonas de transición: una con el máximo principal de precipitación en otoño (marzo, abril), que se encuentra a lo largo del bajo río Paraná-Paraguay. En la otra zona, más arriba, en las riberas del río Paraguay esta característica se modifica en una prolongación de la precipitación veraniega, abarcando todo el otoño. Son éstas, también, las áreas que atraviesan las líneas de inestabilidad.

En la región al norte del trópico de Capricornio, la concentración pluvial en los meses de verano es superior al 45% de la precipitación anual y en las zonas andinas llega hasta un 70%, mientras que la estación seca produce solamente un 5%, y aún menos, del total anual.

En la zona con lluvias durante todo el año, la pluviosidad de los meses húmedos es de alrededor del 30% del total y se aproxima considerablemente a la de los meses secos, que alcanzan de un 20% al 25%. Por ello, no se puede hablar ya, realmente, de meses lluviosos y secos.

Desde el punto de vista hidrológico, el suministro de agua de lluvia a la tierra y a los ríos tiene un notable máximo en verano en toda la Cuenca. El máximo en la curva tiene mayor duración para el río Paraguay y sus afluentes brasileños, porque la actividad pluvial continúa hasta el otoño.

La precipitación media anual es, naturalmente, una información muy general pero, sin embargo, muy útil para caracterizar el régimen de lluvia en grandes regiones como la Cuenca del Plata.

La precipitación media anual (período 1961-1990) sobre la cuenca es mayor a 1.200 mm y está distribuida desigualmente. Hay un máximo absoluto de más de 2.250 mm anuales sobre la parte media de la cuenca del río Iguazú y la parte media de la alta cuenca del río Uruguay y un mínimo absoluto en las altas cuencas de los ríos Pilcomayo y Bermejo, donde la precipitación media anual es aproximadamente de 500 mm por año.

En esta región el verano (Dic-Ene-Feb) es la estación más húmeda, con un promedio de más de 480 mm sobre toda la cuenca. Durante esta estación el máximo maximorum de precipitación sobre la cuenca se desplaza al nordeste y norte de ésta.

El invierno (Jun-Jul-Ago) es la estación más seca, con un promedio de precipitación sobre toda la cuenca de tan sólo 130 mm. Con un máximo absoluto de más de 480 mm en igual posición que en las precipitaciones medias anuales, las isoyetas se orientan en orden decreciente de este a oeste hacia el norte, y también decrecen hacia el oeste con

una orientación norte-sur. Los mínimos se encuentran, entonces, en el extremo norte y en la región cordillerana de la cuenca”.

1.3 Características de los Sistemas Fluviales

El área de estudio se encuentra comprendida dentro de uno de los mayores sistemas fluviales del mundo, el sistema fluvial del Río de la Plata, que se extiende con una superficie aproximada de 3.100.000 km² por los territorios de Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay y Uruguay. Dentro del sistema fluvial se desarrollan tres grandes unidades hidrográficas: el río Paraguay, el río Paraná y el río Uruguay. El régimen de estos grandes ríos difiere sustancialmente del de sus afluentes, tanto por la magnitud de sus caudales como por características propias. En la Figura 1 se observan los sistemas hídricos en estudio, donde las mayores disponibilidades hídricas de la zona, se originan en áreas de aportes externos al país.

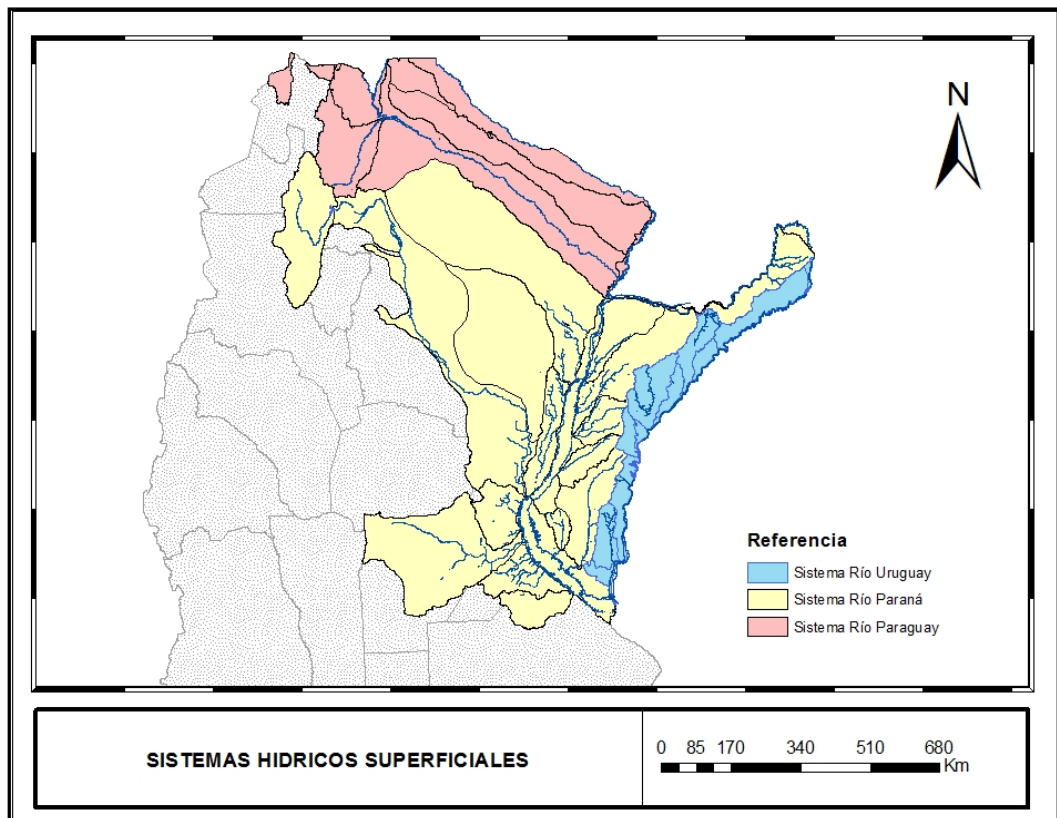


Figura 1. Sistemas hídricos principales de la zona noreste de Argentina (ver Plano 1).



A continuación, y a efectos de enmarcar hidrológicamente el área de estudios se realiza una somera descripción de los mismos.

El **río Paraguay** presenta un área de 1.095.000 Km², de los cuales una tercera parte se ubica en Brasil, otra fracción similar corresponde a Paraguay y el resto a Bolivia y Argentina. La cabecera de la cuenca brasilera – paraguaya, se extiende por una inmensa llanura de características aluviales, de escasa pendiente y extensas planicies de inundación que produce importantes regulaciones naturales de los caudales, retrasando en el tiempo los mismos.

Los derrames de éste río en territorio argentino están claramente gobernados por los aportes que se producen aguas arriba, fuera del territorio nacional. El caudal medio al ingresar a territorio argentino es de 3924 m³/s (en el período 1970/71 – 2011/12), siendo su principal afluente en margen argentina el río Bermejo (460 m³/s en El Colorado). En la estación Puerto Bermejo, antes de su ingreso al río Paraná se estima un caudal anual de 4700 m³/s.

El río Bermejo presenta dos afluentes principales, el Bermejo superior que nace en Bolivia y tiene un área de cuenca hasta Pozo Sarmiento de unos 23.900 Km², y el río San Francisco que nace en la prepuna de la Provincia de Jujuy con el nombre de río Grande hasta su confluencia con el río Lavayén donde cambia el nombre a San Francisco, descargando sus aguas en el río Bermejo (aguas abajo de la estación Pozo Sarmiento). El cauce del río principal atraviesa sectores de climas muy diferenciados, con precipitaciones anuales que apenas llegan a los 200 mm en los sectores de prepuna hasta más de 1200 mm en las serranías que flanquean este río. Los caudales mensuales máximos se producen en los meses de febrero – marzo. Si se suman los caudales medios anuales del Bermejo Superior y del San Francisco, se tiene un caudal de 542 m³/s, mayor al observado en El Colorado, mostrando de esta manera que se desarrolla aguas debajo de la cuenca superior un sector de derrames laterales, con pérdidas de caudal en el curso principal.

Otro afluente relevante es el río Pilcomayo, pero este llega al río Paraguay solamente a través de los derrames que se producen aguas abajo de la estación Misión La Paz, hacia los bañados y zonas deprimidas de Paraguay y Argentina. A través de los mencionados bañados, lagunas y esteros, se produce un lento movimiento estacional de las aguas hacia el Este, que alimentan posteriormente las cabeceras de los Riachos



Porteño, El Salado, Pavao, y otros en la Provincia de Formosa como Tatú Piré, Saladillo y He-He, entre los principales. El río Pilcomayo Inferior nace a la altura de la localidad paraguaya de General Delgado; difiere totalmente del Pilcomayo Superior y no tiene conexión física actual con él; posee un cauce bien definido, con menor caudal y mayor estabilidad, acarrea escasos sedimentos y drena únicamente las aguas de escorrentía producto de las lluvias de verano en su cuenca de aporte, así como las aguas freáticas.

El régimen de estos ríos en sus cuencas superiores es marcadamente estacional, con máximos durante el verano y principios de otoño siguiendo el régimen pluviométrico.

La cuenca del río **Paraná**, sin contar al río Paraguay, abarca un área de 1.510.000 Km², con unos 945.000 Km² fuera de territorio argentino. El Paraná Superior se encuentra en Brasil, siendo luego límite argentino – paraguayo tras recibir al río Iguazú.

El río Iguazú se desarrolla principalmente en territorio brasilero y le aporta al río Paraná un caudal anual de 1720 m³/s, siendo además muy relevante sus aportes de crecidas.

Aguas arriba de la localidad de Ituzaingó, en la Provincia de Corrientes, se ubica la represa hidroeléctrica de Yaciretá, la cual si bien es relevante para la generación energética, no tiene volumen suficiente como para producir alteraciones en el régimen hidrológico anual del río.

En Itatí, antes de recibir al río Paraguay, el río Paraná tiene un caudal anual de unos 13900 m³/s (serie 1970/71 – 2011/12) y en la estación Corrientes (luego de recibir los aportes del río Paraguay) presenta un caudal de 18980 m³/s manteniéndose prácticamente constante hacia aguas abajo (en la sección Paraná – Santa Fe se estima un caudal anual de 19000 m³/s).

Nuevamente se observa que derrames de éste río en territorio argentino están gobernados por los aportes que se producen aguas arriba, fuera del territorio nacional, presentando baja incidencia los aportes de afluentes en territorio argentino. Dichos bajos aportes se deben a los menores montos relativos de precipitaciones (decreciendo de este a oeste) y a las menores pendientes de terreno existentes. Solamente en la Provincia de Misiones se tiene una orografía relevante, mientras que en su mayor proporción las cuencas de aportes son típicamente de llanuras con gran capacidad de almacenamiento superficial y baja escorrentía.



Los aportes provenientes de margen izquierda presentan divisorias mejor definidas, que permiten evaluar en forma diferenciada los aportes superficiales. De norte a sur, los aportes mas sobresalientes son los de los ríos Uruguay-I, Piray Mini, Piray Guazú, Paranay, A° Riachuelo, A° Empedrado, San Lorenzo, Santa Lucía, río Corriente, Guayquiraró, Feliciano, Las Conchas, A° Nogoyá y río Gualeguay.

Los aportes de margen derecha en las provincias de Chaco, Santiago del Estero y Santa Fe presentan en muchos casos divisorias de cuencas indefinidas, con particularidades en la dinámica de escurrimiento según el estado hídrico. En situaciones de aguas bajas existe escurrimiento con un grado importante de independencia, con áreas de almacenamiento que colectan los excedentes de lluvia de su zona de influencia, actuando como cuencas cerradas o de muy baja transfluencia. En situación de aguas altas se produce interconexión de áreas de aporte dando lugar a escurrimientos mantiformes y encauzados gobernados por la pendiente regional, con desagüe en el valle aluvial del río Paraná. Es por ello que en esta zona, en muchas ocasiones sólo se identifican cursos que son efluentes de grandes sistemas y no comprenden las denominadas cuencas típicas.

También es de destacar la presencia de numerosas canalizaciones para el drenaje de inundaciones, que en ocasiones provocan transfluencia de cuencas.

De norte a sur, los principales aportes al río Paraná son: el río Negro, el A° Tapenagá, A° El Rey, A° Los Amores, A° Malabrigo, A° Saladillo Dulce y Amargo, río Salado, A° Colastiné, A° Monje, río Carcarañá, A° Saladillo, A° Pavón, A° del Medio, río Arrecifes.

Merece destacarse por su longitud y particularidades el río Pasaje – Juramento – Salado. Este río nace en la Provincia de Salta, y en su cuenca superior ha sido regulado con la finalidad de riego principalmente, a partir de la presa de Cabra Corral, y aguas debajo de El Tunal. A partir de estas regulaciones, se tienen aprovechamientos de riego en Salta y el norte de la Provincia de Santiago del Estero. Ya con el nombre de Salado ingresa a la provincia de Santiago del Estero, y según las mediciones de los últimos años, con un régimen permanente con relativa escasa variación en el año. En Canal de Dios, tiene un caudal anual de unos 20 m³/s. En su tránsito hacia el sur existen otros aprovechamientos del río, disminuyendo paulatinamente el caudal medio del mismo,



estando el último aprovechamiento relevante en Colonia Dora (Santiago del Estero), donde existe un azud derivador y actualmente está en construcción una pequeña presa para obtención de agua con fines de consumo humano en Tostado (Santa Fe). A partir que ingresa a la Provincia de Santa Fe, en proximidades de la localidad de Tostado, se lo conoce como Salado Inferior. Desde allí escurre en dirección noroeste – sureste por un cauce con escasa capacidad de conducción hasta recibir los aportes del río Calchaquí el cual drena las aguas de la región denominada “Bajos Submeridionales”, una extensa zona de muy escasa pendiente que abarca el noroeste de Santa Fe y porciones de las Provincias de Santiago del Estero y Chaco. Luego el cauce escurre en dirección norte – sur hasta llegar al río Paraná, al sur de la ciudad de Santa Fe, con un caudal medio anual de $159 \text{ m}^3/\text{s}$ (1970/71 – 2011/12). Por lo tanto el escurrimiento en la cuenca inferior se compone de los aportes de la cuenca media que son de baja significación, de los aportes del río Calchaquí y de los excesos de lluvias de las subcuencas intermedias.

El **río Uruguay** nace también en territorio Brasileiro, siendo luego divisoria entre los países de Argentina y Brasil y posteriormente entre Argentina y Uruguay. En El Soberbio tiene un caudal anual de $2370 \text{ m}^3/\text{s}$, que aumenta a $3100 \text{ m}^3/\text{s}$ en Garruchos y a $4730 \text{ m}^3/\text{s}$ en Paso de Los Libres, debido fundamentalmente a los aportes de margen izquierda (brasileña – uruguaya), llegando a unos $5700 \text{ m}^3/\text{s}$ en Concordia (Entre Ríos). Inmediatamente aguas arriba de Concordia se desarrolla la represa hidroeléctrica de Salto Grande, la cual si bien es relevante tanto para la generación energética como para la amortiguación de crecidas, no tiene volumen suficiente como para producir alteraciones en el régimen hidrológico anual del río.

La cuenca puede dividirse en diferentes porciones:

La Cuenca Alta abarca desde las nacientes (en la confluencia de los ríos Pelotas y Canoas), hasta la provincia argentina de Misiones con un área de aportes de 75.000 Km^2 en la desembocadura del Río Pepirí-Guazú. Es la región con mayores precipitaciones (que llegan a ser superiores a 2000 mm/año), y al tener pendientes elevadas y suelo somero, origina hidrogramas de crecidas con rápidas subidas y altos caudales máximos.

La Cuenca Media considerada hasta la ciudad de Paso de los Libres, con unos 125.000 Km^2 , donde el relieve tiene menor pendiente relativa, adquiriendo características



diferenciadas la margen izquierda de la derecha o argentina (donde las pendientes son aún menores). Desde la margen izquierda resultan importantes los aportes de los ríos Ijuí, Piratini e Ibicuí.

La Cuenca próxima al embalse de Salto Grande, abarca los aportes desde Paso de los Libres hasta la represa, incluyendo los ríos y arroyos que desembocan directamente en el lago. El relieve es ondulado, con un suelo de baja permeabilidad que presenta afloramientos basálticos, lo cual sumado a tormentas de alta intensidad frecuentes en la región origina la posibilidad de tener hidrogramas con grandes caudales. Nuevamente los ríos afluentes de mayor relevancia son los de margen izquierda, como por ejemplo el Cuareim (límite uruguayo – brasilero).

La Cuenca Inferior, corresponde al área de aportes desde la ubicación de la presa hasta la desembocadura en el Río de la Plata. Por la margen derecha, el río de mayor relevancia es el Gualeguaychú (6.980 Km²), con unos 15 m³/s de caudal medio, mientras que en la margen izquierda el afluente más importante es el río Negro.

A lo largo del año, las precipitaciones son de carácter irregular, lo cual conforma el régimen eminentemente irregular del río. No obstante, se puede observar (en el sector argentino-uruguayo) un aumento de caudales en invierno y hasta octubre, con bajantes en el período estival, destacándose que las crecidas pueden ocurrir prácticamente en cualquier mes del año.

En la Cuenca del Uruguay, además de Salto Grande, hay en funcionamiento tres aprovechamientos relevantes del curso en Brasil: Itá, Machadinho y Passo Fundo.

2. Recopilación de información

2.1. Fuentes de información

La información hidrológica e hidrometeorología de mayor interés para el área de estudio se corresponde con los datos de caudal, precipitación, y aquellas características físicas de las cuencas que influyen al escurrimiento.

A continuación se indican las fuentes de información y una síntesis de la información recopilada, detallándose la disponibilidad temporal de la misma.



Se realizaron consultas y pedidos a organismos con jurisdicción Nacional, con información hidrológica e hidrometeorológica disponible y otra información de interés temático para el proyecto. Asimismo se consultaron bases de datos globales, como la base de datos proporcionada por la FAO (2006). A continuación se listan los mismos:

- **SSRH** (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación)
- **SMN** (Servicio Meteorológico Nacional)
- **INTA** (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)
- **INA** (Instituto Nacional del Agua)

No se desconocen los organismos provinciales, ni instituciones locales que pudieran contar con este tipo de datos, pero no siempre poseen series con la extensión y confiabilidad que presentan las series de los mencionados organismos nacionales.

La información suministrada por la SSRH corresponde a las estaciones de la Red Hidrológica Nacional, en tanto la que ofrece el INTA corresponde a la denominada red convencional del organismo.

La base de datos globales FAO Climwat 2.0 (2006) fue consultada vía Internet. Es una base de datos climática provista por la FAO, la cual permite obtener las medias mensuales de largo término de las siguientes variables: precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, velocidad de viento a 2 m, heliofanía, humedad relativa y evapotranspiración potencial (calculada por el método de Penman-Monteith). Existen estaciones en esta base de datos sobre la zona de análisis, las mismas corresponden a promedios de datos de una serie no menor a 10 años de registros.

2.2. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH)

2.2.1. Listado y ubicación de estaciones de caudales

A través de la base de datos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación se obtuvo información de caudales mensuales, caudales diarios mínimos anuales, precipitación diaria, temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad de viento, heliofanía efectiva y evaporación.

La Tabla 1 resume las estaciones hidrométricas de las cuales se ha recopilado información, la ubicación y los periodos de registros. De estas estaciones se recopilaron

datos de caudales mensuales y caudales mínimos diarios. Se destaca que se utilizaron estaciones con registros mayores a los 10 años en el periodo 1970-2012.

Tabla 1. Estaciones de datos hidrométricos suministrados por la SSRH

Est.	Río	Lugar	Pcia.	Lat.	Long.	Registros	
						Inicio	Fin
631	Pilcomayo	La Paz	Salt	-22.38	-62.52	01/12/1941	01/08/2012
2606	Paraguay	Puerto Pilcomayo	Form	-25.37	-57.65	01/01/1910	01/08/2012
693	Bermejo	Pozo Sarmiento	Salt	-23.22	-64.20	01/09/1940	31/08/2012
16	San Francisco	Caimancito	Juju	-23.73	-64.47	01/01/1947	31/08/2012
2602	Bermejo	El Colorado	Form	-26.33	-59.36	01/09/1968	01/08/2012
2401	Paraguay	Puerto Bermejo	Chac	-26.94	-58.49	01/09/1910	31/08/1994
3448	Iguazú	Puerto Andresito	Misio	-25.59	-53.99	01/09/1983	31/12/2011
3407	Piray Miní	Valle Hermoso	Misio	-26.36	-54.50	01/06/1962	29/02/2012
3403	Piray Guazú	Pinar Ciba	Misio	-26.51	-54.46	01/01/1959	29/02/2012
3414	Paranay	El Alcazar	Misio	-26.75	-54.76	01/03/1972	29/02/2012
3862	Paraná	ITATI	Ctes	-27.27	-58.24	01/09/1910	01/08/2012
3805	Paraná	Corrientes	Ctes	-27.47	-58.85	01/01/1904	31/08/2012
3340	Tapenagá	Florencia	S Fe	-28.03	-59.23	01/09/1970	31/08/2012
3836	Santa Lucía	Santa Lucía	Ctes	-28.99	-59.10	01/11/1975	31/08/2012
3231	Los Amores	V. Ocampo (R.P.32)	S Fe	-28.49	-59.39	01/11/1983	31/08/2012
3207	El Rey	Moussy	S Fe	-29.00	-59.75	01/10/1954	31/08/2012
3300	Malabrigo	Ruta Nac. 11	S Fe	-29.28	-59.79	01/09/1985	31/08/2012
3224	Malabrigo	Ruta Prov. 88 S	S Fe	-29.36	-59.78	01/10/1977	31/08/1994
3803	Corriente	Paso Lucero	Ctes	-28.99	-58.56	01/08/1968	31/08/2012
3849	Batel	Paso Cerrito	Ctes	-29.03	-58.79	01/05/1988	31/08/2012
3821	Corriente	Los Laureles	Ctes	-29.76	-59.22	01/09/1975	31/08/2012
3202	El Toba	Margarita	S Fe	-29.73	-60.01	01/09/1976	31/08/2012
3810	Barrancas	Paso La Llana	Ctes	-30.22	-59.32	01/11/1975	31/08/2012
3808	Guayquiraró	Paso Juncué	Ctes	-30.36	-59.26	01/09/1975	31/08/2012
3003	Feliciano	Paso Medina	E.R.	-30.92	-59.55	01/09/1975	31/08/2012
3200	Saladillo Amargo	V. Mujica (R.P.81)	S Fe	-30.84	-60.41	01/09/1953	31/08/2012
3218	Saladillo Dulce	La Noria (R.P.81)	S Fe	-30.85	-60.28	01/11/1953	31/08/2012
3339	Paraná ⁽¹⁾	Pna-Sfe	S Fe	-31.63	-60.68	01/09/1905	31/08/2012
686	Juramento	F. Agropecuaria	Salt	-25.16	-64.11	01/10/2001	31/08/2012
695	Juramento	El Quebrachal	Salt	-25.34	-64.05	01/10/2001	31/08/2012
810	Salado	Canal de Dios	S Es	-25.63	-63.95	01/10/2001	31/08/2012
804	Salado ⁽²⁾	Suncho Corral	S Es	-27.95	-63.43	01/09/1914	31/08/2012
INA ⁽³⁾	San Antonio ⁽²⁾	Petronila	S Fe	-30.67	-60.69	01/01/1984	31/08/2010
INA ⁽³⁾	Cululú ⁽²⁾	Ruta Prov. 50 S	S Fe	-31.19	-60.94	01/09/1978	31/08/2010
3216	Salado	Ruta Prov. 70	S Fe	-31.49	-60.78	01/01/1954	31/08/2012
3247	Colastiné	Autopista	S Fe	-32.02	-60.99	01/11/1984	31/08/1999
3265	El Monje	Autopista	S Fe	-32.39	-60.94	01/09/1988	31/08/1999
4209	Grande	Ume Pay	Cba	-32.22	-64.73	01/09/1936	30/06/2012
3223	Carcaraña	Pueblo Andino	S Fe	-32.67	-60.87	01/09/1980	31/08/2012
3321	Saladillo	Autopista	S Fe	-33.03	-60.66	01/09/1984	31/08/1999
3318	Pavón	Cnel Bogado	S Fe	-33.36	-60.58	01/09/1988	31/08/2012
3260	Del Medio	La Emilia	S Fe	-33.40	-60.33	01/04/1993	31/08/2012
3037	Nogoyá	Ruta Prov. 11	E.R.	-32.84	-59.86	01/12/1984	31/08/2012

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Código	Provincia	Caudal	Tipo	Caudal 1	Caudal 2	Registros	
						Inicio	Fin
3004	Guaaleguay	Rosario del Tala	E.R.	-32.31	-59.08	01/11/1992	31/08/2012
3442	Uruguay	El Soberbio	Misio	-27.30	-54.19	01/05/1980	31/12/2011
3857	Uruguay	Garruchos	Ctes	-28.18	-55.64	01/05/1931	31/12/2011
3858	Aguapey	Caa Carai	Ctes	-27.82	-56.26	01/08/1986	31/12/2011
3811	Aguapey	La Sirena	Ctes	-28.42	-56.54	01/05/1988	31/12/2011
3802	Uruguay	Paso de los Libres	Ctes	-29.72	-57.08	01/01/1909	31/12/2011
3832	Miriñay	San Roquito	Ctes	-29.30	-57.56	01/07/1968	31/12/2011
3804	Miriñay	Paso Ledesma	Ctes	-29.85	-57.68	01/07/1968	31/12/2011
3061	Yuqueri Grande	Concordia (R.N.18)	E.R.	-31.36	-58.09	01/10/1991	31/08/2012
3030	Guaaleguaychú	Ruta Prov. 39	E.R.	-32.45	-58.56	01/10/1988	31/08/2012

(1) La sección denominada río Paraná en Paraná-Santa Fe, se compone de la suma de los caudales en la estaciones río Colastiné en RN 168 (Est. 3249), Paraná en Túnel (Est. 3050) y Sistema Setúbal en Santa Fe-La Guardia (Est. 3339).

(2) Estaciones con período intermedio faltantes.

(3) Las estaciones indicadas como INA se obtuvieron de estudios antecedentes del organismo.

La Figura 2 esquematiza la red hidrográfica principal de la zona de estudio, indicándose la ubicación de las estaciones en la Tabla 1.

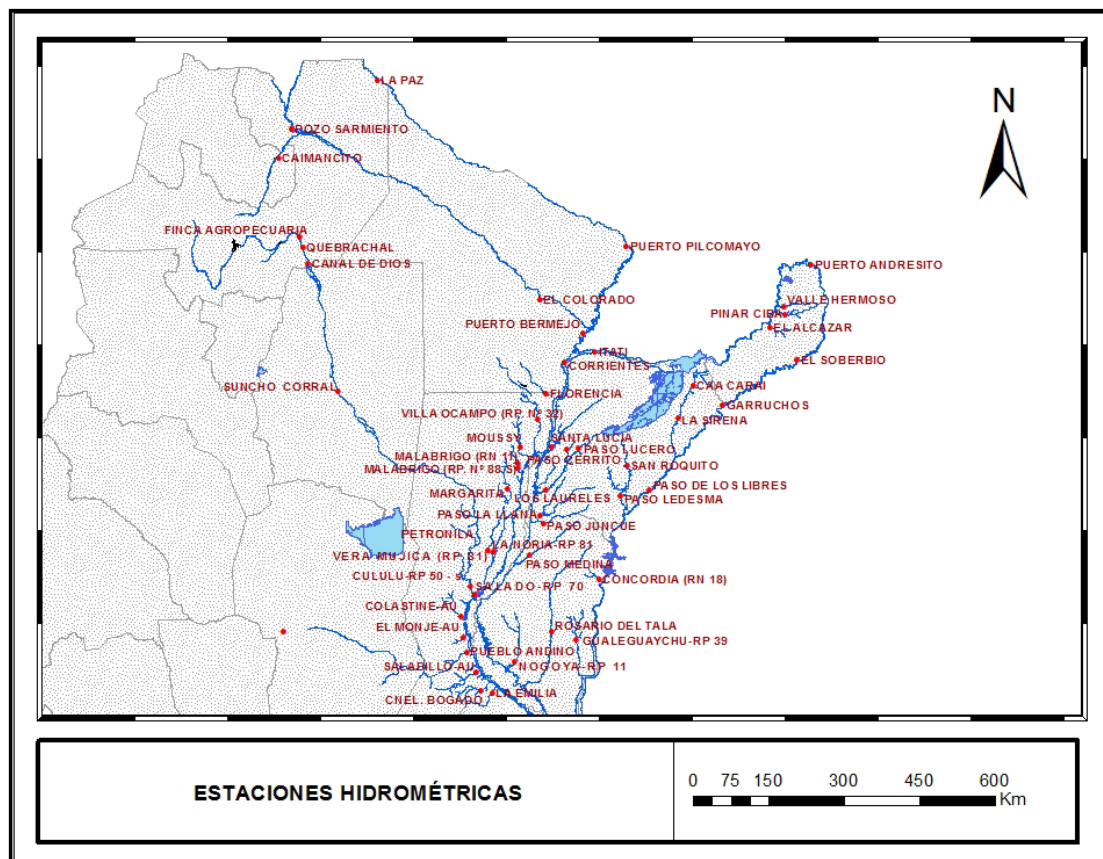


Figura 2. Localización de las estaciones hidrométricas utilizadas (ver Plano 2).

2.2.2. Diagrama de disponibilidad de caudales

Con los datos de caudales mensuales obtenidos, se realizaron los diagramas de disponibilidad de datos para identificar los meses faltantes y visualizar los periodos comunes de información. La Figura 3 muestra, a modo de ejemplo, los meses cuando existe información en el período 1971-1980., las restantes figuras se presentan en el Anexo I.1. Las estaciones se han agrupados por zonas de aporte representando cada figura una década.

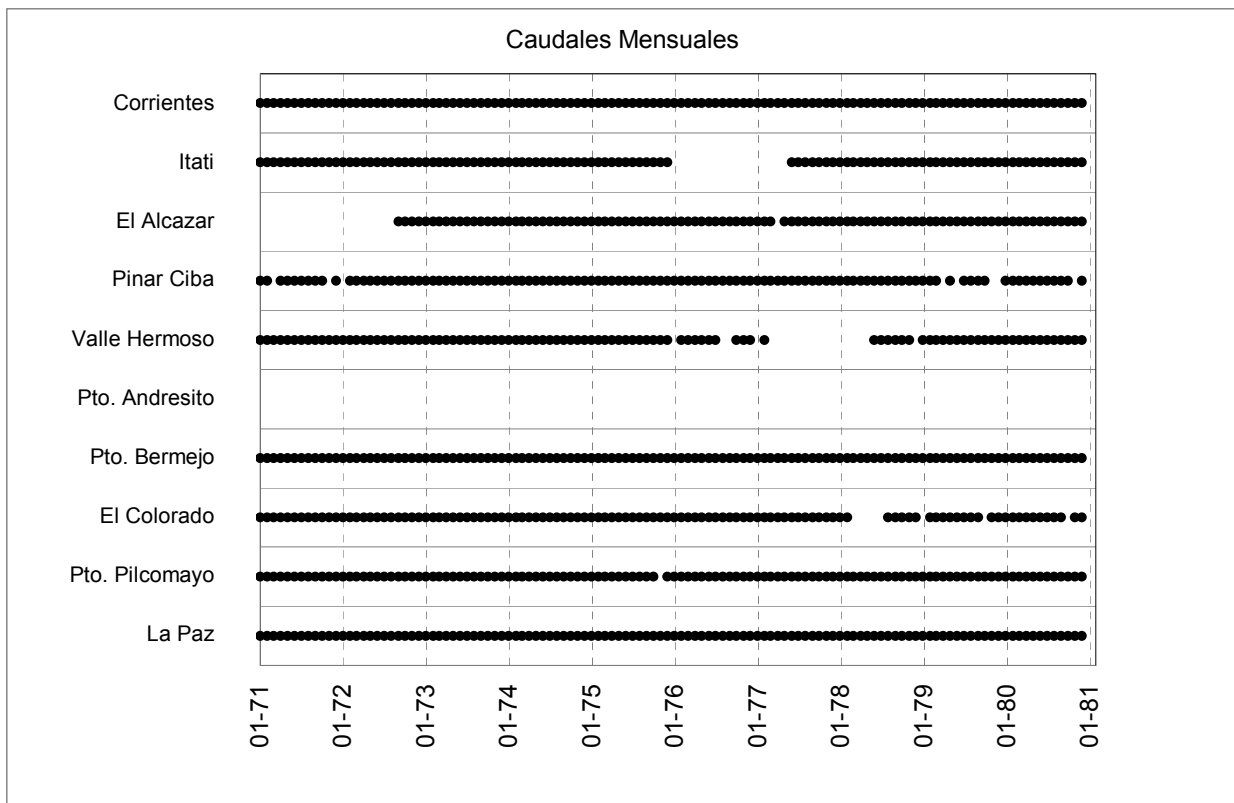


Figura 3. Caudales medios mensuales existentes. Período Ene 1971 a Dic 1980.

2.2.3. Listado y ubicación de estaciones meteorológicas

En relación a la información hidrometeorológica registrada por la SSRH, en la Tabla 2 se presentan los nombres y coordenadas de las estaciones pluviométricas. La ubicación de las mismas se muestra en la Figura 4. Por su parte en la Tabla 3 se resumen las variables climáticas que se disponen en sólo cuatro estaciones de la región.



Tabla 2. Estaciones con registros Pluviométricos de la SSRH utilizadas.

Cod	Río	Lugar / Estación	Pcia	Latitud	Longitud	Registros	
						Inicio	Inicio
2606	Paraguay	Pto Pilcomayo	Form	-25.37	-57.65	01/10/1988	28/02/2011
2401	Paraguay	Pto Bermejo	Chac	-26.94	-58.49	01/06/1985	28/02/2011
2602	Bermejo	El Colorado	Form	-26.33	-59.36	01/01/1966	28/02/2011
2610	Bermejo	Puerto Velaz	Form	-26.66	-58.63	01/12/1988	28/02/2011
3448	Iguazú	Pto Andresito	Misio	-25.59	-53.99	01/11/1984	28/02/2011
3452	Paraná	Ita Cajón	Misio	-25.60	-54.59	01/11/1987	28/02/2011
3407	Piray Miní	V Hermoso	Misio	-26.36	-54.50	01/02/1972	28/02/2011
3403	Piray Guazú	Pinar Ciba	Misio	-26.51	-54.46	01/09/1964	28/02/2011
3414	Paranay	El Alcazar	Misio	-26.75	-54.76	01/02/1972	28/02/2011
3404	Yabebirí	C. Mártires	Misio	-27.40	-55.33	01/04/1972	28/02/2011
3805	Paraná	Corrientes	Ctes	-27.47	-58.85	31/01/1982	28/02/2011
3340	Tapenagá	Florencia	Sta Fe	-28.03	-59.23	01/08/1983	28/02/2011
3284	Los Amores	Escuela 1256	Sta Fe	-28.23	-59.54	01/11/1984	31/01/2011
3232	Los Amores	Ruta Nac. 11	Sta Fe	-28.56	-59.36	01/01/1975	28/02/2011
3836	Santa Lucia	Santa Lucia	Ctes	-28.99	-59.10	01/06/1968	28/02/2011
3848	Batel-Batelito	Concepción	Ctes	-28.39	-57.90	01/06/1978	28/02/2011
3849	Batel	Paso Cerrito	Ctes	-29.03	-58.79	01/06/1978	28/02/2011
3826	Laguna Iberá	C Pellegrini	Ctes	-28.53	-57.16	01/07/1968	28/02/2011
3874	Corriente	Chavarría	Ctes	-28.96	-58.58	01/01/1976	28/02/2011
3290	Las Garzas	Tres Bocas	Sta Fe	-28.69	-59.63	01/12/1984	31/01/2011
3269	El Rey	La Sarita	Sta Fe	-28.97	-59.85	01/01/1976	31/01/2011
3302	Malabrigo	Ruta Prov. 42 S	Sta Fe	-29.13	-59.94	01/11/1984	28/02/2011
3224	Malabrigo	Ruta Prov. 88 S	Sta Fe	-29.36	-59.78	01/11/1982	28/02/2011
3893	Sarandí	Malvinas Sur	Ctes	-29.71	-59.02	01/05/1976	31/01/2011
3876	Guayquiraró	P Libertador	Ctes	-30.22	-59.39	01/03/1983	28/02/2011
3877	Guayquiraró	E. La Esperanza	Ctes	-30.18	-58.29	01/01/1977	31/01/2011
3808	Guayquiraró	Paso Juncué	Ctes	-30.36	-59.26	01/05/1976	31/01/2011
3003	Feliciano	Paso Medina	E. Ríos	-30.92	-59.55	01/09/1988	28/02/2011
3206	Golondrina	Fortín Olmos	Sta Fe	-29.07	-60.50	01/01/1973	31/01/2011
3202	El Toba	Margarita	Sta Fe	-29.73	-60.01	01/05/1976	31/01/2011
3328	San Javier	C Mascias	Sta Fe	-30.80	-60.01	01/10/1982	28/02/2011
3228	San Javier	Saladero Cabal	Sta Fe	-30.88	-60.03	01/01/1970	28/02/2011
3323	Saladillo Dulce	Cac. Ariacaiquín	Sta Fe	-30.66	-60.23	01/01/1981	28/02/2011
3218	Saladillo Dulce	La Noria (RP 81)	Sta Fe	-30.85	-60.28	01/06/1993	28/02/2011
3325	Saladillos	San Justo	Sta Fe	-30.78	-60.59	01/07/1981	28/02/2011
3005	Paraná	Chapetón	E. Ríos	-31.65	-60.28	01/01/1979	28/02/2011
3286	Colastiné	Ruta Prov. 50 S	Sta Fe	-31.95	-61.08	01/10/1984	28/02/2011
3015	Del Doll	Ruta Prov. 11	E. Ríos	-32.31	-60.43	01/03/1989	28/02/2011
3318	Pavón	Cnel. Bogado	Sta Fe	-33.36	-60.58	01/02/1989	28/02/2011
3428	Yabotí	San Pedro	Misio	-26.63	-54.13	01/01/1960	28/02/2011
3443	Uruguay	Pepiri Mini	Misio	-27.15	-53.93	01/06/1984	28/02/2011
3442	Uruguay	El Soberbio	Misio	-27.30	-54.19	01/09/1977	28/02/2011
3441	Soberbio	San Vicente	Misio	-27.00	-54.48	01/09/1977	28/02/2011
3432	Torto	A. del Valle	Misio	-27.10	-54.89	01/09/1977	28/02/2011



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

						Registros	
3408	Acaragua	Campo Grande	Misio	-27.22	-54.97	01/09/1977	28/02/2011
3449	Uruguay	San Javier	Misio	-27.88	-55.13	01/12/1988	28/02/2011
3427	Uruguay	Pto Concepción	Misio	-28.10	-55.58	01/12/1988	28/02/2011
3857	Uruguay	Garruchos	Ctes	-28.18	-55.64	01/01/1986	28/02/2011
3864	Aguapey	San Carlos	Ctes	-27.75	-55.90	01/01/1987	28/02/2011
3858	Aguapey	Caa Caraf	Ctes	-27.82	-56.26	01/10/1985	28/02/2011
3811	Aguapey	La Sirena	Ctes	-28.42	-56.54	01/10/1977	28/02/2011
3802	Uruguay	Paso Libres	Ctes	-29.72	-57.08	01/01/1991	28/02/2011
3832	Miriñay	San Roquito	Ctes	-29.30	-57.56	01/09/1974	28/02/2011

Tabla 3. Estaciones con registros Climáticos de la SSRH utilizadas ⁽⁴⁾.

Cod	3876	3328	3325	3005
Río	Guayquiraró	San Javier	Saladillos	Paraná
Lugar / Estación	Pueblo Libertador	Colonia Mascias	San Justo	Chapetón
Provincia	Corrientes	Santa Fe	Santa Fe	Entre Ríos
Latitud	-30.22	-30.80	-30.78	-31.65
Longitud	-59.39	-60.01	-60.59	-60.28
TEMPERATURA MAXIMA	01/09/1987	01/01/1982	23/02/1984	30/05/1979
	28/02/2011	28/02/2011	28/02/2011	28/02/2011
TEMPERATURA MINIMA	01/09/1987	01/01/1982	28/08/1981	30/05/1979
	28/02/2011	28/02/2011	28/02/2011	28/02/2011
HUMEDAD	01/04/1992	17/08/1990	14/05/1993	12/01/1979
	28/02/2011	28/02/2011	28/02/2011	28/02/2011
VELOCIDAD VIENTO	02/02/1993	01/01/1993	01/01/1993	02/01/1993
	31/05/2010	28/02/2011	28/02/2011	28/02/2011
HELIOFANIA	02/01/1993	22/01/1993		01/01/1993
	30/04/2003	22/04/2003		08/06/2003
EVAPORACIÓN	01/01/1993	01/01/1993	01/01/1993	01/01/1993
	28/02/2011	28/02/2011	28/02/2011	28/02/2011

(4) En cada variable se presenta inicio y fin de mediciones.

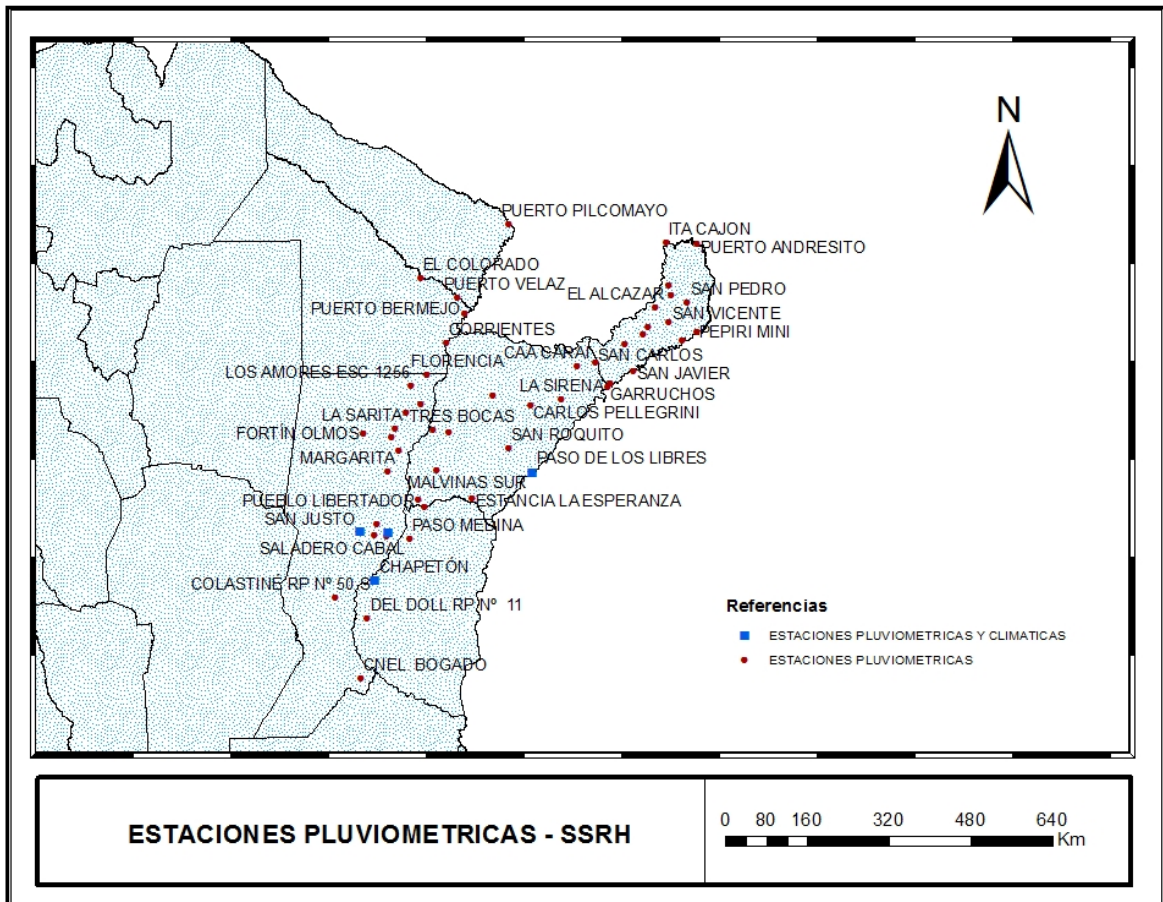


Figura 4. Localización de las estaciones pluviométrica de la SSRH (ver Plano 3).

2.2.4. Diagrama de disponibilidad de precipitaciones

Se presentan en la Figura 5 los meses con registros de precipitación mensual para las estaciones pertenecientes a la SSRH en el década del 70. Las restantes estaciones se encuentran en el Anexo I.2. para la serie total correspondientes al período 1971-2010.

En las mismas se aprecian las lagunas de información y sirven para seleccionar periodos comunes de información entre estaciones.

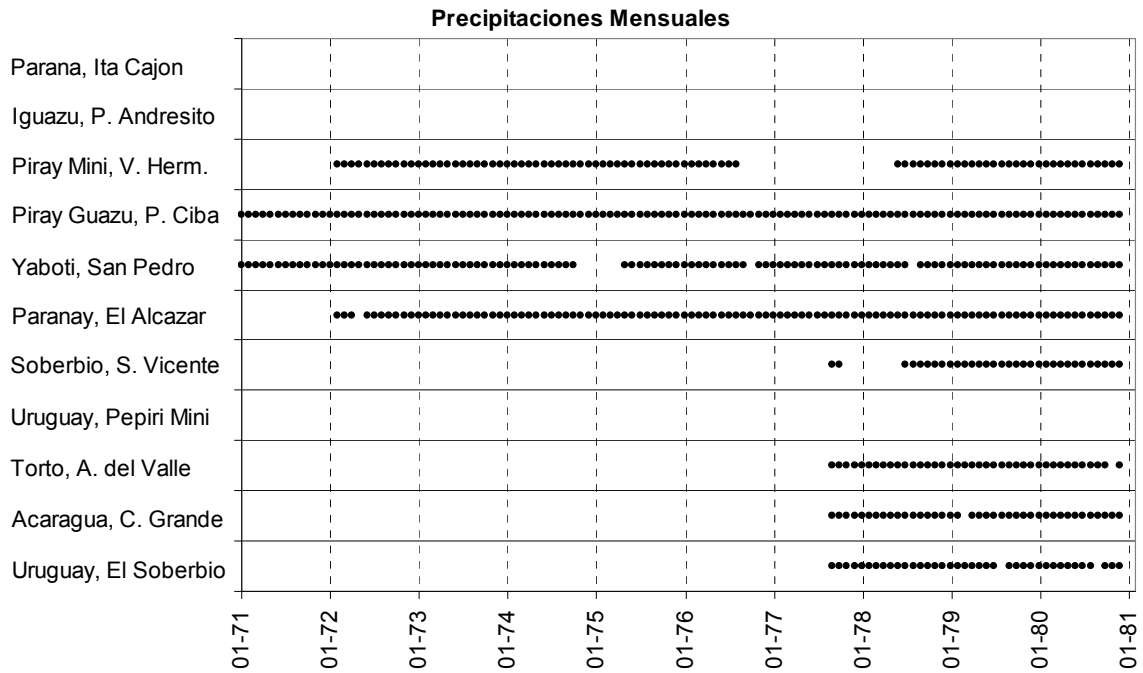


Figura 5. Precipitaciones mensuales existentes SSRH. Período Ene 1971 a Dic 1980.

2.3. Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

2.3.1. Listado y ubicación de estaciones meteorológicas

Del Servicio Meteorológico Nacional se obtuvo información de precipitación mensual y variables climáticas mensuales. Previendo tener una cobertura espacial uniforme fueron seleccionadas 25 estaciones, entre registros propios y pertenecientes a otros organismos, para el análisis de los datos de lluvia. En la Tabla 4 y Tabla 5 se observan referencias de las estaciones y datos disponibles respectivamente. Las variables son mensuales y la leyenda “Inc” significa que los registros son “Incompletos”.

La ubicación de las mismas se presenta en la Figura 6.

Tabla 4. Estaciones del SMN con registros de datos climáticos.

Nº Inter.	Nombre Estación	Provincia	Latitud	Longitud	Altura (m)	Inicio datos disponibles
87158	Colonia Benítez INTA	Chaco	27.25	58.56	54	1970
87155	Resistencia Aero	Chaco	-27.45	-59.05	52	1964
87148	R. Sáenz Peña Aero	Chaco	-26.75	-60.40	93	1998
87534	Laboulaye Aero	Córdoba	-34.13	-63.37	137	1931
87467	Marcos Juárez Aero	Córdoba	-32.7	-62.15	114	1952
87349	Pilar Obs.	Córdoba	-31.67	-63.88	338	1925
87453	Río Cuarto Aero	Córdoba	-33.12	-64.23	421	1931
87166	Corrientes Aero	Corrientes	-27.45	-58.77	62	1961
87286	Curuzú Cuatiá Aero	Corrientes	-29.78	-57.98		1962
87393	Monte Caseros Aero	Corrientes	-30.27	-57.65	54	1931
87289	Paso Los Libres Aero	Corrientes	-29.68	-57.15	70	1956
87493	Conc. Uruguay INTA	E. Ríos	32.29	58.2	25	1970
87395	Concordia Aero	E. Ríos	-31.3	-58.02	38	1962
87497	Gualedaychú Aero	E. Ríos	-33	-58.62	21	1931
87374	Paraná Aero	E. Ríos	-31.78	-60.48	78	1931
87162	Formosa Aero	Formosa	-26.2	-58.23	60	1962
87078	Las Lomitas	Formosa	-24.7	-60.58	130	1956
87180	Cerro Azul INTA	Misiones	27.39	55.26	270	1970
87097	Iguazú Aero	Misiones	-25.73	-54.47	270	1961
87178	Posadas Aero	Misiones	-27.37	-55.97	125	1956
87257	Ceres Aero	Santa Fe	-29.88	-61.95	88	1931
87270	Reconquista Aero	Santa Fe	-29.18	-59.7	53	1948
87480	Rosario Aero	Santa Fe	-32.92	-60.78	25	1935
87371	Sauce Viejo Aero	Santa Fe	-31.7	-60.82	18	1958
87129	Sgo del Estero Aero	S. Estero	-27.78	-64.27	199	1981

Tabla 5. Variables suministradas por el SMN.

Estación	Período disponible	Variables mensuales							
		P.	T. Max	T. Med	T. Min	T. Vap.	H. R.	He. Ef.	I. Vto.
Colonia Benítez INTA	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Resistencia Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Laboulaye Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Marcos Juárez Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Pilar Obs.	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Río Cuarto Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Corrientes Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Curuzú Cuatiá Aero	1970-2010	Inc	Inc	Inc	Inc	Inc	No	Inc	Inc
Monte Caseros Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Paso de los Libres Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Concepción del Uruguay INTA	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Concordia Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Gualedaychú Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

		Variables mensuales							
Paraná Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Formosa Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Las Lomitas	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Cerro Azul INTA	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Iguazú Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Posadas Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Ceres Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Reconquista Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Rosario Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Sauce Viejo Aero	1970-2010	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Santiago Del Estero	1970-2010	SI	No	No	No	No	No	No	No

Referencias:

P: Precipitación mensual en mm

T. Max: Temperatura máxima mensual en °C

T. Med: Temperatura media mensual en °C

T. Min: Temperatura mínima mensual en °C

T Vap: Tensión de vapor en hPa

HR: Humedad relativa en %

He Efe: Heliofanía efectiva en hs

I Vto: Intensidad de viento en km/h

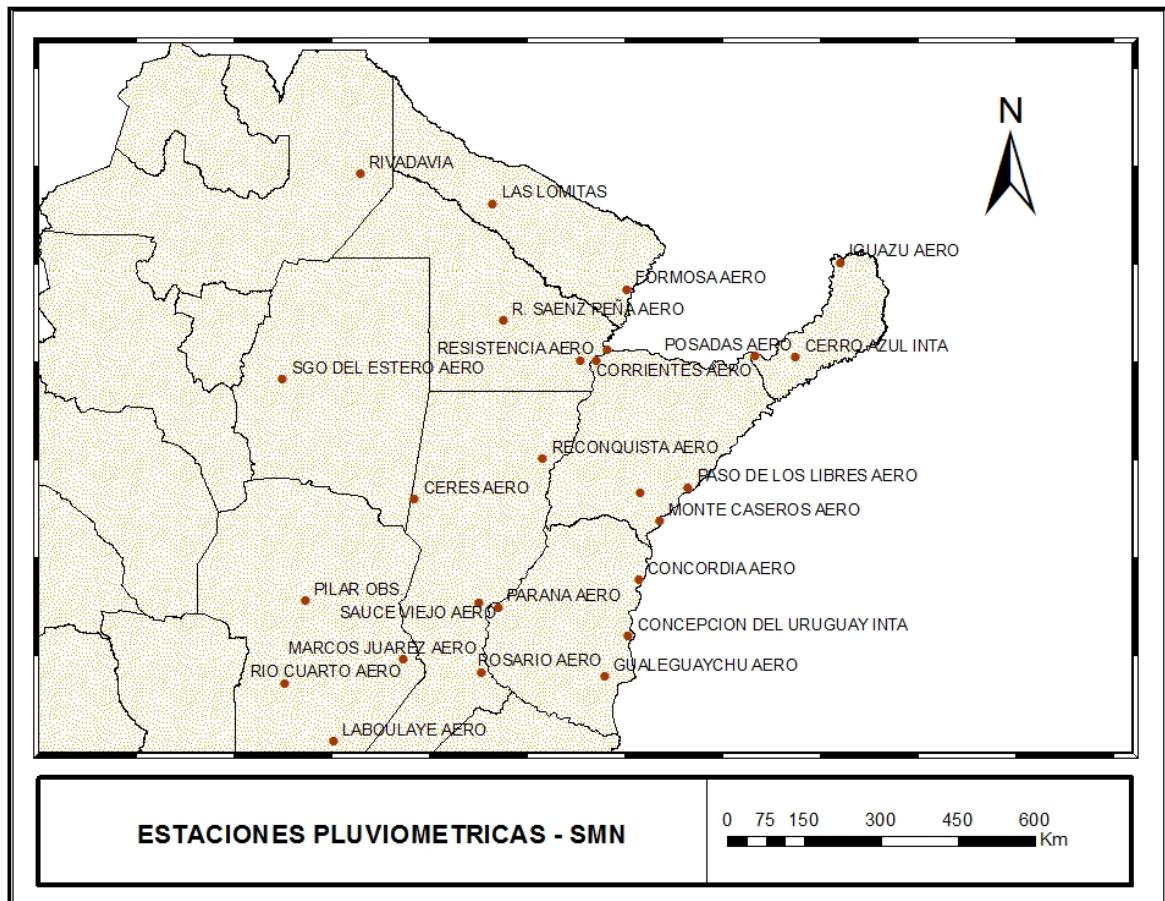


Figura 6. Localización de las estaciones del SMN utilizadas (ver Plano 4).

2.3.2. Diagramas de disponibilidad de precipitaciones

Se realizaron los diagramas de disponibilidad de datos para identificar los meses faltantes y visualizar los periodos comunes de información, para la serie 1971-2010. La Figura 7 muestra a modo de ejemplo la representación para un conjunto de estaciones para el decenio 71-80. Las restantes figuras se presentan en el Anexo I.3.

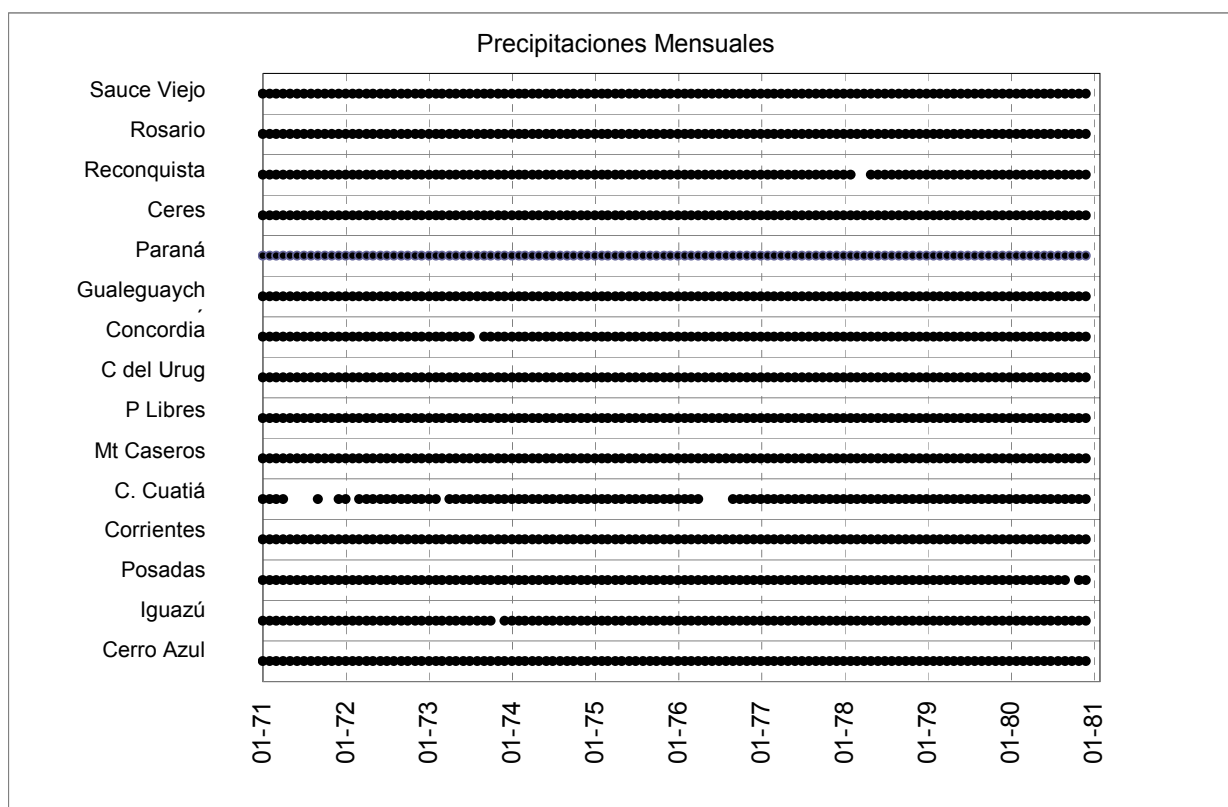


Figura 7. Precipitación mensual existente SMN. Período Ene 1971 a Dic 1980.

2.4. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

2.4.1. Listado y ubicación de estaciones meteorológicas

Las estaciones pertenecientes al INTA que se encuentran en la zona de análisis se detallan en la Tabla 6 y se muestran en la Figura 8.



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Tabla 6. Estaciones del INTA con registros de datos climáticos.

Cód.	Nombre Estación	Provincia	Latitud	Longitud	Inicio	Fin
487	Colonia Benítez INTA	Chaco	-27.42	-58.93	1968	2013
464	El Colorado INTA	Chaco	-26.30	-59.37	1961	2013
416	Las Breñas INTA	Chaco	-27.08	-61.12	1967	2013
415	Roque Sáenz Peña INTA	Chaco	-26.87	-60.45	1961	2013
438	Manfredi INTA	Córdoba	-31.82	-63.77	1969	2013
502	Marcos Juárez INTA	Córdoba	-32.68	-62.12	1967	2013
67	Bella Vista INTA	Corrientes	-28.43	-58.92	1961	2013
460	Corrientes INTA	Corrientes	-27.65	-58.77	1968	1998 ⁽⁵⁾
497	Conc. Uruguay INTA	E Ríos	-32.48	-58.23	1968	2013
496	Concordia INTA	E Ríos	-31.36	-58.12	1969	2013
114	Paraná INTA	E Ríos	-31.83	-60.52	1961	2013
423	Cerro Azul INTA	Misiones	-27.65	-55.43	1968	2012
472	Oliveros INTA	Santa Fe	-32.55	-60.85	1961	2013
98	Rafaela INTA	Santa Fe	-31.18	-61.55	1961	2012
437	Reconquista INTA	Santa Fe	-29.18	-59.70	1970	2012
550	La María INTA	S. Estero	-28.23	-64.15	1995	2013 ⁽⁵⁾
404	La Banda INTA	S. Estero	-27.75	-64.25	1961	1988
190	Campo Gallo	S. Estero	-26.58	-62.85	1971	1977

(5) Registros incompletos.

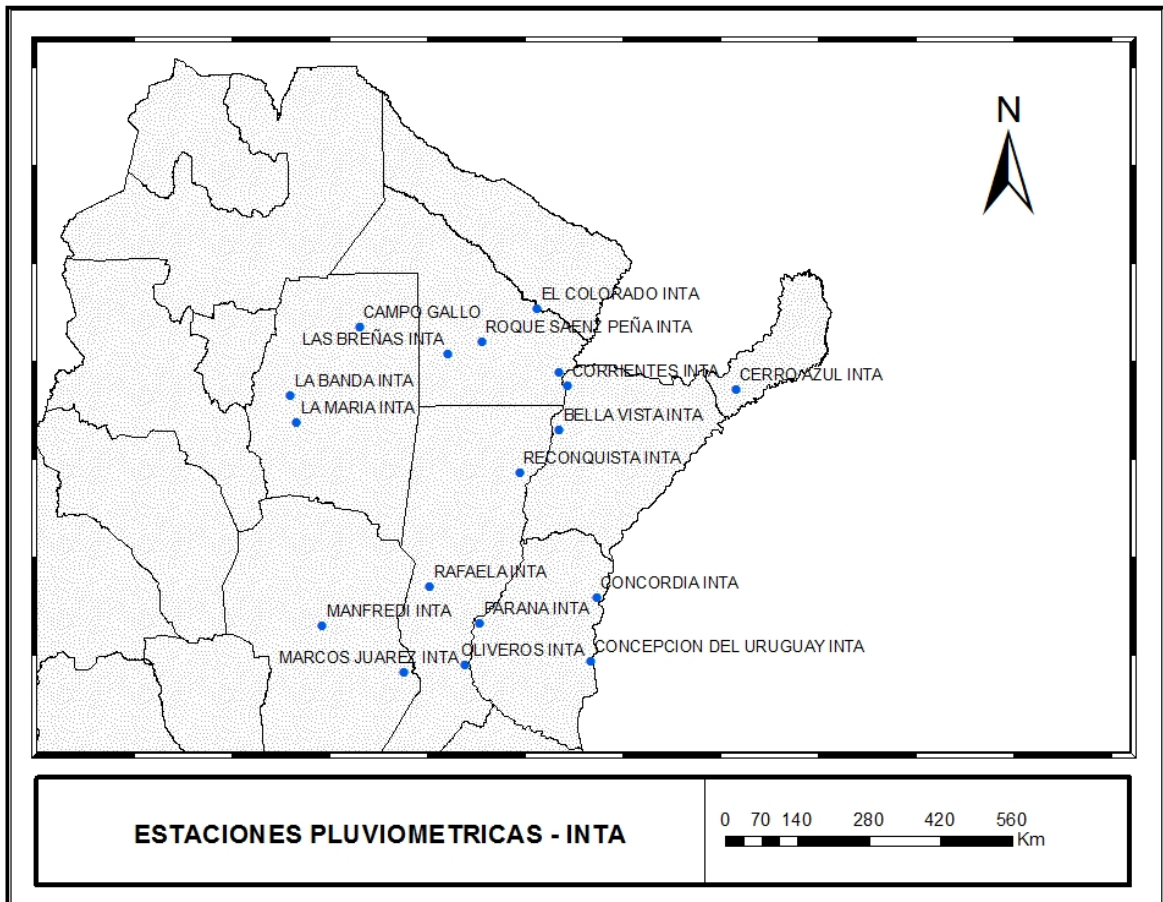


Figura 8. Localización de las estaciones del INTA utilizadas (ver Plano 5).

2.4.2. Diagramas de disponibilidad de precipitaciones

Con los datos de precipitaciones mensuales suministrados por el INTA de las estaciones que se detallan en la Tabla 6, se realizaron los diagramas de disponibilidad de datos para identificar los meses faltantes y visualizar los periodos comunes de información. La Figura 9 muestra, a modo de ejemplo, los meses cuando existe información en el período 1971-1980, las restantes figuras, para la serie completa, se presentan en el Anexo I.4. Las estaciones se han agrupados representando cada figura una década.

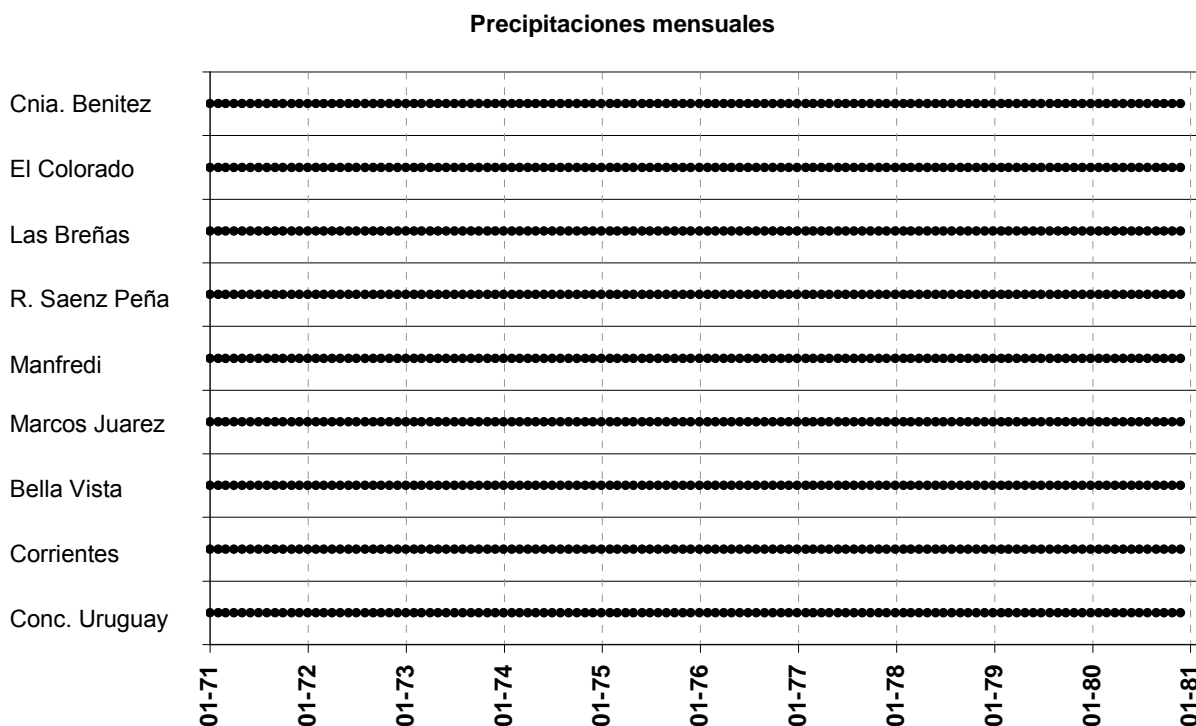


Figura 9. Precipitación mensual existente INTA. Período Ene 1971 a Dic 1980.

2.5. Información hidroclimática procesada por otros organismos

2.5.1. Mapa de precipitación

Se presenta a continuación el mapa de precipitación media anual de Argentina realizado por el programa nacional de eco-regiones del INTA (Bianchi y Cravero, 2010) y publicado como Atlas Climático Digital de Argentina (Figura 10). El mismo fue construido con información del Servicio Meteorológico Nacional, Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Banco Nacional de Datos Hídricos, e información recopilada de diversos autores.

La preferencia en utilizar este mapa como base para el trabajo se debe a que:

- a) el mismo fue consistido con la información de estaciones disponibles del INTA, SMN, SSRH y otros
- b) los registros de precipitaciones completos que se disponen pueden no ser suficientes para generar mapas independientes de mayor precisión al elaborado por el INTA (2010)

- c) el mismo ha sido también utilizado por otros equipos de trabajo (Centro Regional Andino del INA) para la modelación de cultivos.

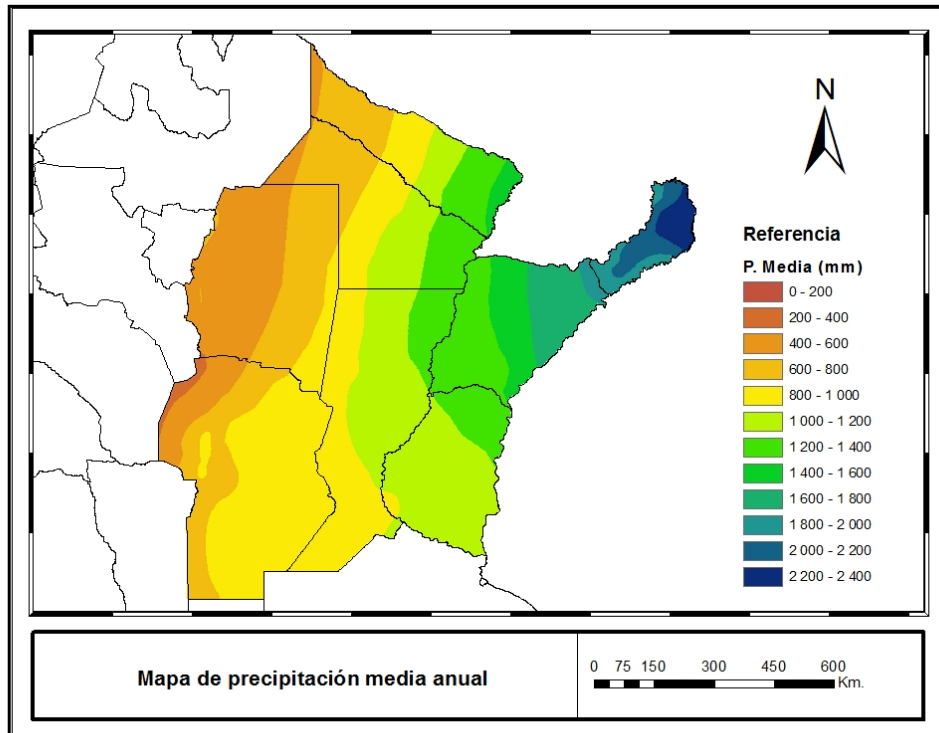


Figura 10. Precipitación media anual, Atlas Climático Digital de Argentina (mm/año). Fuente: Bianchi y Cravero, 2010 (ver Plano 6).

2.5.2. Mapa de temperatura

Se presenta a continuación el mapa de temperatura media anual de Argentina obtenido por el Programa Nacional de Eco-regiones del INTA (Bianchi y Cravero, 2010) y publicado como Atlas Climático Digital de Argentina (Figura 11). En su confección se utilizó información climática de las mismas fuentes citadas para el mapa de precipitación, además de datos recopilados de la ex Red Agrometeorológica de la provincia de Salta, según se indica en el compendio que lo acompaña.

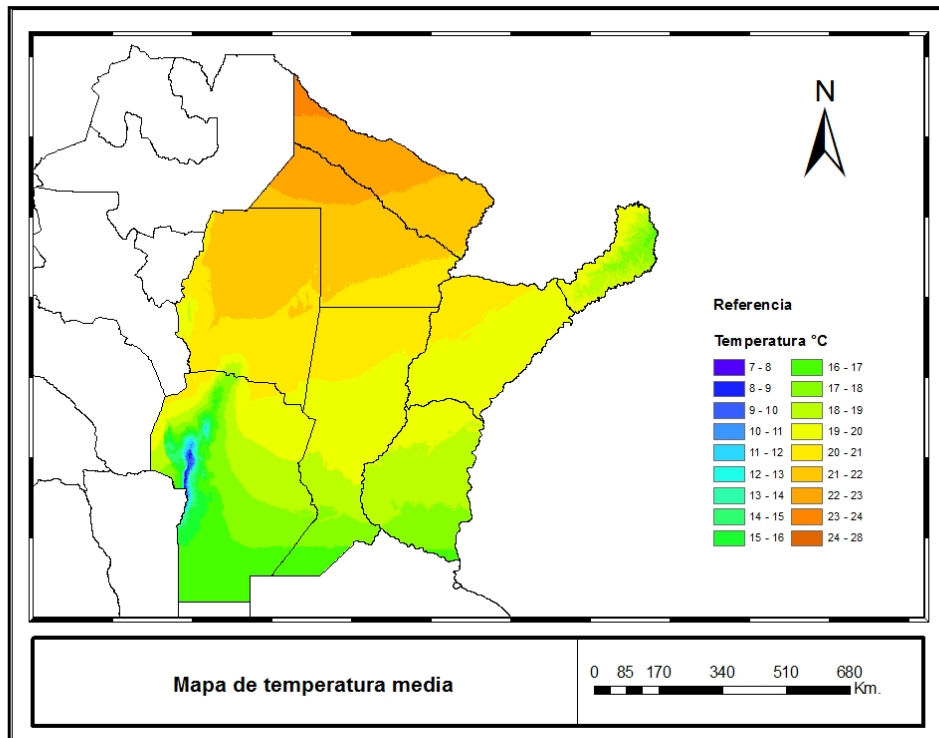


Figura 11. Temperatura media anual, Atlas Climático Digital de Argentina (°C). Fuente: Bianchi y Cravero, 2010 (ver Plano 7).

2.5.3. Mapa de evapotranspiración de referencia

Para disponer de los valores de evapotranspiración de referencia media anual areal, se utilizó el mapa de evapotranspiración de referencia anual (Figura 12), confeccionado por el Centro Regional Andino del Instituto Nacional del Agua (CRA-INA) para este trabajo. El mismo fue obtenido aplicando el modelo CROPWAT (Smith, 1992) para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) mensual, con la base de datos meteorológicos CLIMWAT y mediante el uso de la ecuación combinada de Penman - Monteith.

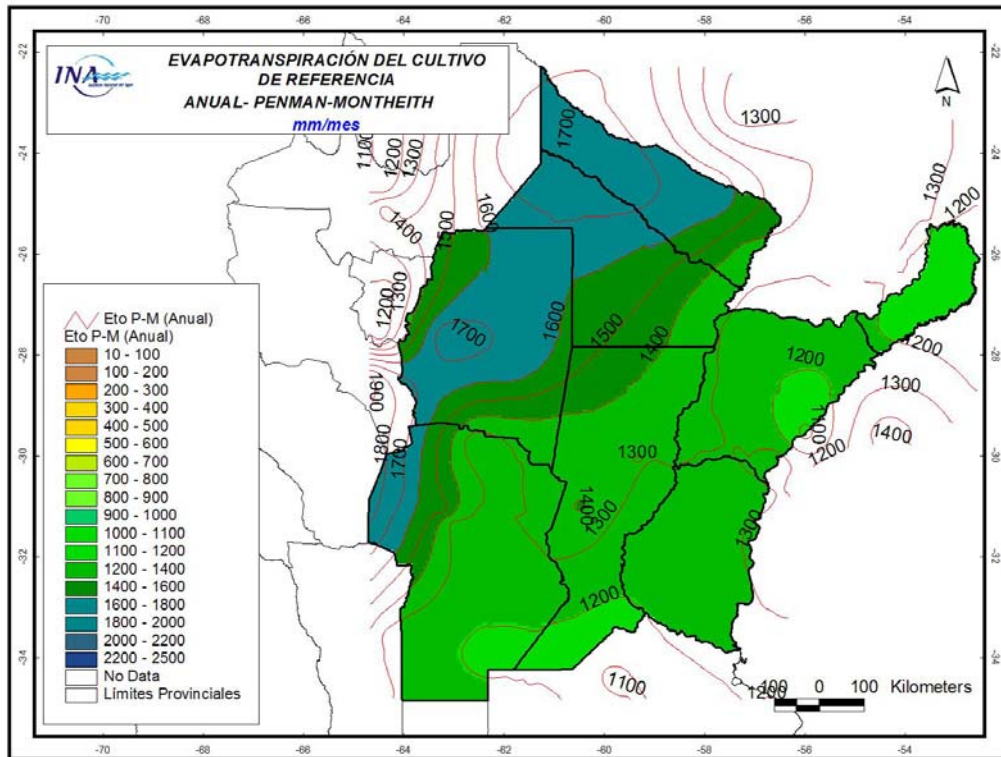


Figura 12. Evapotranspiración del cultivo de referencia anual (mm/año). Fuente: CRA-INA, 2013.

2.5.4. Mapa de clima y suelos

La información de clima y suelo (referida a tipo y textura) se presentan de la Figura 13 a la Figura 15 respectivamente. La base de datos fue obtenida del Atlas de suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 1995).

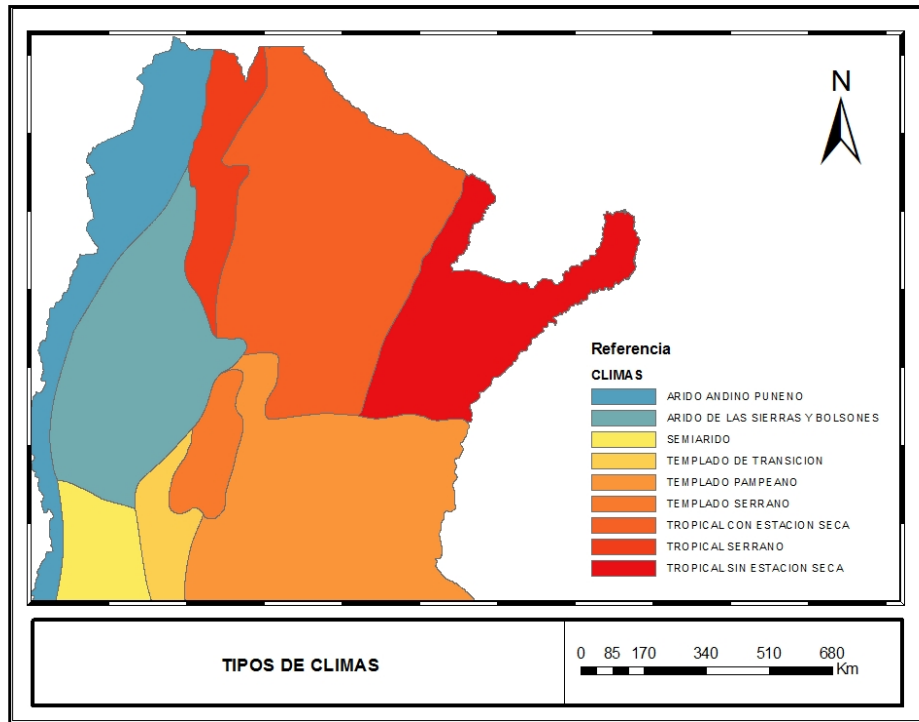


Figura 13. Tipo de Climas (ver Plano 8).

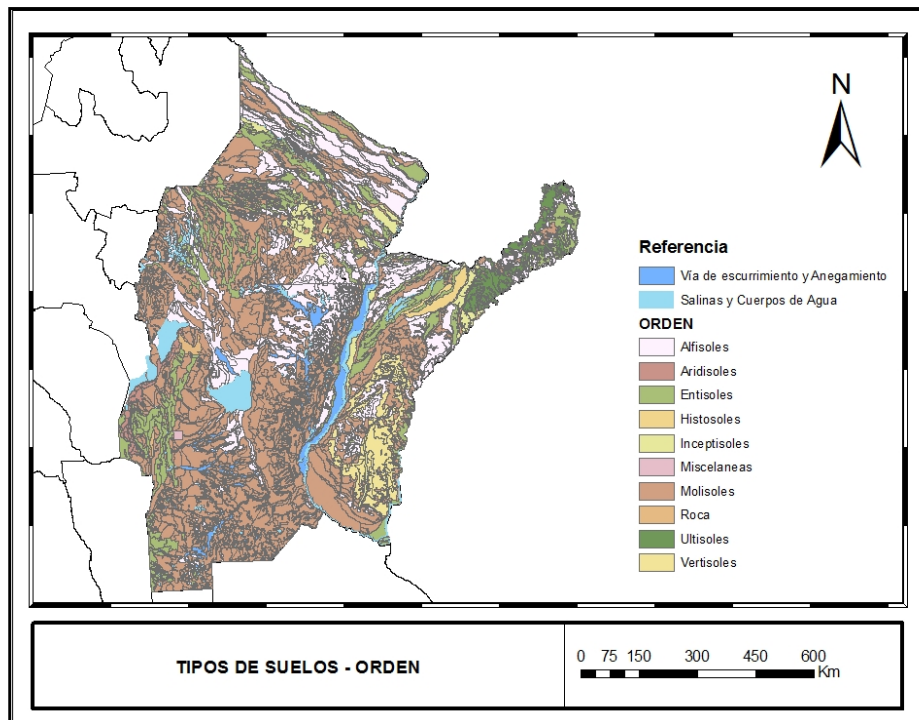


Figura 14. Tipo de suelo – orden (ver Plano 9).

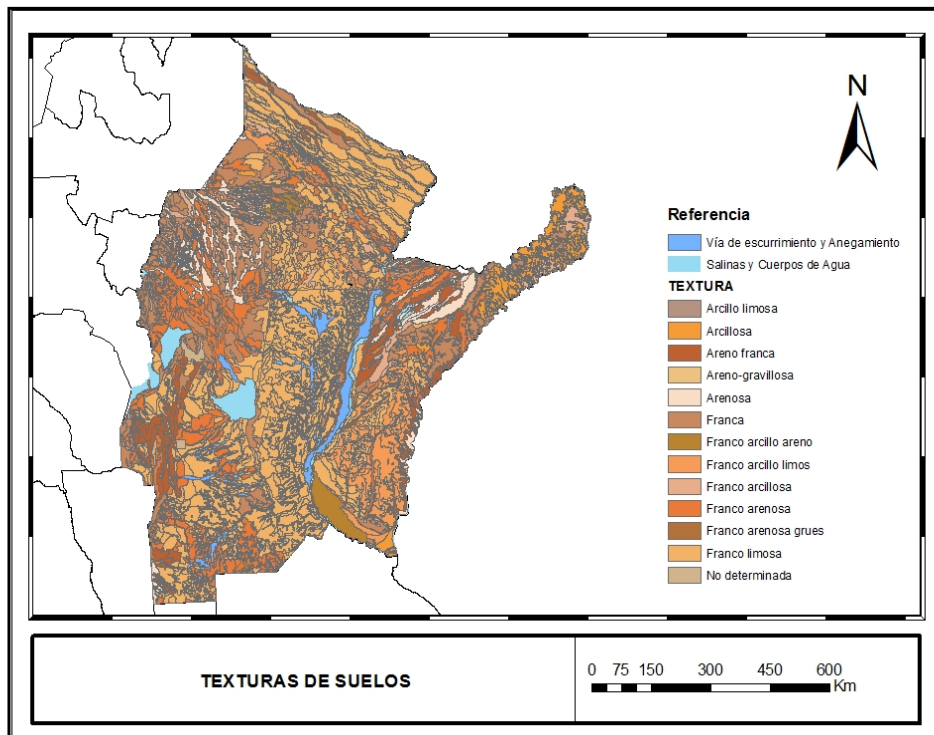


Figura 15. Textura de suelo superior (ver Plano 10).

2.5.5. Topografía (MDT)

Para la representación de la topografía de la zona de estudio, inicialmente se trabajó con el Modelo de Elevación Digital proveniente del Proyecto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), con una resolución espacial de 90 metros. Los mosaicos correspondientes a la zona de estudio fueron descargados en formato TIFF del sitio web de Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI).

La Figura 16 presenta el modelo digital del terreno utilizado. En base a este Modelo Digital del Terreno (MDT) se obtuvieron las cuencas y subcuencas y en una etapa posterior de trabajo, los límites fueron ajustados utilizando las curvas de nivel del SIG 250 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), disponible en su página web, y contrastados con los publicados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación en el Atlas 2010.

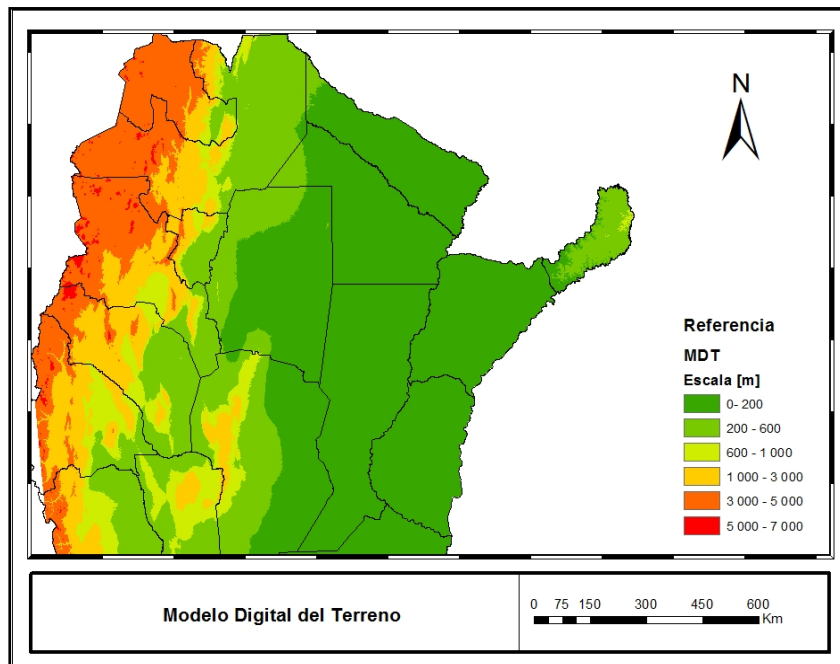


Figura 16. Modelo digital del terreno de la zona de estudio (ver Plano 11).

2.5.6. Lagunas y reservorios artificiales

Los cuerpos de agua más importantes del área de estudio se presentan en la Figura 17, los mismos se obtuvieron de la base del Atlas 2010 (SSRH; 2010) que también ofrece un catálogo nacional de lagos y embalses de la República Argentina del Atlas 2010, y se encuentra disponible en la página:

[http:// www.hidricosargentina.gov.ar/indiceLagos.html](http://www.hidricosargentina.gov.ar/indiceLagos.html).

En la Tabla 7 se menciona el nombre, la provincia y el tipo, de acuerdo a la clasificación realizada por la SSRH.

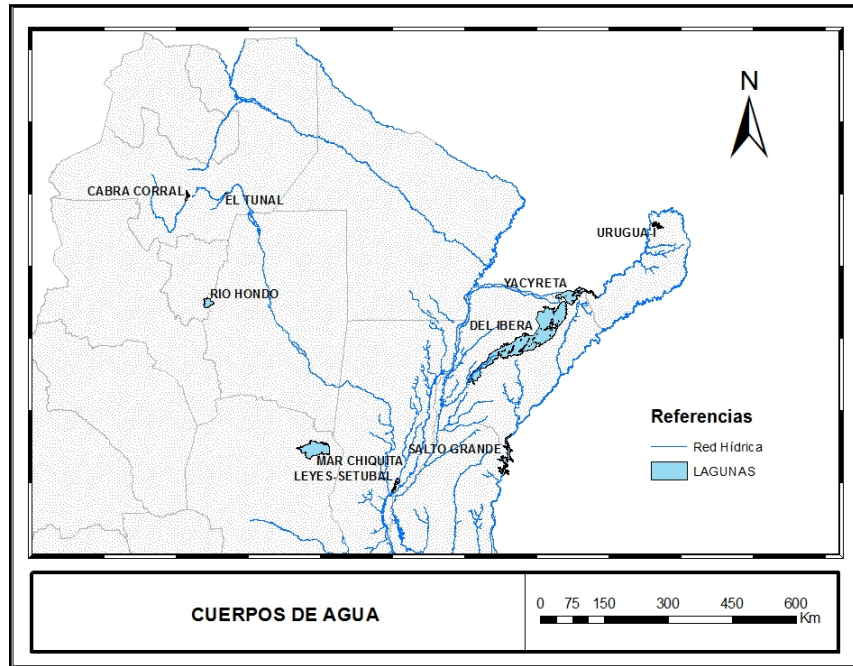


Figura 17. Red hídrica con lagunas y reservorios más importantes.

Tabla 7. Cuerpos de agua principales en la zona de estudio.

Cuerpo de agua	Provincia	Tipo s/ SSRH
Urugua-I	Misiones	Embalse
Iberá	Corrientes	Laguna
Yacyretá	Corrientes	Embalse
Salto Grande	Entre Ríos	Embalse
Setúbal	Santa Fe	Laguna
Mar Chiquita	Córdoba	Laguna
Cabra Corral	Salta	Embalse
El Tunal	Salta	Embalse
Río Hondo	Santiago del Estero	Embalse

2.5.7. Cursos de agua

Los cursos de agua utilizados provienen de la base de datos del SIG 250 del IGN que corresponde a una escala de 1:250.000. Los mismos se encuentran disponibles en la página web del Instituto Geográfico Nacional (IGN), <http://www.ign.gob.ar/sig250>.



3. Precipitaciones

3.1. Análisis de datos y caracterización del régimen pluviométrico

3.1.1. Estaciones y datos utilizados

A partir de la información disponible a paso de tiempo mensual presentada en el apartado 2 de este informe, se realizó un análisis de datos faltantes, valores medios, máximos y mínimos y completamiento de series. Se trabajó básicamente con series del SMN e INTA ya que las series pertenecientes a la SSRH no cuentan con suficiente longitud de registro.

Teniendo en cuenta los períodos con disponibilidad de registros se utiliza el periodo 1971-2010. De esta manera se tiene una longitud de registros suficientemente larga para caracterizar las precipitaciones, contando a su vez con cuatro series decádicas coincidentes con las estadísticas elaboradas por el Servicio Meteorológico Nacional.

Como tratamiento primario de la información se han rellenado los datos mensuales de precipitaciones faltantes. La estación que más datos faltantes presenta es Cruzú Cuatiá (Corrientes), con 12 meses faltantes al inicio de la serie.

Las planillas con los datos de precipitación mensuales para la serie 1971-2010 y sus correspondientes valores promedios, máximos y mínimos mensuales y anuales se presentan en el Anexo I.5. Como ejemplo se incluye la Tabla 8 de la estación Colonia Benítez del INTA.

Tabla 8. Precipitaciones mensuales y anuales (mm). Colonia Benítez. Serie 1971-2010.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1971	130.9	49.8	239.3	147.6	106.8	7.4	38.5	102	25.4	44.6	31.1	123	1046
1972	254.6	50.8	227.9	124.4	105.7	145.8	33.7	30	27.3	200.3	308.6	106.5	1616
1973	338.9	98.7	220	244.8	76.7	100.9	118.9	48.7	49.9	180.6	110.7	193	1782
1974	83.6	214.9	64.2	78.9	152.2	45.7	83	27.2	19	40.4	66.3	143.4	1019
1975	51.5	135.7	374.8	126.6	56.1	44.9	22.1	84.5	52.7	55.3	229.7	80.6	1315
1976	218.5	72	165.1	70	37.5	13.9	8.5	33.2	25	143	70.3	124.3	981
1977	239.2	173.4	51	92.9	72.5	18.1	47.5	56.4	7.7	87.5	197.7	158.1	1202
1978	51.3	144.9	34	39	45	49.9	38	6.5	44.3	113.5	206.5	90.5	863
1979	29.8	117.9	131.3	114.6	5.5	52.9	36.5	73.7	68.5	148.8	119.5	311.3	1210
1980	142.5	87.5	128.5	127	95.1	57	3.5	30.4	57.3	186	225.2	76.5	1217
1981	332.5	280.5	139.3	166	98	65.5	48.5	18	27.8	129.5	215.5	55.8	1577
1982	103.4	229	106.2	74.5	10.2	231.5	23.5	204.5	140	38	374	144.8	1680
1983	257.5	94.5	178.5	240.9	223.5	6.2	48.5	3.5	6	72.5	89	21.6	1242



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1984	356	64.6	295	135	166	93	13	14	99	224	208.5	75.5	1744
1985	38.7	349	227.5	280.5	129	4	44.5	51	80.5	52.7	16.1	101.6	1375
1986	57.2	105.7	358	385.4	126.1	187.2	31	29	208	143.3	166	80.5	1877
1987	137.3	247.5	68.2	243.3	48.5	135.6	87.6	79	17.3	65.5	165.2	108.1	1403
1988	254.5	22.5	80	227.2	2.4	32.7	3.5	18.2	42.3	63.5	123.5	74.6	945
1989	79.7	71.2	221.4	263.7	7.5	66.3	51.8	92.5	78.7	170.7	91.2	170.5	1365
1990	156.4	169.7	128.3	465.7	111	72.8	8	65	70	396.3	103	248.2	1994
1991	127	51.3	25.3	146.2	262.5	55.5	15.9	6.7	43.6	110.7	141.3	175.5	1162
1992	132.5	169	132.8	186.5	67.7	107.2	23	61.3	67	232.7	98.5	192.1	1470
1993	273.1	17	179.2	66.6	34	17.5	21	20.5	57.5	102.2	244.8	86	1119
1994	138	161.8	196.8	106.5	104.1	51	29.5	37	66.5	159.5	366.4	49.5	1467
1995	322.1	291.5	280.6	67	131.5	5	23.5	47	33	65.2	78.5	92.1	1437
1996	184.1	234.2	145.5	386.9	19	6.2	1.5	56	112	191.6	131.7	472.5	1941
1997	61.5	489	12.5	62.5	82.3	17.5	36	39.5	64	236.3	177.1	198	1476
1998	230.7	283.2	121.2	503.4	25.2	49	17.2	36	44.9	98.4	193	236.2	1838
1999	146.6	129	249.5	85.4	75	47	22	0	10.6	36	77.5	105.9	985
2000	217.2	287.2	139.8	182.7	112.2	47	3.1	53.7	34.5	207.2	146	262	1693
2001	192.1	98.8	150.5	87.4	2	77.5	17.5	36	57.3	190.5	179.5	77.5	1167
2002	357.5	46.5	372	262.6	59.2	33.5	85.2	68.5	70.9	124.7	224.5	216.9	1922
2003	52	128.5	168	128.2	4.5	1.7	2.5	53.5	29.7	120	126	253.2	1068
2004	25.5	34	80	76.5	1.6	64.8	30	33	168.4	202.5	228	195	1139
2005	65.5	23.5	104.2	151.7	76.5	43.5	1.8	21.7	42.3	105.2	184	111	931
2006	40.3	29	194.5	157.3	47.7	96.2	9.5	20.5	22.5	202.2	123.2	144.2	1087
2007	174.5	95.8	154.6	110.9	11.2	18	4.5	1.3	155.8	168.5	101.4	178.3	1175
2008	55.3	96.9	52	48.7	8	68.5	3.9	19.3	91	270.1	43.7	109.5	867
2009	138.6	126.5	18.1	26.2	69	11.4	45	56.8	28.8	58.2	612.6	87.9	1279
2010	307.4	99	250.8	61.8	210.6	2	39.2	76.5	80.2	70.8	43.2	255.8	1497
MEDIA	163.9	141.8	161.7	163.8	77.0	56.3	30.5	45.3	60.7	137.7	166.0	149.7	1354
MAXIM	357.5	489	374.8	503.4	262.5	231.5	118.9	204.5	208	396.3	612.6	472.5	1994
MINIM	25.5	17	12.5	26.2	1.6	1.7	1.5	0	6	36	16.1	21.6	863

En trazo rojo se indica el mayor valor de precipitación mensual y anual de la serie, mientras en trazo azul se indica el menor valor de precipitación mensual y anual de la serie.

Los datos rellenados se encuentran en celdas sombreadas, marcándose también el valor anual correspondiente.

La Tabla 9 resume los valores de Precipitación medias mensuales y anuales para la serie 1971-2010, de las estaciones analizadas. Por su parte la Tabla 10 presenta un

resumen de los mínimos mensuales, destacándose los valores nulos de precipitación, fundamentalmente en el periodo mayo setiembre.

Tabla 9. Precipitaciones medias anuales y mensuales (mm). Serie 1971-2010.

Nombre Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Resistencia A.	165.0	153.3	175.2	182.5	83.0	61.9	36.5	43.5	61.6	128.0	163.8	151.0	1405
R. S. Peña A	108.2	81.2	130.9	112.4	40.2	23.3	15.6	18.8	32.9	77.1	98.2	101.4	840
Laboulaye A.	118.3	115.7	136.1	79.1	33.1	15.4	17.2	20.4	46.0	88.9	105.1	122.8	898
M. Juárez A.	121.6	117.7	113.3	86.1	37.6	24.7	21.0	21.5	52.6	92.6	103.2	146.6	938
Pilar Obs.	132.7	110.2	110.8	62.5	21.4	8.6	13.9	9.7	35.6	64.5	102.7	145.0	818
Río Cuarto A.	136.2	93.7	112.5	59.9	29.7	12.2	13.9	17.4	40.3	77.8	125.0	140.5	859
Corrientes A.	169.7	146.9	171.6	187.9	91.1	67.5	41.8	51.0	66.1	138.8	171.7	157.2	1461
C. Cuatiá A.	125.3	145.2	152.9	175.1	96.8	77.6	69.1	45.0	96.3	142.8	136.4	117.0	1379
M. Caseros A.	153.9	159.6	148.8	171.8	105.9	85.3	74.4	65.8	101.2	145.5	147.4	131.8	1492
P. Libres A.	142.4	159.2	155.3	187.7	125.7	97.2	85.0	70.9	110.8	157.0	146.5	120.4	1558
Concordia A.	136.8	141.9	159.1	152.6	102.7	80.8	59.9	61.8	95.3	132.5	141.5	120.6	1386
Gualeduaych. A.	121.8	124.0	130.9	106.3	77.6	58.3	53.5	53.5	77.2	108.4	115.8	112.2	1140
Paraná Aero	121.1	133.3	163.8	125.2	55.8	39.3	31.1	34.5	67.3	119.3	124.5	133.0	1148
Formosa Aero	161.3	128.2	148.1	159.5	100.4	66.6	46.3	50.1	86.8	137.8	169.1	164.1	1418
Las Lomitas	132.5	114.6	150.6	83.4	52.3	21.2	12.1	17.6	31.7	65.9	118.1	130.0	930
Iguazú Aero	178.4	147.3	127.7	156.9	180.4	150.5	111.1	110.7	154.2	223.7	179.1	170.8	1891
Posadas Aero	164.5	149.6	141.8	172.8	134.9	139.5	100.5	100.7	140.4	210.4	170.8	176.8	1803
Ceres Aero	135.5	123.8	156.4	97.8	34.4	21.5	14.4	14.8	43.3	80.8	104.8	141.5	969
Reconquista A.	142.7	157.3	169.1	156.0	63.8	48.8	30.0	29.8	59.1	116.3	148.2	136.9	1258
Rosario Aero	111.2	127.5	145.9	97.7	54.2	34.1	29.6	36.1	55.6	105.0	107.7	121.3	1026
Sauce Viejo A.	107.9	115.4	151.7	112.2	47.7	34.0	25.4	31.3	57.8	104.8	127.9	117.1	1033
Sgo Estero Aero	110.3	82.7	75.3	36.4	11.4	6.3	3.1	2.8	11.4	33.2	54.9	73.1	501
C. Benítez INTA	167.3	142.1	162.2	165.7	76.3	56.3	30.6	44.9	62.1	135.4	169.0	150.4	1362
El Colorado INT	123.5	125.2	138.1	134.1	84.3	40.8	29.1	28.6	51.3	115.0	148.5	144.2	1163
Las Breñas INT	147.0	130.0	142.7	118.3	37.3	25.2	14.3	15.6	34.7	80.8	125.9	125.0	997
R. S. Peña INTA	139.3	112.4	139.0	125.7	47.9	23.3	17.8	20.6	35.2	92.3	125.6	130.6	1010
Manfredi INTA	123.3	100.2	104.2	63.8	18.8	8.3	13.2	8.9	35.0	67.4	100.0	137.1	780
M. Juárez INTA	116.2	113.0	112.6	80.4	35.7	22.7	22.2	19.8	48.1	92.2	102.1	136.0	901
Bella Vista INTA	141.5	154.8	159.7	165.5	71.5	53.0	39.3	38.7	66.8	138.6	152.2	142.4	1324
Corrientes INTA	163.0	132.3	167.4	205.0	108.2	87.6	41.9	46.8	56.6	117.8	143.3	124.7	1395
C. Uruguay INT	112.4	118.2	137.2	123.7	82.7	64.8	54.8	49.1	75.9	115.3	110.8	116.1	1161
Concordia INTA	137.5	136.0	144.3	140.9	99.8	78.8	57.8	53.9	98.9	121.3	140.8	126.6	1326
Paraná INTA	117.3	126.7	156.8	117.5	53.1	38.8	29.5	35.5	66.1	115.0	117.7	133.3	1107
Cerro Azul INTA	178.6	178.0	157.2	197.0	158.9	148.8	113.7	120.0	158.8	222.0	165.5	178.6	1977
Oliveros INTA	119.4	125.7	138.0	92.4	53.7	30.9	27.8	31.2	56.0	106.1	107.1	138.1	1026
Rafaela INTA	124.5	130.5	160.6	106.6	46.7	30.4	19.6	20.5	47.9	84.2	115.6	137.1	1024
ReconquistaINT	135.9	164.4	168.1	157.3	58.1	46.8	29.2	28.5	59.6	124.0	152.5	135.9	1260
La María INTA	123.2	108.8	117.1	33.4	16.5	7.0	2.1	0.9	12.3	52.4	57.0	102.3	623
La Banda INTA	139.4	115.9	99.6	46.4	14.1	6.6	4.2	1.9	15.1	50.5	76.5	107.2	677
Campo Gallo	135.2	98.8	107.2	57.6	16.9	8.4	3.0	2.9	15.7	41.1	84.1	112.6	683

Tabla 10. Precipitaciones mínimas mensuales (mm). Serie 1971-2010.

Nombre Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Resistencia Aero	35.8	14.2	11.5	36.8	1.6	4.9	0.1	0.4	0.0	29.4	19.8	43.9
R. Sáenz Pena Aero	6	4	2	2	1.2	1.6	0	0	0	6	5	5
Laboulaye Aero	8.0	26.5	14.1	1.4	0.8	0.0	0.6	0.0	0.8	9.9	25.4	21.3
Marcos Juárez Aero	9.3	34.3	15.2	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	12.1	4.8	37.8
Pilar Obs.	25.2	39.4	17.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	9.7	16.4	24.9
Río Cuarto Aero	38.0	3.0	32.5	6.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	19.0	27.1
Corrientes Aero	39.7	17.4	30.4	40.3	4.0	3.0	3.0	0.4	4.8	29.0	16.3	43.7
Curuzú Cuatiá Aero	5.0	2.3	40.0	2.0	6.6	0.0	0.0	0.0	9.6	19.1	2.0	15.0
Monte Caseros Aero	8.5	11.5	22.2	33.9	4.6	6.1	1.0	0.6	13.7	25.5	8.6	12.1
Paso de los Libres Aero	11.2	15.2	35.5	18.7	4.8	4.0	4.0	2.0	21.0	23.8	8.6	19.0
Concordia Aero	7.2	7.2	27.0	15.0	0.9	3.3	7.3	0.4	6.8	28.2	4.0	21.0
Gualedaychú Aero	2.1	10.1	5.8	14.1	0.3	0.0	4.0	0.0	7.9	11.5	22.4	10.5
Paraná Aero	9.7	3.6	26.2	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	28.8	6.7	17.7
Formosa Aero	12.8	4.1	10.1	17.1	12.9	4.7	0.2	1.0	18.3	15.7	22.1	34.7
Las Lomitas	30.0	5.6	22.5	8.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2	0.0	26.9	13.0
Iguazú Aero	20.8	4.5	24.0	4.0	4.5	13.4	1.7	10.0	18.9	39.0	20.3	24.5
Posadas Aero	4.1	19.8	26.2	20.1	0.5	15.4	11.0	9.7	20.7	44.5	19.2	16.0
Ceres Aero	13.0	5.1	12.7	2.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	16.4	15.0
Reconquista Aero	16.4	16.5	7.8	26.0	4.0	0.0	0.0	0.0	2.0	13.2	13.3	15.5
Rosario Aero	9.0	7.3	24.8	1.2	0.0	0.0	0.1	0.0	3.5	32.4	19.6	29.5
Sauce Viejo Aero	4.4	2.9	20.5	20.1	2.0	0.0	0.0	0.0	4.0	28.4	9.0	11.0
Santiago del Estero Aero	7.0	5.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	4.0	4.0
Colonia Benítez INTA	25.5	17.0	12.5	19.7	1.6	1.4	1.5	0.0	4.1	35.5	16.1	21.6
El Colorado INTA	8.5	9.0	7.8	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	19.4	38.6	18.9
Las Breñas INTA	31.3	18.8	13.6	13.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.7	11.7	25.3	18.3
Roque S. Peña INTA	35.3	20.3	3.8	16.6	0.3	1.5	0.0	0.0	0.0	21.2	40.3	16.2
Manfredi INTA	16.8	17.5	17.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	16.5	2.2
Marcos Juárez INTA	17.0	33.0	12.5	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	12.5	34.0
Bella Vista INTA	3.0	23.0	6.4	43.0	2.1	5.6	0.0	0.0	4.0	25.5	4.8	10.9
Corrientes INTA	48.2	40.0	9.5	22.4	4.1	6.7	4.3	2.5	4.3	6.5	5.3	21.8
C. del Uruguay INTA	1.8	3.3	27.4	15.1	0.0	0.1	3.0	0.2	3.1	8.4	7.2	10.1
Concordia INTA	17.1	0.0	14.6	14.7	0.0	4.9	7.3	6.3	7.2	25.0	4.7	18.4
Paraná INTA	8.1	4.1	12.3	19.9	0.3	0.2	0.4	0.0	2.3	28.1	13.7	12.9
Cerro Azul INTA	13.3	6.6	16.2	20.1	15.6	22.6	8.5	3.9	25.9	32.4	7.9	35.9
Oliveros INTA	23.5	4.8	4.3	10.1	0.0	0.0	0.0	0.2	4.5	29.2	5.0	16.6
Rafaela INTA	16.0	19.2	12.5	5.4	1.7	0.1	0.0	0.0	1.6	15.0	21.4	7.6
Reconquista INTA	31.8	7.3	16.2	19.4	0.6	0.4	0.0	0.3	1.7	17.1	8.2	29.8
La María INTA	5.4	45.2	48.5	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	3.4	17.0
La Banda INTA	41.0	3.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	8.0	6.0
Campo Gallo	7.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0

3.1.2. Distribución Temporal de Precipitaciones Anuales

En primer lugar se analiza en cada estación la precipitación media cronológica incremental, la cual es de utilidad para el análisis de tendencias.

En el Anexo I.6. se encuentran las Figuras que muestran para el período 1971-2010, el promedio de la serie, los valores anuales y las medias cronológicas incrementales. A modo de ejemplo se adjunta el figura correspondiente a la estación Colonia Benítez en el Chaco (Figura 18).

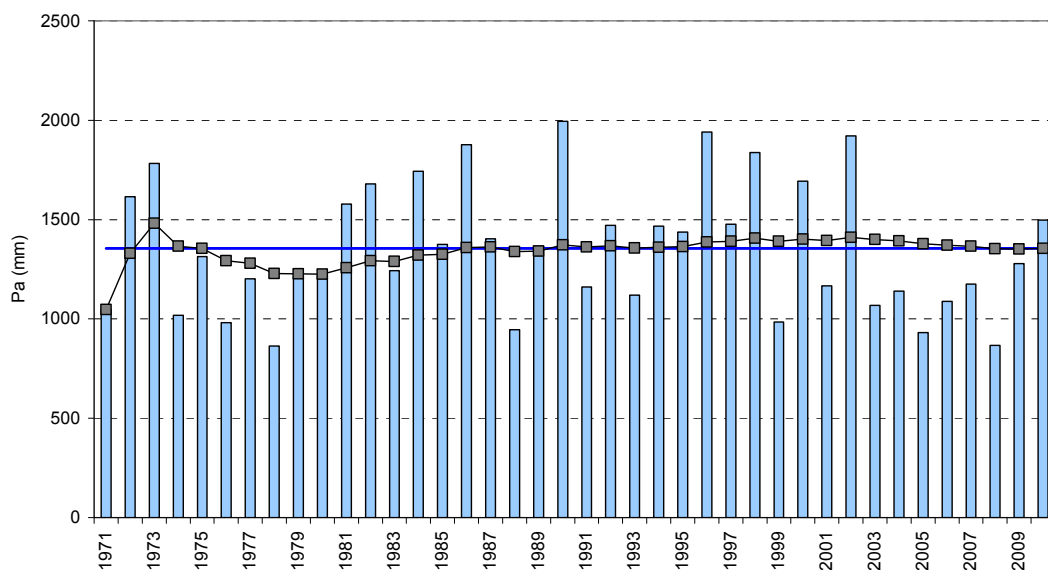


Figura 18. Precipitación anual y medias cronológicas incrementales. Colonia Benítez INTA. Serie 1971-2010.

A partir de las series y figuras analizadas se observa la característica general que presenta el régimen de precipitaciones anuales en la región que es la tendencia a agrupar años húmedos (por encima de la media), años secos (por debajo de la media) en períodos de entre 3 a 5 años e intercalarse con otros períodos de alternancia (por encima y por debajo de la media). Claramente estos agrupamientos no son homogéneos para toda la región, pero si se encuentra correspondencia entre las estaciones mas próximas.

En cuanto a la posible tendencia de aumento o disminución de los montos anuales de lluvia, en general se presenta en la mayor parte de la región una tendencia al aumento de precipitación anual desde los años 70 u 80 hasta el 2000 y luego una leve tendencia a la disminución hacia el año 2010. Debe quedar claro que el análisis es exclusivamente

referido al período 1971 – 2010 y no hace ninguna comparación con períodos anteriores.

La tendencia general expresada se manifiesta con variada intensidad según las subregiones que se consideren.

En el extremo noreste (Prov de Misiones), se denota el crecimiento leve a partir de los años 80 hasta el 2000, a partir del cual se mantiene estable, mientras que las zonas este del Chaco, norte de Santa Fe y en Corrientes el decrecimiento es mas marcado a partir del año 2002.

En la parte centro y sur de Santa Fe y sur de Entre Ríos, no se manifiesta esta declinación en los últimos 10 años, justamente porque se presenta un agrupamiento manifiesto de años húmedos entre el 2000 y 2003 y el año 2007.

En la zona centro-oeste de la región se manifiesta una leve tendencia a la disminución de la precipitación anual de los 80 a la actualidad.

3.1.3. Distribución en el año de Precipitaciones Mensuales

Se analiza a partir de considerar los valores de precipitación promedio de cada mes para toda la serie disponible, 1971 – 2010, y su graficación, que se acompaña en el Anexo I.7. A modo de ejemplo se adjunta la figura correspondiente a la estación Colonia Benítez en el Chaco (Figura 19).

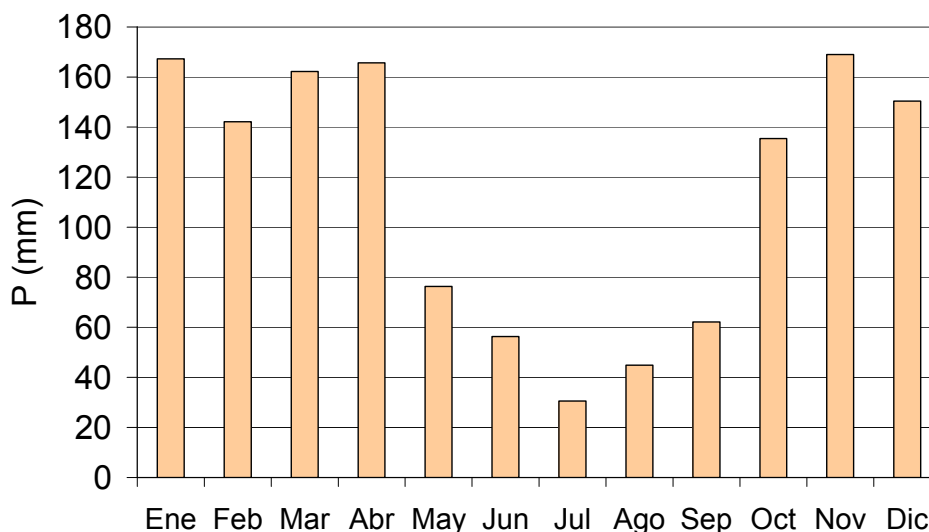


Figura 19. Precipitación media mensual. Colonia Benítez INTA. Serie 1971-2000.

La tendencia general en toda la región indica un ciclo unimodal, con mínimos en invierno y máximos en verano-otoño, no homogéneo sobre todo desde el punto de vista de la disminución invernal de las lluvias. En el extremo nordeste de la región esta disminución invernal es poco marcada y se va acentuando hacia el oeste, siendo muy marcada en las estaciones de Córdoba y Santiago del Estero.

Sin embargo esta distribución a lo largo del año en valores medios, no tiene más valor que una síntesis estadística, puesto que a nivel de años reales, la variabilidad de las precipitaciones mensuales es muy grande con valores que pueden ser 10 veces más grandes o más chicos que el valor medio.

Asimismo es frecuente observar el fenómeno de persistencia por el cual se dan sucesión de 2, 3 o más meses seguidos de situaciones tanto de excesos como de déficit.

Estas características que son propias del régimen hidrometeorológico de la región, son las que llevan a la necesidad de realizar análisis complementarios de identificación de años reales característicos, a efectos de determinar necesidades de riego complementario bajo estas condiciones.

3.2. Determinación de años característicos

Se definen como años característicos de una serie histórica a los Años Húmedos, Típicos y Secos.

En una estación, el Año Húmedo se define como aquel que se aleja de la precipitación media anual por exceso con una determinada recurrencia o probabilidad. El Año Seco es aquel que se aleja de la media por defecto con una determinada recurrencia o probabilidad. Por último el Año Típico es el que más se acerca al valor medio.

En caso que se trate de una cuenca o región, estos años se definen como aquellos en que, en la mayoría de las estaciones, se presentan las características de Año Húmedo, Típico o Seco.

A nivel regional los Años Húmedos o Secos, son más fáciles de identificar dado que estas situaciones extremas se presentan en forma regional, sobre todo los procesos de sequía.

Para determinar los años característicos, se realizó el análisis estadístico en 18 estaciones climáticas que se consideran representativas del área de estudio, y teniendo en cuenta las posibles áreas de ampliación del riego complementario. Las estaciones analizadas son las mencionadas en la Tabla 11.

Tabla 11. Estaciones para determinación años característicos.

	Estación	Fuente	Pcia.
1	Posadas Aero	SMN	Misiones
2	Monte Caseros Aero	SMN	Corrientes
3	Galeguaychú Aero	SMN	E. Ríos
4	Formosa Aero	SMN	Formosa
5	Resistencia Aero	SMN	Chaco
6	Reconquista Aero	SMN	Santa Fe
7	Paraná Aero	SMN	E. Ríos
8	Pte. R. Sáenz Peña	INTA	Chaco
9	Ceres Aero	SMN	Santa Fe
10	Rafaela	INTA	Santa Fe
11	Marcos Juárez	INTA	Córdoba
12	Las Lomitas	SMN	Formosa
13	Pilar Observatorio	SMN	Córdoba
14	Río Cuarto Aero	SMN	Córdoba
15	Laboulaye Aero	SMN	Córdoba
16	Campo Gallo	INTA	S. Estero
17	La Banda	INTA	S. Estero
18	Sgo Estero Aero	SMN	S. Estero

Las precipitaciones anuales corresponden a la serie 1971-2010 para todas las estaciones.

La determinación de demanda de riego tomará en cuenta los años que resulten seleccionados en éste capítulo.

A continuación la Figura 20 presenta la ubicación de las estaciones analizadas, donde se aprecia una homogénea distribución de las estaciones.

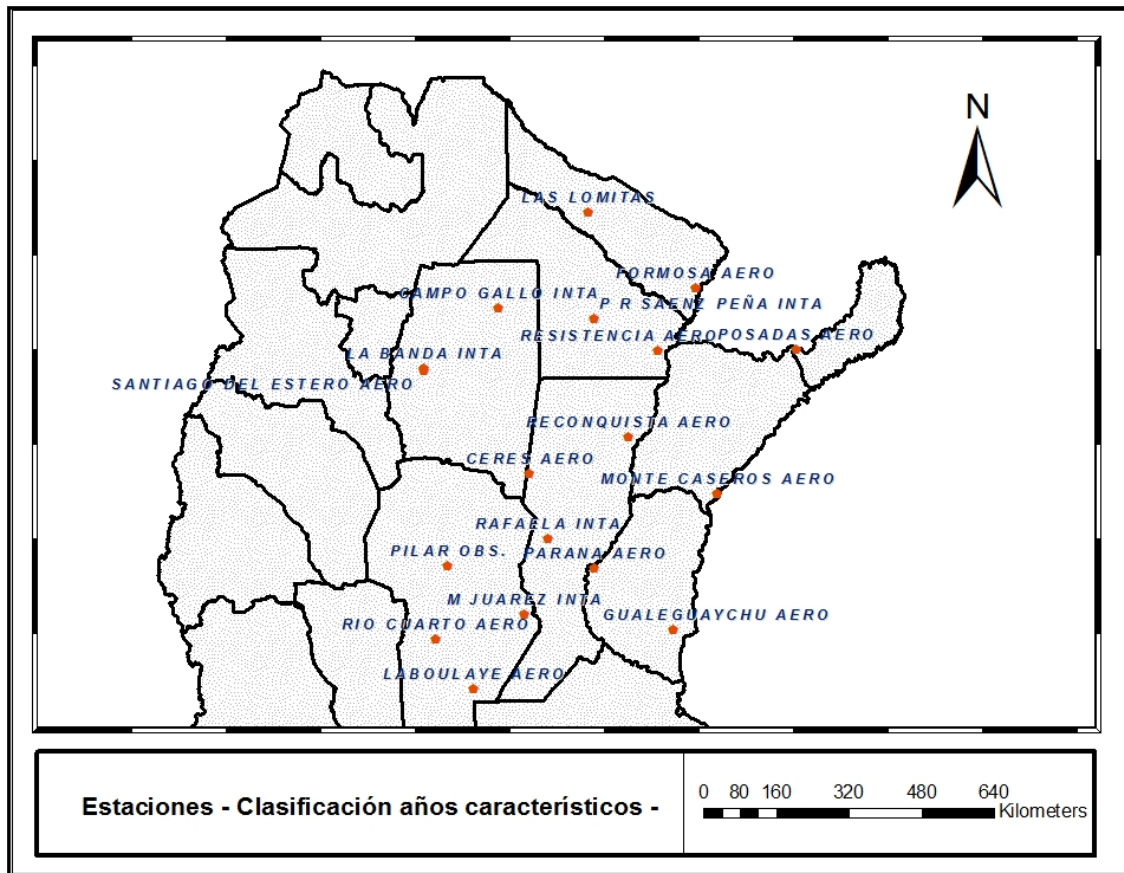


Figura 20. Ubicación de estaciones de precipitación analizadas.

3.2.1 Metodología

Se realizó la graficación de los histogramas, box-plot y de las series muestrales en papel probabilístico normal para verificar la normalidad de las series.

Mediante el programa AFMOM (Cacik y otros, 1980 -FICH) para análisis estadístico, se aplicó la distribución Normal (Gauss) para identificar los valores teóricos que corresponden a cada clasificación.

Se realizaron dos clasificaciones de años Secos y Húmedos:

- a) Para una recurrencia de 10 años, es decir determinando la probabilidad de no ser alcanzado del 10 % para años SECOS y la probabilidad de ser superado del 10 % para años HÚMEDOS

b) Para una recurrencia de 5 años, es decir determinando la probabilidad de no ser alcanzado del 20 % para años SECOS y la probabilidad de ser superado del 20 % para años HÚMEDOS

Mientras que los años TÍPICOS se determinaron siguiendo el criterio que la precipitación anula se encontrase dentro de la banda de probabilidad de 45% y 55% para cada estación, seleccionando los que más se acercan a la media.

3.2.2 Resultados

La Tabla 12 presenta los estadísticos de las estaciones analizadas, los valores de media, desvío estándar, máximos y mínimos expresados en (mm), además de los coeficientes de asimetría (CS), variación (CV) y de Curtosis (CK).

Por su parte la Figura 21 muestra los gráficos box-plot también llamados diagramas de cajas, que representan los estadísticos de tendencia central y dispersión de las precipitaciones anuales en las estaciones. Se destacan altas asimetrías positivas para las estaciones de Rafaela (CS= 1.14) y Las Lomitas (CS= 0.84), acompañadas de coeficiente de curtosis elevados. El mayor coeficiente de variabilidad corresponde a Santiago del Estero con un valor de 0.29.

Tabla 12. Estadísticos muestrales. Precipitación anual. Serie 1971-2010.

Estación	Media (mm)	Desvío (mm)	CS	CK	CV	Max (mm)	Min (mm)
Posadas A	1803	364	0.18	2.42	0.20	2659	1032
Monte Caseros A	1492	313	0.44	2.56	0.21	2197	934
Gualeguaychú A	1140	297	0.22	2.01	0.26	1702	611
Formosa A	1418	287	0.43	2.56	0.20	2039	844
Resistencia A	1405	334	0.64	2.73	0.24	2226	776
Reconquista A	1258	307	0.04	2.58	0.24	1934	607
Paraná A	1148	222	-0.01	2.01	0.19	1578	687
P R. S. Peña INTA	1010	247	0.30	2.69	0.24	1709	592
Ceres A	969	199	-0.04	3.19	0.20	1420	452
Rafaela INTA	1024	269	1.14	4.75	0.26	1965	636
M. Juárez INTA	901	204	0.45	2.22	0.23	1335	555
Las Lomitas	930	197	0.84	3.51	0.21	1488	583
Pilar Obs	818	195	0.19	2.20	0.24	1192	402
Río Cuarto A	859	145	-0.18	2.98	0.17	1131	467
Laboulaye A	898	176	0.58	2.93	0.20	1366	572
Campo Gallo INTA	683	168	0.14	2.75	0.25	1063	325
La Banda INTA	677	180	0.23	2.31	0.27	1072	350

Estación	Media (mm)	Desvío (mm)	CS	CK	CV	Max (mm)	Min (mm)
Sgo Estero A	630	182	0.68	3.15	0.29	1157	308

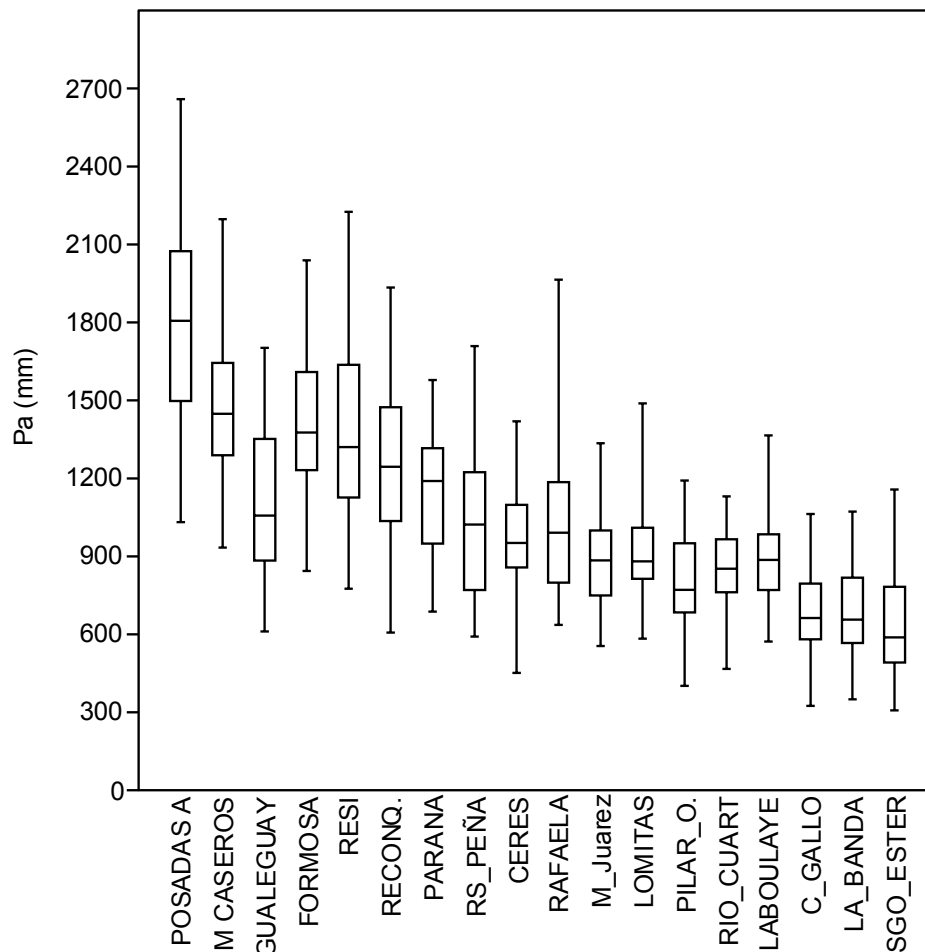


Figura 21. Box-Plot de Precipitación anual. Serie 1971-2010.

En las Figura 22 y 23 se representan en papel probabilístico las distribuciones Normal para la precipitación anual separadas de acuerdo a su tendencia general. Esta división se conformó respetando la tendencia entre las estaciones, además de la proximidad geográfica. No obstante, hay estaciones como Formosa y Las Lomitas que bien podrían ajustarse a la tendencia del otro grupo, o Rafaela y Río Cuarto que claramente la inclinación no respeta la tendencia general de ninguna de las dos zonas.

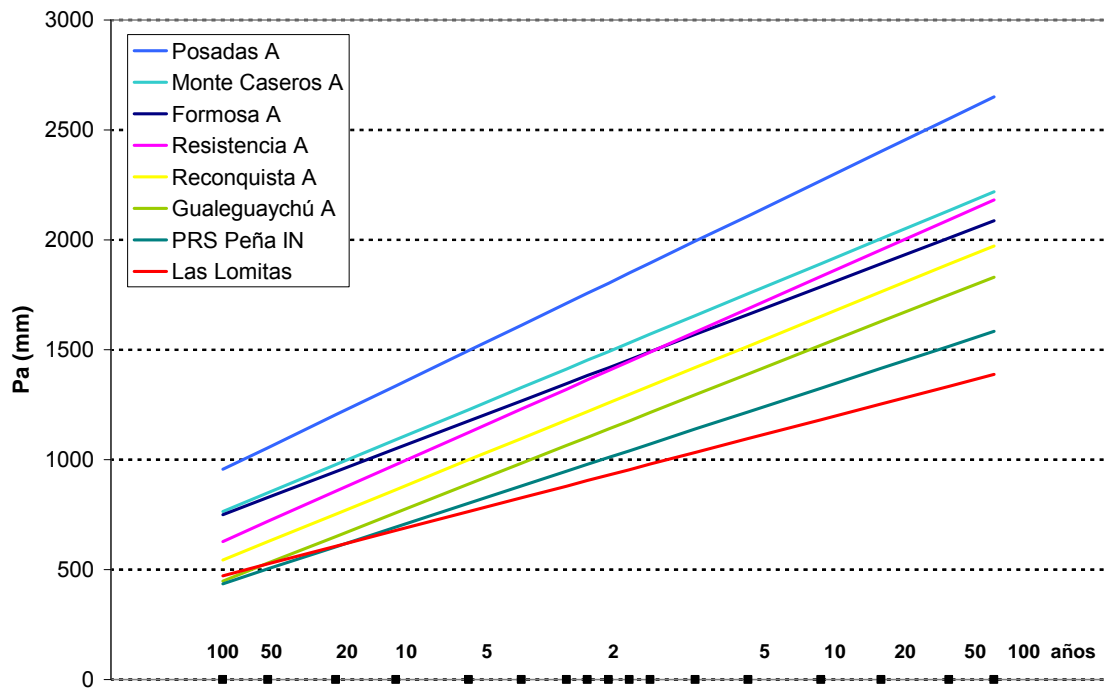


Figura 22. Distribución Normal de Precipitación anual. Zona norte y este de la región de estudio. Serie 1971-2010.

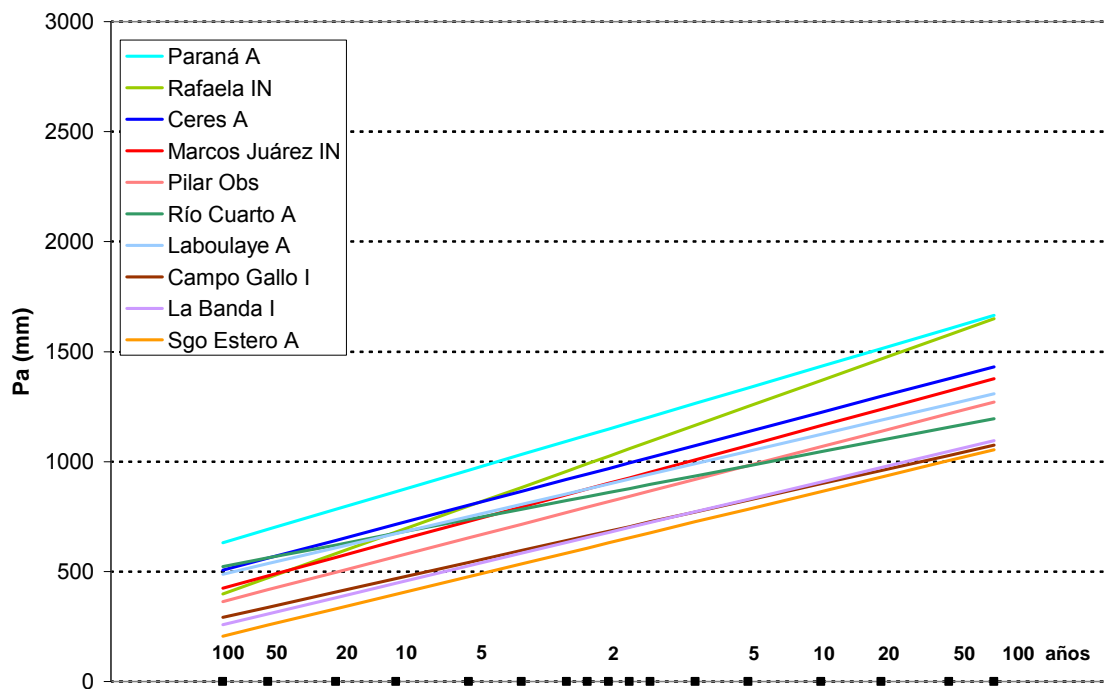


Figura 23. Distribución Normal de Precipitación anual. Zona oeste y sur de la región de estudio. Serie 1971-2010.

A continuación en las Tablas 13 a 17 se presentan, para cada estación, los valores resultantes del análisis de frecuencia para las recurrencias indicadas junto con el monto de precipitación anual y el año de registro que se aproxima inmediato por encima e inmediato por debajo. También se muestra la diferencia (%) de la precipitación registrada con respecto al valor probabilístico teórico estimado.

Tabla 13. Años Secos. Recurrencia de 10 años (Probabilidad de no ser alcanzado del 10%).

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
Posadas Aero	1988	1321	1.1
	T = 10 años	1336	
M. Caseros Aero	2008	1377	3.0
	T = 10 años	1091	
Gualedguaychú	1979	1012	7.2
	T = 10 años	1091	
Formosa Aero	1996	1151	5.5
	T = 10 años	759	
Resistencia Aero	1989	733	3.4
	T = 10 años	759	
Reconquista Aero	1994	770	1.5
	T = 10 años	1050	
Paraná Aero	1993	1048	0.2
	T = 10 años	1050	
PRS Peña INTA	1988	942	3.7
	T = 10 años	977	
Ceres Aero	2006	993	1.6
	T = 10 años	864	
Rafaela INTA	1988	804	6.9
	T = 10 años	864	
M. Juárez INTA	2005	894	3.5
	T = 10 años	864	
Las Lomitas	1996	850	1.6
	T = 10 años	864	
Ceres Aero	1987	904	4.6
	T = 10 años	694	
Las Lomitas	1971	640	7.7
	T = 10 años	694	
Ceres Aero	2005	716	3.2
	T = 10 años	714	
Rafaela INTA	1989	709	0.7
	T = 10 años	714	
M. Juárez INTA	2009	767	7.5
	T = 10 años	680	
Las Lomitas	1994	645	5.1
	T = 10 años	680	
Ceres Aero	2004	686	0.9
	T = 10 años	639	
Las Lomitas	1989	625	2.2
	T = 10 años	639	
Las Lomitas	1995	643	0.6
	T = 10 años	678	
Las Lomitas	1971	665	1.8
	T = 10 años	678	
Las Lomitas	1997	724	6.8
	T = 10 años	678	

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
Pilar Obs	1994	559	1.4
	T = 10 años	568	
	1988	572	0.7
Río Cuarto Aero	1975	668	0.8
	T = 10 años	674	
	2010	678	0.6
Laboulaye Aero	1971	653	2.8
	T = 10 años	672	
	2002	689	2.5
Campo Gallo Aero	1988	450	3.8
	T = 10 años	468	
	2003	486	3.9
La Banda Aero	1972	422	5.6
	T = 10 años	447	
	1986	471	5.4
Sgo. Estero Aero	2004	391	1.5
	T = 10 años	397	
	1995	418	5.3

Tabla 14. Años Húmedos. Recurrencia de 10 años (Probabilidad de ser superado del 10%).

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
Posadas Aero	1998	2314	2.0
	T = 10 años	2269	
	1990	2201	3.0
M. Caseros Aero	1992	1914	1.2
	T = 10 años	1892	
	1973	1872	1.1
Gualedguaychú	2002	1546	1.7
	T = 10 años	1521	
	2001	1442	5.2
Formosa Aero	1973	1934	8.2
	T = 10 años	1787	
	1992	1774	0.7
Resistencia Aero	1990	1933	5.4
	T = 10 años	1833	
	1998	1755	4.3
Reconquista Aero	2002	1664	0.7
	T = 10 años	1652	
	1985	1637	0.9
Paraná Aero	1981	1454	1.5
	T = 10 años	1433	
	1992	1415	1.3
	1986	1709	28.9

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
PRS Peña INTA	T = 10 años	1326	
	1990	1306	1.5
Ceres Aero	2002	1294	5.8
	T = 10 años	1224	
	2001	1216	0.6
Rafaela INTA	1981	1458	6.5
	T = 10 años	1369	
	1978	1325	3.2
M. Juárez INTA	1993	1171	0.7
	T = 10 años	1163	
	1984	1087	6.5
Las Lomitas	2000	1211	2.4
	T = 10 años	1183	
	1986	1148	3.0
Pilar Obs	1992	1129	5.8
	T = 10 años	1067	
	1999	1066	0.1
Río Cuarto Aero	1998	1051	0.6
	T = 10 años	1044	
	1978	1024	1.9
Laboulaye Aero	1978	1127	0.2
	T = 10 años	1124	
	2004	1104	1.8
Campo Gallo Aero	1996	908	1.0
	T = 10 años	899	
	1976	896	0.3
La Banda Aero	1997	929	2.4
	T = 10 años	908	
	2002	872	3.9
Sgo Estero Aero	1977	1015	17.6
	T = 10 años	863	
	1973	846	2.0

Tabla 15. Años Secos. Recurrencia de 5 años (Probabilidad de no ser alcanzado del 20%).

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
Posadas Aero	1993	1476	1.4
	T = 5 años	1496	
	1976	1498	0.1
M. Caseros Aero	1971	1218	0.9
	T = 5 años	1228	



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
	2010	1256	2.2
Gualedguaychú	1985	884	0.6
	T = 5 años	889	
	1992	934	5.0
Formosa Aero	1977	1168	0.7
	T = 5 años	1176	
	1995	1195	1.6
Resistencia Aero	2004	1115	0.8
	T = 5 años	1124	
	1993	1126	0.2
Reconquista Aero	2006	974	2.6
	T = 5 años	999	
	1991	1035	3.5
Paraná Aero	1972	961	0.1
	T = 5 años	961	
	1997	966	0.5
PRS Peña INTA	1993	783	2.4
	T = 5 años	802	
	2008	821	2.3
Ceres Aero	2006	799	0.3
	T = 5 años	801	
	2010	804	0.4
Rafaela INTA	1972	787	1.4
	T = 5 años	798	
	2010	799	0.2
M. Juárez INTA	1980	724	0.6
	T = 5 años	729	
	2007	750	2.9
Las Lomitas	1973	762	0.3
	T = 5 años	764	
	1976	784	2.6
Pilar Obs	1995	651	0.4
	T = 5 años	653	
	2003	667	2.1
Río Cuarto Aero	1986	732	0.7
	T = 5 años	737	
	1995	745	1.1
Laboulaye Aero	1988	730	2.7
	T = 5 años	750	
	1974	754	0.6
Campo Gallo Aero	1992	528	2.6
	T = 5 años	542	
	2001	559	3.2
La Banda Aero	1990	521	1.0
	T = 5 años	526	
	1975	551	4.8
	1993	474	0.6

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
Sgo Estero Aero	T = 5 años 1994	477 492	3.1

Tabla 16. Años Húmedos. Recurrencia de 5 años (Probabilidad de ser superado del 20%).

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
Posadas Aero	1996	2138	1.4
	T = 5 años 1994	2109 2074	1.7
M. Caseros Aero	1977	1835	4.6
	T = 5 años 1991	1755 1670	4.8
Gualeduaychú	1993	1394	0.3
	T = 5 años 2003	1390 1382	0.6
Formosa Aero	1982	1761	6.1
	T = 5 años 1975	1660 1649	0.7
Resistencia Aero	1998	1755	4.1
	T = 5 años 1994	1686 1679	0.4
Reconquista Aero	1990	1553	2.4
	T = 5 años 1981	1517 1474	2.8
Paraná Aero	1984	1400	4.9
	T = 5 años 2009	1335 1351	1.2
PRS Peña INTA	1983	1219	0.1
	T = 5 años 1992	1217 1198	1.6
Ceres Aero	1977	1185	4.3
	T = 5 años 1990	1136 1105	2.7
Rafaela INTA	1991	1278	2.2
	T = 5 años 2007	1250 1220	2.5
M. Juárez INTA	1973	1083	1.0
	T = 5 años 2002	1073 1000	6.8
Las Lomitas	1982	1109	1.1
	T = 5 años 2005	1096 1094	0.1
Pilar Obs	1984 T = 5 años	989 982	0.8

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
	1997	950	3.2
Río Cuarto Aero	2004	981	0.0
	T = 5 años	981	
	1993	966	1.5
Laboulaye Aero	1984	1071	2.3
	T = 5 años	1046	
	2001	1036	1.0
Campo Gallo Aero	2002	863	4.6
	T = 5 años	825	
	1974	824	0.1
La Banda Aero	2002	872	5.3
	T = 5 años	829	
	1976	828	0.1
Sgo Estero Aero	2002	794	1.4
	T = 5 años	783	
	1982	783	0.0

Tabla 17. Años Típicos. Recurrencia de 2 años (Probabilidad del 50%).

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
Posadas Aero	2001	1758	2.5
	T = 2 años	1803	
	1999	1806	0.2
M. Caseros Aero	1976	1455	2.4
	T = 2 años	1492	
	1982	1496	0.3
Galeguaychú	1980	1109	2.7
	T = 2 años	1140	
	1973	1162	2.0
Formosa Aero	1991	1424	0.4
	T = 2 años	1418	
	1981	1434	1.1
Resistencia Aero	2009	1386	1.3
	T = 2 años	1405	
	1987	1447	2.9
Reconquista Aero	1979	1263	0.4
	T = 2 años	1258	
	1996	1296	3.0
Paraná Aero	1991	1105	3.8
	T = 2 años	1148	
	2005	1162	1.2
PRS Peña INTA	2010	962	4.7
	T = 2 años	1010	
	2004	1023	1.3

Estación	Año de ocurrencia	Panual (mm)	Diferencia con el valor probabilístico %
Ceres Aero	1987	958	1.2
	T = 2 años	969	
	1976	972	0.3
Rafaela INTA	1993	1024	0.1
	T = 2 años	1024	
	2005	1032	0.8
M. Juárez INTA	1971	884	1.8
	T = 2 años	901	
	2010	906	0.5
Las Lomitas	1987	930	0.0
	T = 2 años	930	
	1985	932	0.2
Pilar Obs	1985	809	1.1
	T = 2 años	818	
	1973	894	9.4
Río Cuarto Aero	2005	857	0.2
	T = 2 años	859	
	1973	860	0.1
Laboulaye Aero	1992	896	0.2
	T = 2 años	898	
	1985	900	0.2
Campo Gallo Aero	1998	674	1.4
	T = 2 años	683	
	1979	706	3.3
La Banda Aero	1985	665	1.8
	T = 2 años	677	
	1998	678	0.1
Sgo. Estero Aero		604	4.1
	T = 2 años	630	
		655	3.9

3.2.3 Años característicos recomendados

Del análisis de las tablas presentadas se concluye que no existen años reales Húmedos y Secos que abarquen a toda la región con la misma probabilidad. Dicho de otra manera no existe un año real Húmedo o Seco con las recurrencias establecidas de 10 y 5 años que sea el mismo para toda la región.

Esto se debe a la gran extensión de la región analizada, donde se observa una apreciable variabilidad espacial en cuanto a la magnitud de los fenómenos de precipitación que se presentan.

Las Tablas 18 y 19 presentan la selección de los años Seco y Húmedo para 10 y 5 años de recurrencia recomendados. Los mismos se seleccionaron considerando los años que se acercan al correspondiente nivel, por encima o por debajo y que se presenten en la mayoría de las estaciones.

Tabla 18. Años Secos para 5 y 10 años de recurrencia.

Estación	AÑOS SECOS			
	T = 5 años		T = 10 años	
	1974	2006	1971	1988
Posadas Aero	x		x	x
M. Caseros Aero	x		x	
Galeguaychú Aero	x			
Formosa Aero		x		x
Resistencia Aero	x	x	x	x
Reconquista Aero		x	x	x
Pte R. S. Pena Aero		x	x	
Paraná Aero				x
Ceres Aero		x		x
Rafaela INTA	x			x
Marcos Juárez INTA				x
Las Lomitas	x		x	
Pilar Obs	x		x	x
Río Cuarto INTA	x			x
Laboulaye Aero	x		x	x
Campo Gallo INTA				x
La Banda INTA		x		x
Sgo Estero Aero		x		x

Tabla 19. Años Húmedos para 5 y 10 años de recurrencia.

Estación	AÑOS HUMEDOS					
	T = 5 años				T = 10 años	
	1973	1984	1994	2003	1978	2002
Posadas Aero	x					
M. Caseros Aero	x					
Galeguaychú Aero				x	x	x
Formosa Aero			x			x
Resistencia Aero			x			x
Reconquista Aero		x		x		x
Pte R. S. Pena Aero	x	x	x			x
Paraná Aero	x	x		x	x	x
Ceres Aero	x			x		x
Rafaela INTA				x	x	
Marcos Juárez INTA	x	x			x	
Las Lomitas						
Pilar Obs		x			x	
Río Cuarto INTA			x		x	

Laboulaye Aero		x			x	
Campo Gallo INTA	x	x				x
La Banda INTA	x					x
Sgo Estero Aero	x					x

Con respecto a los Años Típicos, se encontraron tres años representativos: 1985, 1987, 1989, en donde la mayoría de la estaciones se aproximan a esta condición y otros dos años: 1993 y 2005 que agrupan a unas pocas estaciones (Tabla 20).

Tabla 20. Años Típicos.

Estación	AÑOS TÍPICOS				
	1985	1987	1989	1993	2005
Posadas Aero	x		x		
M. Caseros Aero		x		x	
Gualedaychú Aero					
Formosa Aero		x	x		
Resistencia Aero	x	x	x		
Reconquista Aero		x	x	x	
Pte R. S. Pena Aero			x		
Paraná Aero				x	x
Ceres Aero		x			
Rafaela INTA	x			x	x
Marcos Juárez INTA		x			
Las Lomitas	x	x	x		
Pilar Obs	x		x		
Río Cuarto INTA	x				x
Laboulaye Aero	x	x			
Campo Gallo INTA					
La Banda INTA	x	x			x
Sgo Estero Aero					

4. Escurrimiento superficial

4.1. Análisis de los datos y caracterización del régimen de escurrimiento

4.1.1. Cuencas hídricas superficiales y regiones hidrológicas

La Figura 24 presenta la ubicación de los sistemas hídricos considerados para este estudio, en territorio argentino:

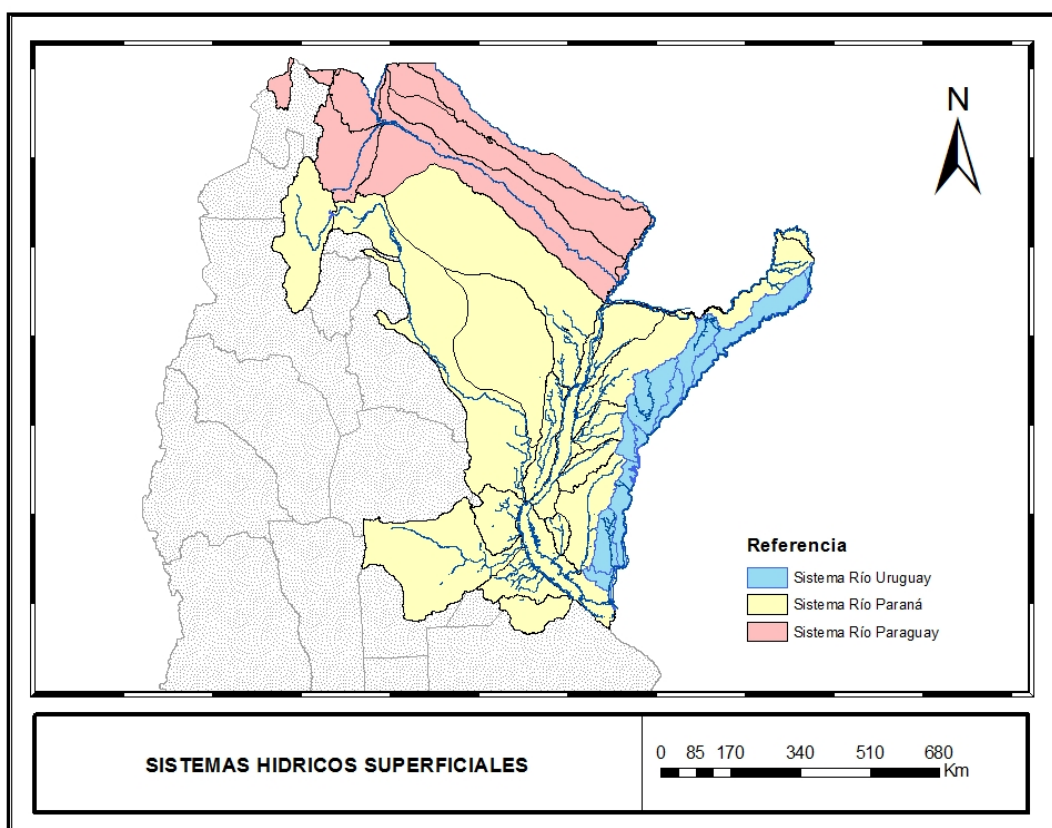


Figura 24. Sistemas hídricos principales de la zona noreste de Argentina (ver Plano 1).

Dentro de estos sistemas se desarrollan diferentes cursos de agua superficial, para los cuales se pueden delimitar cuencas de aportes. Las cuencas hídricas de Argentina se encuentran delimitadas en el Mapa “Cuencas y regiones hídricas superficiales de la Republica Argentina” publicado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación en 2010. Este mapa define cuencas y/o sistemas hidrológicos (agrupaciones de cuencas), el cual se tomó como base para el presente proyecto.

No todas las cuencas disponen de mediciones de caudales. Solamente un número limitado de estaciones se encuentran disponibles tal como se observa en la Figura 25. Adicionalmente, muchas estaciones han dejado de operar, disponiéndose en la actualidad de 46 estaciones operativas y 5 estaciones clausuradas dentro de la zona de estudio (a partir de 1970, con más de 5 años de registros). Asimismo se dispone de otras estaciones de caudales, que miden parcialmente brazos del río Paraná (ej. Timbués, A° Leyes, río San Javier en Helvecia, brazo Chapetón del río Paraná, etc.), que no constituyen mediciones que pueden relacionarse con un área de aportes de cuenca en forma directa y por lo tanto no han sido consideradas.

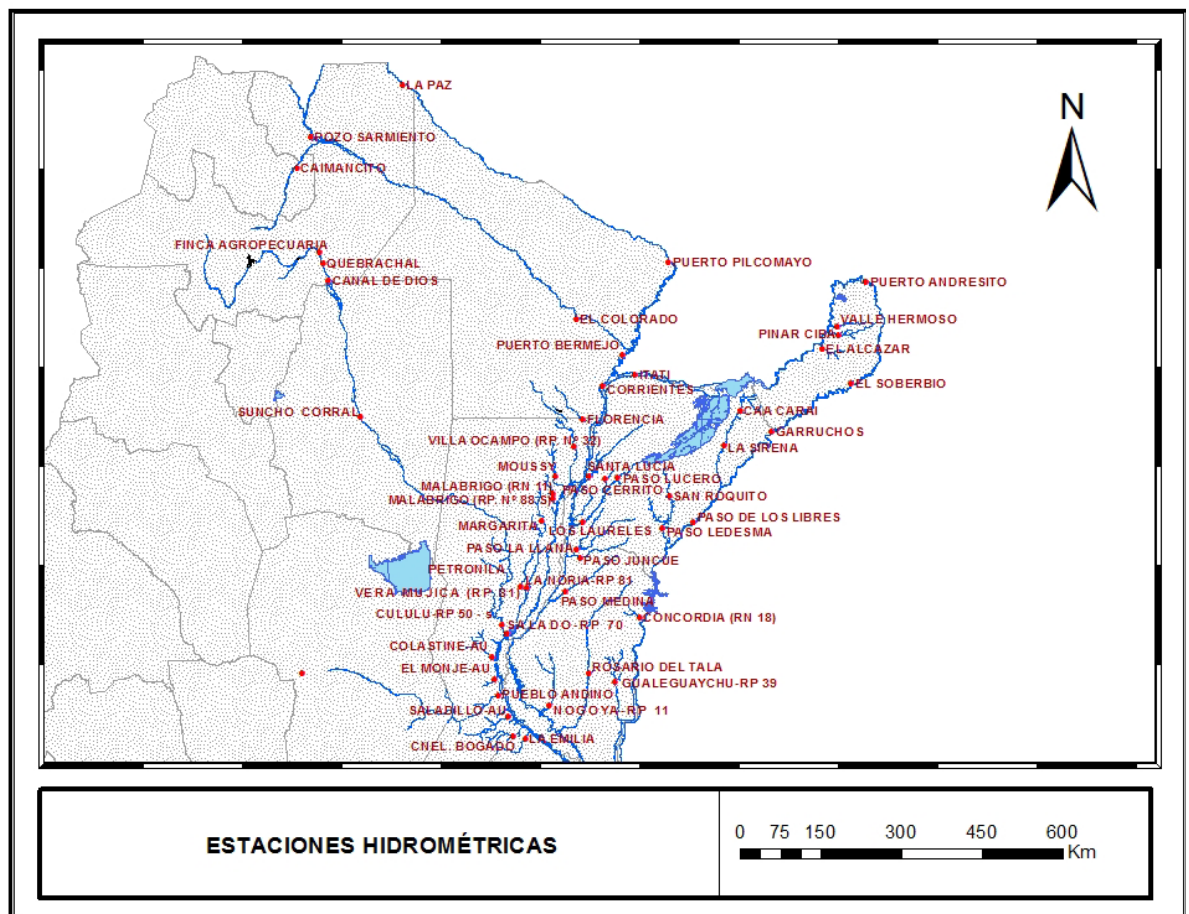


Figura 25. Ubicación de las estaciones hidrométricas utilizadas (ver Plano 2).

En este informe, tomando como unidad básica de trabajo a la cuenca hidrológica y/o agrupaciones de cuencas (regiones hidrológicas); se presentan los procedimientos efectuados con la finalidad de caracterizar el escurrimiento, de acuerdo al objetivo del trabajo.



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

A efectos de practicidad para el tratamiento de la información, los datos de caudales se agruparon en:

- a) Estaciones de los ríos principales
- b) Estaciones de los cursos afluentes

Las cuencas afluentes, por su parte, se agruparon inicialmente en 4 regiones. Para este agrupamiento, las regiones fueron analizadas teniendo en cuenta tanto características topográficas y geomorfológicas generales de las mismas, como características hidrometeorológicas, de suelos y cobertura, y la cantidad de estaciones de caudal disponibles en cada región. Se detallan a continuación la agrupación realizada:

- Aportes por la margen izquierda al río Paraná
- Aportes por la margen derecha al río Paraná
- Aportes del río Bermejo
- Aportes sobre el río Uruguay (margen derecha)

Las distintas subcuencas que corresponden a las subregiones de aportes indicadas se determinaron en base a la red hidrográfica y topográfica disponible a escala 1:250.000 como se indicó anteriormente (SSRH, 2010 e IGN). Su representación a escala 1:1.000.000 se efectúa por zonas según se indica a continuación:

- Zona 1: abarca la Provincia de Misiones y se presenta en el Plano 12.
- Zona 2: corresponde a la Provincia de Corrientes y se presenta en el Plano 13.
- Zona 3: abarca la Provincia de Entre Ríos y se presenta en el Plano 14.
- Zona 4: abarca el norte de la Provincia de Santa Fe y se presenta en el Plano 15.
- Zona 5: abarca el sur de la Provincia de Santa Fe y se presenta en el Plano 16.

Dentro de los aportes por la margen derecha al río Paraná, se ubican las estaciones que miden al río Pasaje – Juramento – Salado superior. Por las características de regulación existentes, luego ésta subcuenca es separada del análisis.

En la Figura 26 se presentan las cuencas y subcuencas aforadas disponibles en cada región.

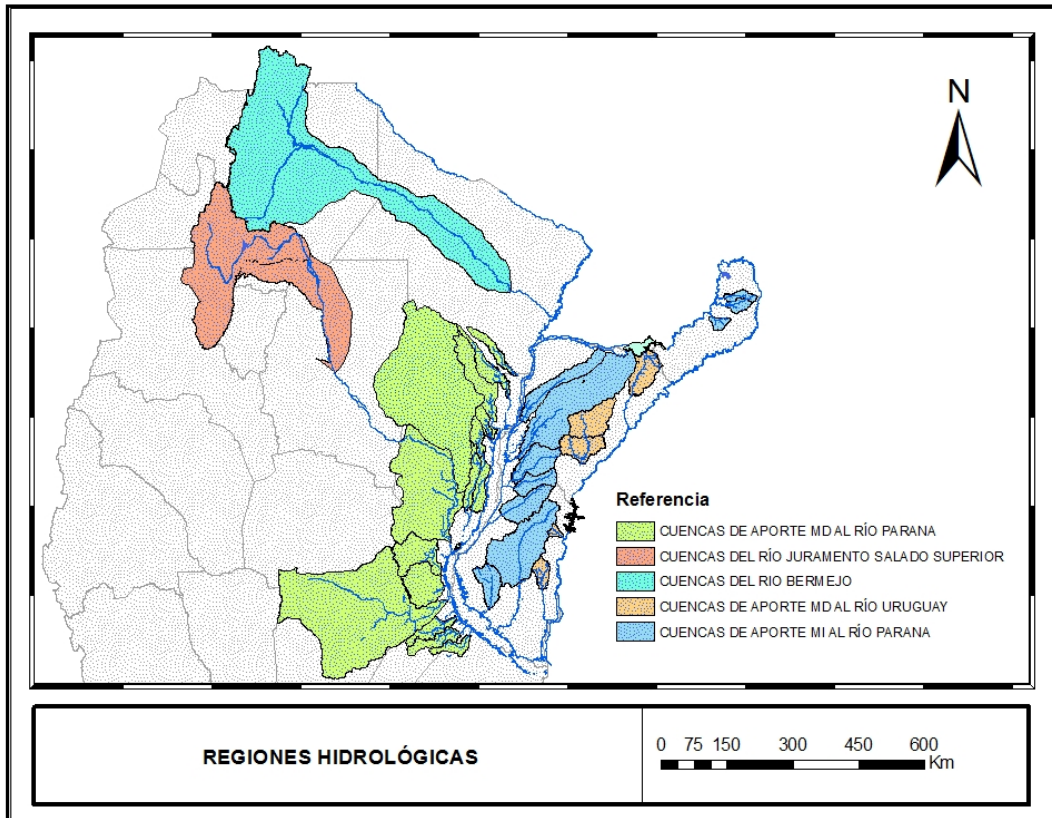


Figura 26. Cuencas y subcuencas con información de caudales en cada región.

Desde Figura 27 a Figura 31 se presentan las subcuencas aforadas por región. Si bien se dispone de mediciones de caudal en los grandes ríos Paraná-Paraguay y Uruguay, sus aportes son originados fundamentalmente fuera de los límites de la región de trabajo, no indicándose las cuencas de aportes a los mismos por no ser representativas de las condiciones locales que se pretende estimar.

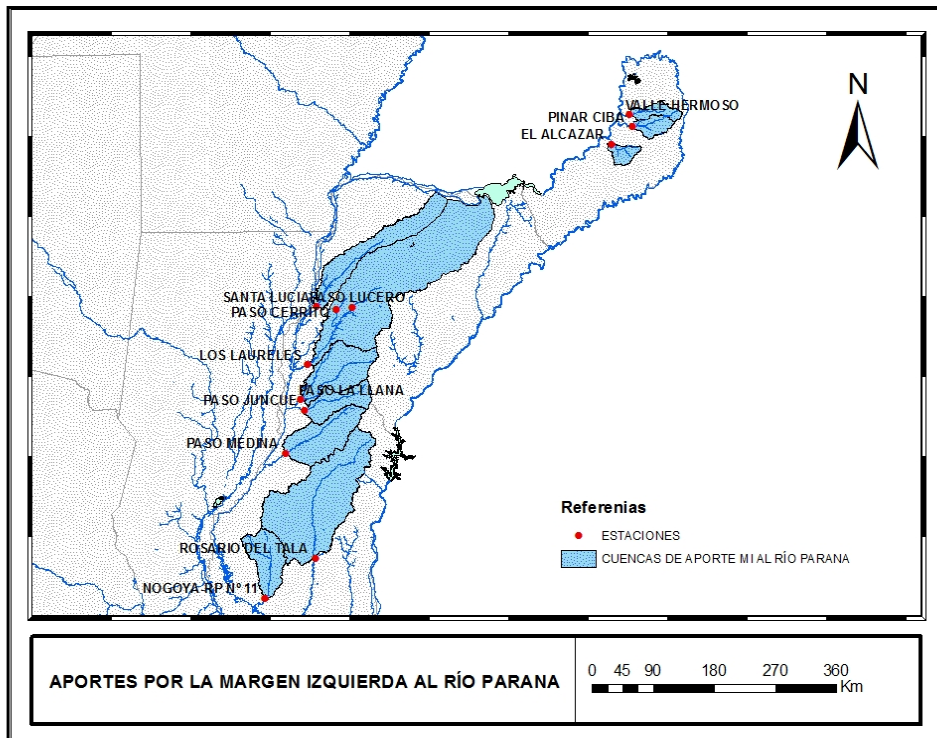


Figura 27. Cuencas hidrográficas de la margen izquierda del río Paraná con información de caudales (ver Plano 17).

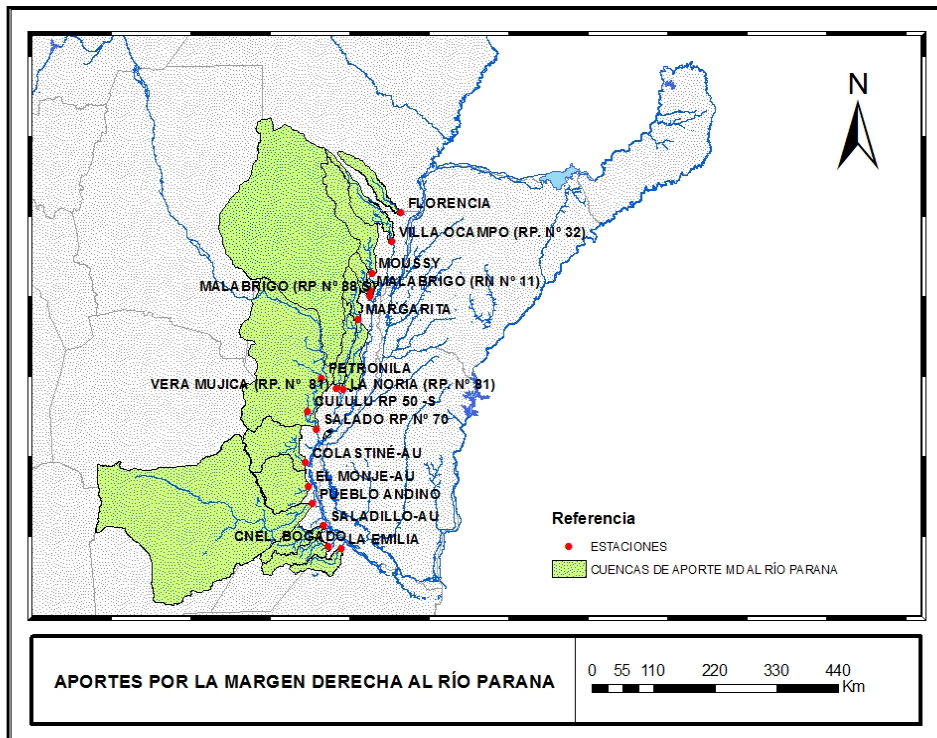


Figura 28. Cuencas hidrográficas de la margen derecha del río Paraná, con información de caudales (se excluye la subcuenca del Río Pasaje – Juramento – Salado superior). (ver Plano 18)

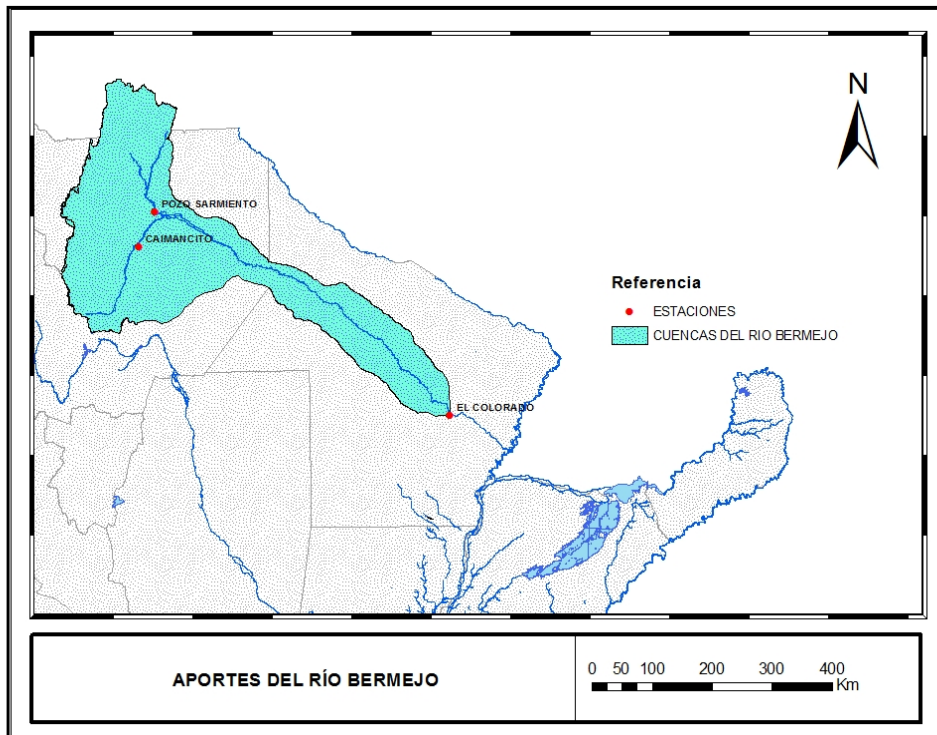


Figura 29. Cuenca hidrográfica del río Bermejo (ver Plano 19) (*1)

(*1) en la cuenca superior del río Bermejo existen 5 estaciones adicionales de medición de caudales en funcionamiento, no incluidas por estar fuera de la zona de trabajo.

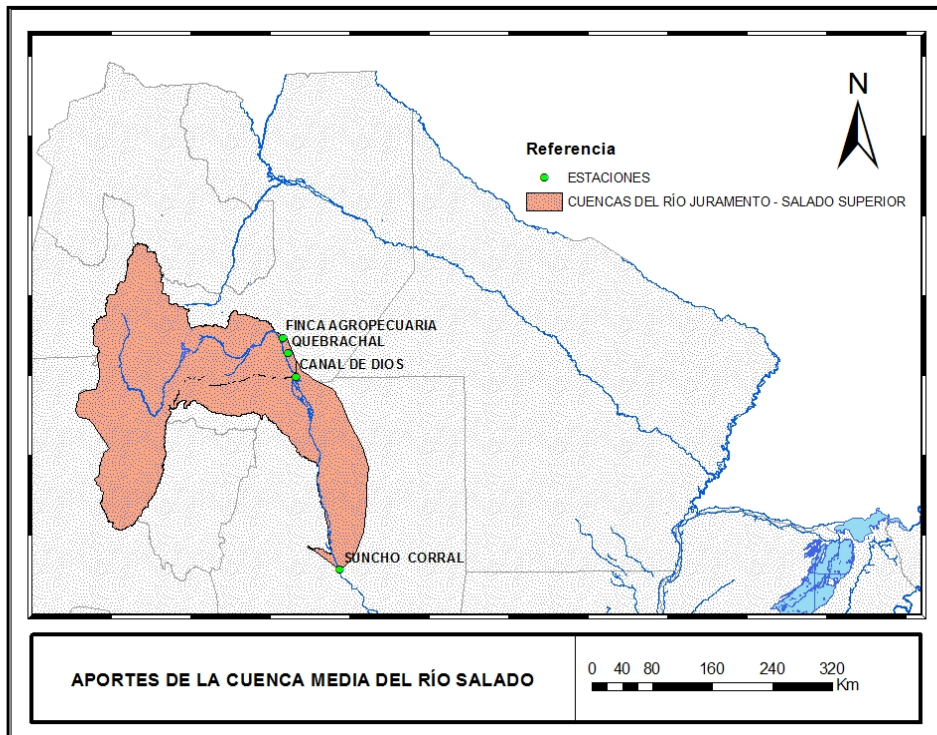


Figura 30. Cuenca hidrográfica del río Pasaje – Juramento – Salado superior (ver Plano 19) (*2)

(*2). El río Pasaje – Juramento se encuentra regulado fundamentalmente por las presas de Cabra Corral y El Tunal.

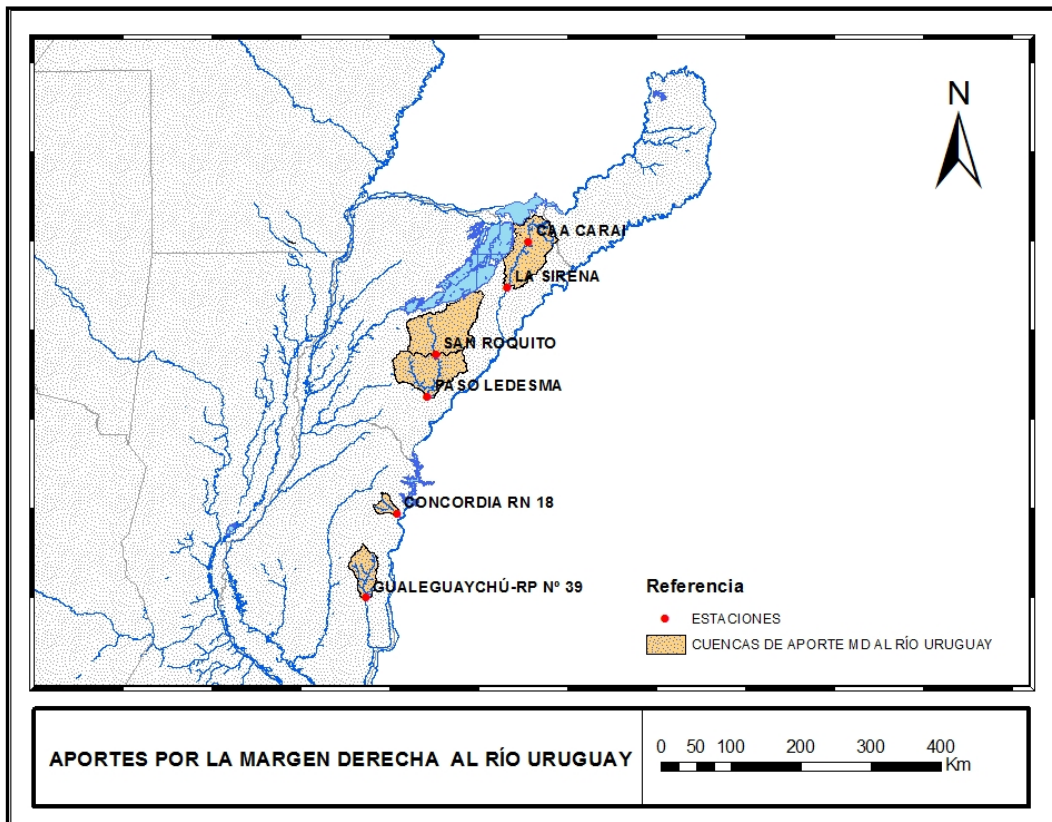


Figura 31. Cuencas hidrográficas de la margen derecha del río Uruguay, con información de caudales (ver Plano 20).

A continuación en las Tabla 21 a 26 se detallan los ríos con observaciones de caudales en cada región, según se presentan en los anuarios de las Publicaciones Hidrometeorológicas 2010, edición 2011 de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, y en el Atlas 2010 “Cuencas y regiones hídricas superficiales de la República Argentina” publicado también por la SSRH.

Tabla 21. Estaciones de medición de caudales - Aportes por la margen izquierda al río Paraná.

Estación	Río	Lugar	Pcia
3407	Piray Mini	Valle Hermoso	Misiones
3403	Piray Guazú	Pinar Ciba	Misiones
3414	Paranay	El Alcázar	Misiones
3836	Santa Lucía	Santa Lucía	Corrientes
3803	Corriente	Paso Lucero	Corrientes
3849	Batel	Paso Cerrito	Corrientes
3821	Corriente	Los Laureles	Corrientes
3810	Barrancas	Paso La Llana	Corrientes
3808	Guayquiraró	Paso Juncué	Corrientes
3003	Feliciano	Paso Medina	Entre Ríos
3037	Nogoyá	Ruta Pcial 11	Entre Ríos
3004	Guaaleguay	Rosario Tala	Entre Ríos

Tabla 22. Estaciones de medición de caudales - Aportes por la margen derecha al río Paraná.

Estación	Río	Lugar	Pcia
3340	Tapenagá	Florencia	Santa Fe
3231	Los Amores	Villa Ocampo	Santa Fe
3207	El Rey	Moussy	Santa Fe
3300	Malabrigo	Ruta Nac 11	Santa Fe
3224	Malabrigo	Ruta Pcial 88 S	Santa Fe
3202	El Toba	Margarita	Santa Fe
3200	Saladillo Amar.	V. Mujica	Santa Fe
3218	Saladillo Dulce	La Noria	Santa Fe
INA/FICH	San Antonio ⁽⁵⁾	Petronila	Santa Fe
INA/FICH	Cululú ⁽⁵⁾	Ruta Pcial 50 S	Santa Fe
3216	Salado	Ruta Pcial 70	Santa Fe
3247	Colastiné	Autopista	Santa Fe
3265	El Monje	Autopista	Santa Fe
3223	Carcarañá	Pueblo Andino	Santa Fe
3321	Saladillo	Autopista	Santa Fe
3318	Pavón	Coronel Bogado	Santa Fe
3260	Del Medio	La Emilia	Santa Fe

(5) Estaciones con periodos intermedios faltantes.

Tabla 23. Estaciones de medición de caudales - Aportes del río Bermejo.

Estación	Río	Lugar	Pcia
693	Bermejo	Pozo Sarmiento	Salta
16	San Francisco	Caimancito	Jujuy
2602	Bermejo	El Colorado	Formosa

Tabla 24. Estaciones de medición de caudales - Aportes del Río Pasaje – Juramento – Salado superior.

Estación	Río	Lugar	Pcia
686	Juramento	F. Agropecuaria	Salta
695	Juramento	El Quebrachal	Salta
810	Salado	Canal de Dios	S. Estero
804	Salado ⁽⁶⁾	Suncho Corral	S. Estero

(6) Estaciones con periodos intermedios faltantes.

Tabla 25. Estaciones de medición de caudales - Aportes por la margen derecha al río Uruguay.

Estación	Río	Lugar	Pcia
3858	Aguapey	Caa Carai	Corrientes
3811	Aguapey	La Sirena	Corrientes
3832	Miriñay	San Roquito	Corrientes
3804	Miriñay	Paso Ledesma	Corrientes
3061	Yuqueri Gran	Concordia RN18	Entre Ríos
3030	Gualeguaychú	Ruta Pcial 39	Entre Ríos

Tabla 26. Estaciones de medición de caudales sobre los ríos principales.

Estación	Río	Lugar	Pcia
3448	Iguazú	Pto. Andresito	Misiones
2606	Paraguay	Pto. Pilcomayo	Formosa
2401	Paraguay	Pto. Bermejo	Chaco
3862	Paraná	Itatí	Corrientes
3805	Paraná	Corrientes	Corrientes
3050 3249 3339	Paraná ⁽⁷⁾	Pna – Sta Fe	Santa Fe
3442	Uruguay	El Soberbio	Misiones
3857	Uruguay	Garruchos	Corrientes
3802	Uruguay	Paso Libres	Corrientes

(7) La sección denominada río Paraná en Paraná-Santa Fe, se compone de la suma de los caudales en la estaciones río Colastiné en RN 168 (Est. 3249), Paraná en Túnel (Est. 3050) y Sistema Setúbal en Santa Fe-La Guardia (Est. 3339).



4.1.2. Caudales mensuales y anuales

4.1.2.1. Descripción General

Se obtuvieron tablas resúmenes con caudales mensuales y anuales, volúmenes mensuales en cantidad y porcentaje, y porcentajes de permanencia de caudales mensuales.

Asimismo se presentan figuras de caudales anuales incluyendo el promedio de la serie completa, las medias cronológicas incrementales, así como la relación entre el escurrimiento mensual y anual.

Para completar el análisis se realizaron tests de homogeneidad, curvas de permanencia de caudales y curvas de caudales mensuales adimensionalizados.

Se consideraron años hidrológicos de setiembre a agosto, para el periodo 1970-2012.

A los fines de incrementar el número de caudales anuales disponibles, se llevó a cabo un rellenamiento de los caudales mensuales en las estaciones incompletas. Se adoptó el criterio de completar valores mensuales (y obtener el valor anual) solamente en aquellos años en que no faltaran más de 4 meses.

A modo de ejemplo se presentan en la Tabla 27, el anuario de caudales para el río Bermejo en El Colorado. En las Figuras 32, 33 y 34 se muestran los caudales anuales, las medias para toda la serie, la media cronológica incremental, los caudales medios mensuales y la relación entre el escurrimiento mensual y el escurrimiento anual. Las tablas y figuras para el total de las estaciones se encuentran en los Anexos I.8 al I.11 respectivamente.

Un resumen de los caudales anuales por regiones se presenta en las Tablas 28 a 33. Se indican en color gris las celdas de los valores rellenados y con color amarillo los años que presentan mas de cuatro meses faltantes, por lo que no se calcula el caudal medio anual.

Adicionalmente y de manera de analizar la consistencia de las series de caudales anuales se aplicó el método de dobles masas. En general las estaciones de la margen izquierda del río Paraná tienen una proporcionalidad aceptable, en cambio para las estaciones situadas sobre la margen derecha, muchas no guardan proporcionalidad entre si. Con respecto a las estaciones del río Uruguay, las curvas de dobles masas no



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

evidencian falta de consistencia, al igual que las del río Bermejo, Juramento, Paraguay y sobre el curso principal del Paraná.



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Tabla 27. Caudales medios mensuales y anuales. Río Bermejo en El Colorado.

Año	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Q Medio Anual [m3/s]
1970-71	46.0	33.0	28.0	24.0	258.0	724.0	1014.0	583.0	264.0	150.0	96.0	65.0	270.8
1971-72	43.0	28.0	54.0	186.0	168.0	259.0	545.0	592.0	227.0	123.0	90.0	61.0	197.6
1972-73	38.0	25.0	32.0	215.0	470.0	890.0	913.0	1118.0	431.0	251.0	142.0	99.0	381.5
1973-74	67.0	45.0	56.0	60.0	440.0	927.0	1518.0	1802.0	566.0	275.0	186.0	138.0	502.7
1974-75	86.0	80.0	64.0	72.0	782.0	1135.0	1087.0	649.0	220.0	190.0	127.0	86.0	376.8
1975-76	60.0	45.0	48.0	256.0	752.0	1131.0	1327.0	985.0	301.0	195.0	133.0	100.0	442.0
1976-77	72.0	61.0	36.0	55.0	342.0	716.0	1401.0	1016.0	795.0	361.0	247.0	171.0	437.9
1977-78	61.7	45.9	47.7	177.8	859.7	1326.0						40.9	
1978-79	30.4	27.7	53.9	245.0	758.1	1223.0	1510.0	1305.0	481.5	193.5	131.2	42.9	495.4
1979-80	33.2	60.9	60.2	279.6	1189.0	1201.0	1457.0	1484.0	485.3	213.3	163.8	84.0	557.0
1980-81	51.4	60.9	98.8	172.3	647.1	1672.0	2259.0	1692.0	935.9	301.8	151.4	117.3	673.4
1981-82	72.7	36.3	75.6	183.9	830.0	1062.0	1664.0	2077.0	735.2	262.4	156.5	117.3	602.2
1982-83	65.0	72.1	48.9	270.4	605.3	656.5	621.0	499.2	460.8	223.1	114.9	209.8	319.0
1983-84	37.8	23.0	132.9	203.3	787.2	1043.4	1218.9	2145.0	706.3	282.4	170.6	164.8	572.9
1984-85	92.5	56.1	138.8	235.0	887.1	1457.0	1831.0	1299.0	1471.0	245.5	293.7	117.3	673.1
1985-86	120.9	99.4	284.4	396.9	1021.0								
1986-87	72.7	104.4	114.8	637.1	1656.0	1043.4	468.7	479.9	428.8	235.4	163.2	113.1	457.6
1987-88	70.3	39.7	228.6	435.9	1238.0	1022.0	1084.0	1191.0	531.0	282.0	195.2	140.2	536.6
1988-89	81.8	57.5	29.0	71.5	309.0	327.0	656.5	854.0	318.7	193.3	159.1	95.4	261.9
1989-90	54.7	71.3	41.9	211.9	421.8	604.6	1218.9	896.5	336.6	203.2	136.4	85.9	355.6
1990-91	49.5	27.4	169.5	436.9	1161.5	1319.5	1571.1	1525.0	515.8	291.3	198.1	149.2	613.3
1991-92	111.5	98.5	231.1	322.6	1302.2	1151.0	1052.0	485.5	335.5	238.7	192.5	153.8	471.5
1992-93	109.1	86.9	99.5	509.1	1175.0	843.6	968.8	519.4	342.9	217.6	167.8	129.2	429.5
1993-94	91.8	68.4	139.1	420.3	561.4	1315.0	930.8	461.6	301.3	237.5	203.5	149.8	401.2
1994-95	85.1	122.3	388.3	333.6	674.6	1026.5	1427.1	1019.0	363.7	246.7	180.7	131.9	496.4
1995-96	84.5	52.9	44.3	289.0	467.8	1036.1	1043.0	532.9	514.2	290.7	206.8	124.2	388.7



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Año	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Q Medio Anual [m3/s]
1996-97	69.3	80.7	218.0	344.9	997.4	1327.0	1511.0	876.0	352.0	235.0	194.3	145.1	524.6
1997-98	92.5	64.7	62.8	157.0	499.0	531.6	736.3	735.1	411.0	245.3	192.0	132.5	320.4
1998-99	122.1	90.5	218.8	300.9	643.1	1294.0	1431.0	1440.0	609.6	450.0	314.5	212.5	588.6
1999-00	136.2	141.1	115.6	138.0	405.3	1086.0	1642.0	1454.0	673.5	381.9	259.7	185.8	549.0
2000-01	79.4	47.5	251.8	333.9	488.7	1437.3	1182.0	886.7	486.7	281.3	189.1	123.0	475.6
2001-02	81.8	78.3	152.9	292.8	389.1	1228.0	1400.0	1086.0	432.0	240.1	162.1	119.5	466.6
2002-03	73.6	61.1	127.4	239.3	748.6	806.2	1089.0	829.4	330.7	198.6	133.5	94.5	391.9
2003-04	67.1	58.2	52.1	267.2	920.3	985.8	791.0	749.7	392.6	238.6	143.6	90.3	394.5
2004-05	63.0	62.3	66.3	296.6	427.2	476.2	885.6	843.7	392.9	174.6	115.9	72.7	322.2
2005-06	38.6	20.3	17.0	226.1	1058.2	1355.9	1053.6	1602.5	637.7	276.9	168.7	108.5	541.1
2006-07	78.6	60.7	103.1	676.3	1258.4	1680.8	1690.3	1095.7	399.7	243.5	150.8	104.6	622.6
2007-08	80.9	62.6	67.2	350.0	803.6	1330.4	1660.2	1632.9	493.3	231.9	176.8	113.2	580.4
2008-09	81.4	58.1	64.8	369.4	1051.3	852.8	1059.1	823.4	369.1	229.9	153.0	106.4	433.0
2009-10	61.5	43.4	75.3	699.0	1209.5	726.1	1318.8	454.1	273.9	181.3	134.7	95.4	439.8
2010-11	71.1	49.9	31.9	20.8	578.7	1377.0	1570.8	836.2	409.3	252.8	167.3	114.6	450.9
2011-12	69.6	50.1	33.1	198.2	596.5	1174.6	948.2	1091.9	579.8	253.3	160.8	102.6	435.0
1970-71 / 2011-12	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Promedio	72.7	60.9	104.8	276.4	758.1	1043.4	1218.9	1041.2	482.8	245.5	170.6	117.3	461.3
Max	136.2	141.1	388.3	699.0	1656.0	1680.8	2259.0	2145.0	1471.0	450.0	314.5	212.5	673.4
Min	30.4	20.3	17.0	20.8	168.0	259.0	468.7	454.1	220.0	123.0	90.0	40.9	197.6
Desvío	24.3	26.6	82.8	159.6	338.2	334.2	383.2	454.3	225.4	59.7	46.9	38.4	112.2
Q Adim.	0.2	0.1	0.2	0.6	1.6	2.3	2.6	2.3	1.0	0.5	0.4	0.3	461.3
Vol. (Hm3)	188.6	163.1	271.8	740.4	2030.4	2524.3	3264.7	2698.8	1293.2	636.2	456.9	314.1	14582.5
Vol. (%)	1.29%	1.12%	1.86%	5.08%	13.92%	17.31%	22.39%	18.51%	8.87%	4.36%	3.13%	2.15%	100.00%



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

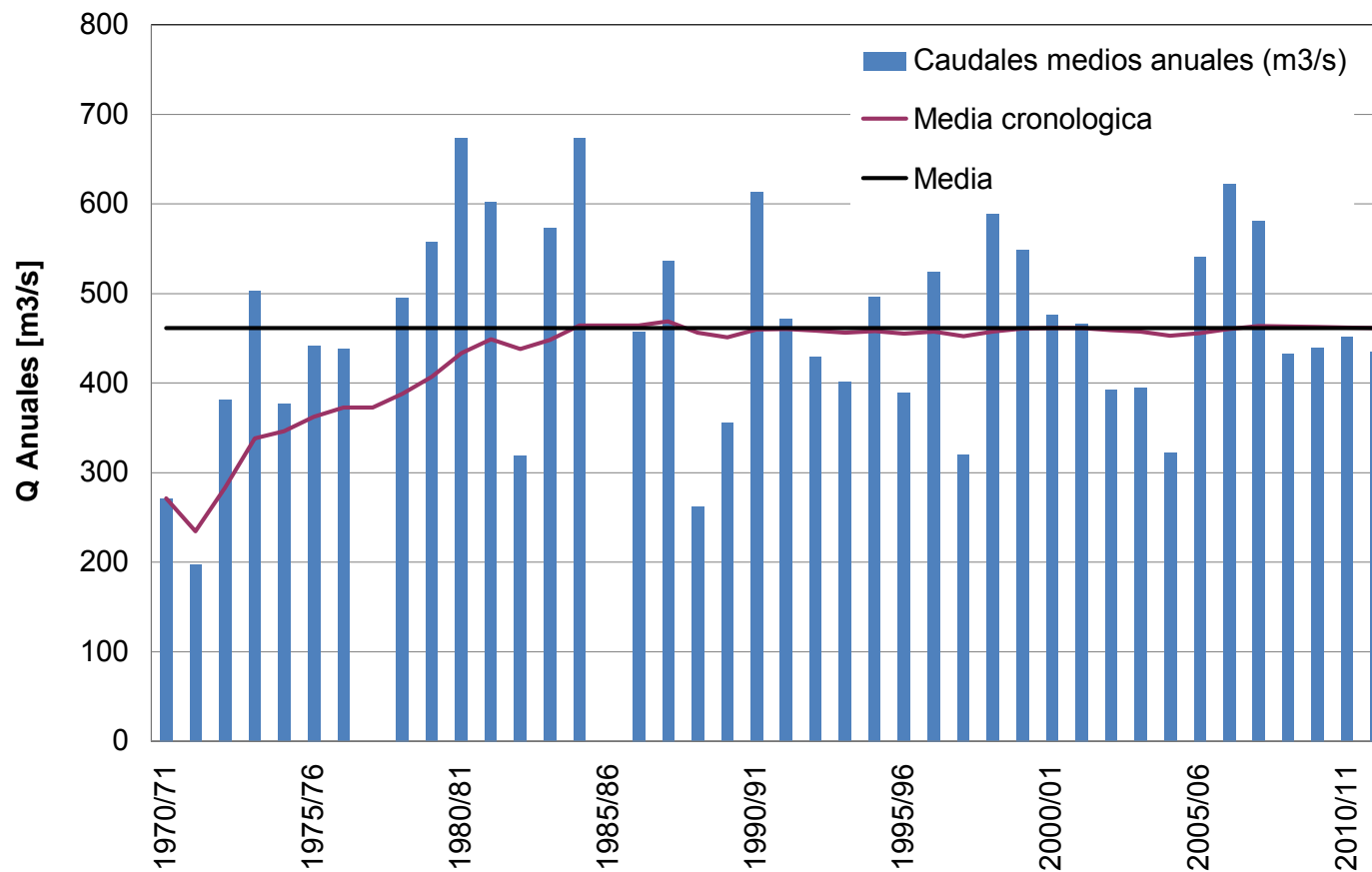


Figura 32. Caudales anuales y medias cronológicas incrementales (m³/s). Río Bermejo en El Colorado. Serie 1970/71-2011/12.



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

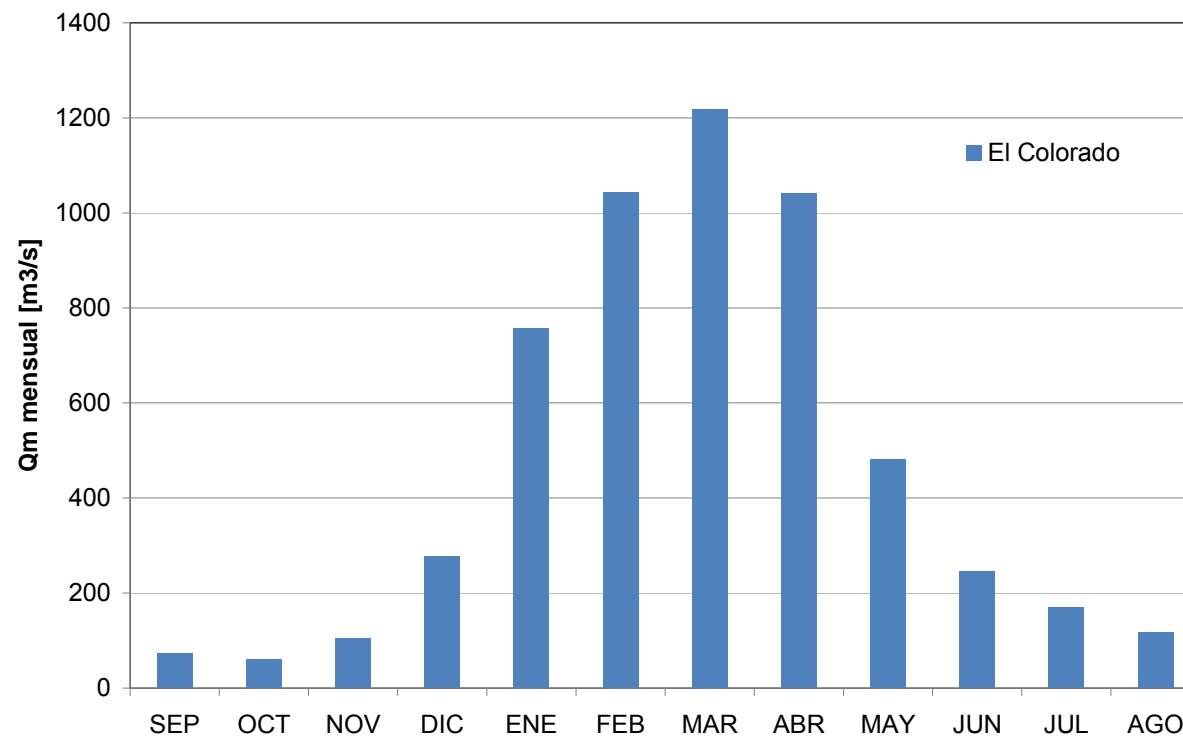


Figura 33. Caudales medios mensuales (m3/s). Río Bermejo en El Colorado.



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

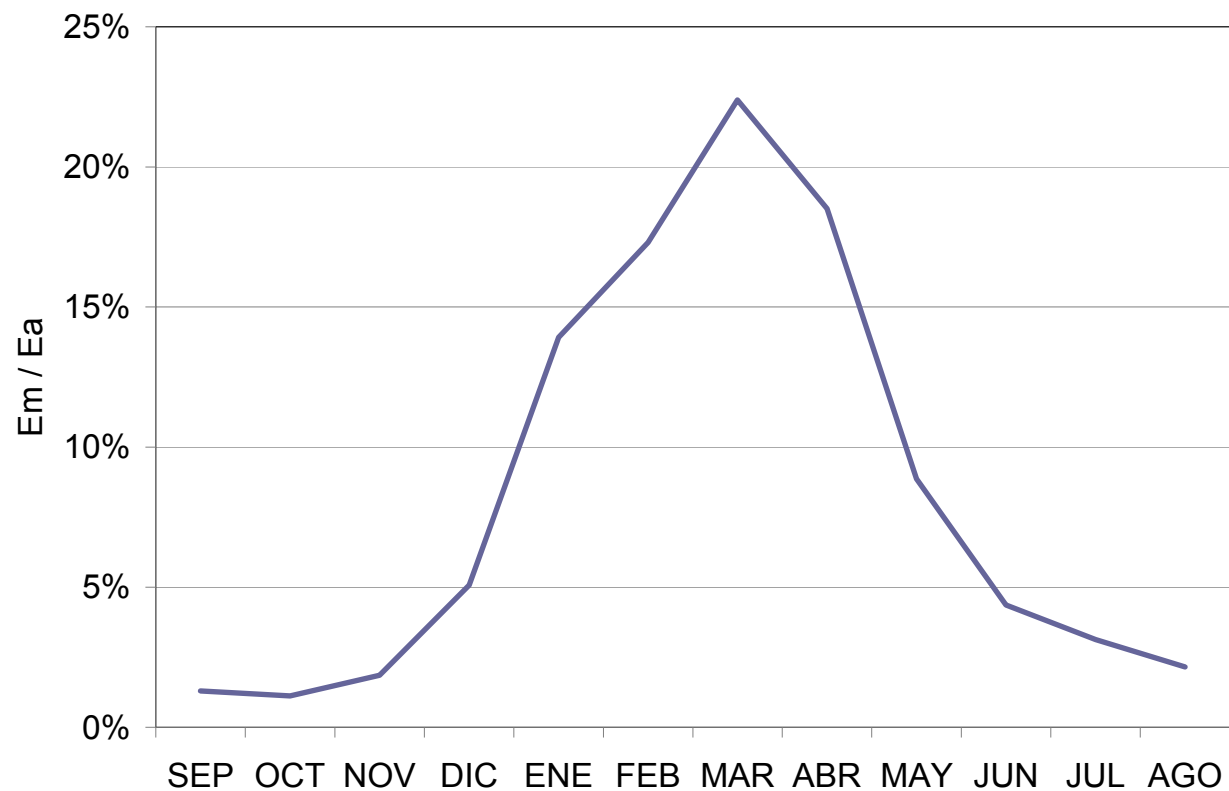


Figura 34. Escurrimiento mensual en relación al anual (%). Río Bermejo en El Colorado.



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Tabla 28. Aportes margen Izquierda del río Paraná (caudales anuales en m³/s).

Año	Piray Mini V. Hermoso	Piray Guazú Pinar Ciba	Paranay El Alcazar	Santa Lucia Santa Lucia	Corriente P. Lucero	Batel P. Cerrito	Corriente Los Laureles	Barrancas P. La Llana	Guayquiraró P. Juncué	Feliciano P. Medina	Nogoyá R.P. 11	Guauguay R. del Tala
70-71	73.5	34.8			206.9							
71-72	26.9	30.3			127.3							
72-73	52.9	48.8	38.5		307.7							
73-74	31.5	27.3	22.7									
74-75	23.2	26.7	16.1		122.7							
75-76	27.5	25.5	18.9	25.2	123.2		206.1	18.4	17.7	40.7		
76-77		14.9	17.0	34.6	153.0		157.6	69.5	35.7	82.5		
77-78		11.7	6.2	14.0	73.7		104.4	73.5		48.7		
78-79	27.2	31.3	19.3	37.0	84.2		135.6	40.6	18.7	62.8		
79-80	29.4	23.1	22.9	33.1	111.1		135.3	28.0	17.1	33.2		
80-81	15.2	11.8	6.1	49.5	177.3		221.0	120.2		67.1		
81-82		19.4	11.9	13.2	36.9		48.1	4.5		10.0		
82-83			11.2	140.2	383.3		461.3	69.2		42.4		
83-84		21.2	16.6	88.6			296.3	44.0		60.3		
84-85	22.3		27.7	95.8			326.3	91.8	31.4	63.4	17.3	
85-86	17.4		23.3	142.3			745.2	124.7	41.2	56.0		
86-87	69.3		23.3	147.4			702.8	79.6	25.6	47.7		
87-88	17.0	16.2	13.7	29.1			147.1	15.5	14.9	31.3		
88-89	18.1		13.4	16.4			60.6	9.7	7.0	16.0		
89-90	48.5		34.3	86.5				76.3	32.9	57.0	30.4	
90-91	23.9	32.7	21.4	85.0	262.1		435.9	90.8	37.5	55.1	23.1	
91-92	37.4	47.2	26.5	93.7	177.1	45.8	372.4	140.8	46.9	48.5	39.7	
92-93	34.6	26.0	13.3	37.9	116.2	29.2	148.4	46.2		37.5	22.4	114.6
93-94	28.5	26.6	29.5	90.4	275.3	45.0	380.0	71.9	19.6	42.1	18.0	114.3
94-95	46.9	39.0	23.4	53.9	220.9	32.5	286.0	35.0	20.8	23.5	10.5	53.9
95-96	25.5	22.2	16.3	59.1	151.7	19.7	193.8	26.5	15.0	33.5	8.1	66.3
96-97	45.6	49.7	38.3	69.0	112.5	22.7	177.1	0.8	2.1	5.0	12.2	14.2



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Año	Piray Mini V. Hermoso	Piray Guazú Pinar Ciba	Paranay El Alcazar	Santa Lucia Santa Lucia	Corriente P. Lucero	Batel P. Cerrito	Corriente Los Laureles	Barrancas P. La Llana	Guayquiraró P. Juncué	Feliciano P. Medina	Nogoyá R.P. 11	Gualeguay R. del Tala
97-98	66.7	68.4	52.4	220.7	603.3	160.6	768.5	216.5	96.7	134.5	80.6	224.1
98-99	30.3	27.9	21.3	49.6	194.7	34.1	238.9	14.7	11.5	21.1	11.3	98.6
99-00	13.1	17.1	12.9	38.6	115.4	27.2	152.8	28.2		29.1	19.9	131.8
00-01	33.7	36.6	24.1	53.8	182.4	24.2	266.5	54.7	27.8	54.4	45.0	143.4
01-02	23.8	24.8	16.4	66.6	199.5	33.5	299.8	101.5	48.9	111.8	23.7	295.6
02-03	33.3	34.0	31.7	134.8	322.4	89.5	479.9	155.4	71.2	133.8	42.1	511.6
03-04	23.7	21.8	15.9	25.2	93.9	10.5	120.4	20.9	8.4	11.5	11.4	77.3
04-05	26.4	27.5	24.2	51.8	151.6	23.4	206.4	35.9	27.2	115.7	23.2	246.1
05-06	12.3	15.1	11.9	11.2	61.0	4.8	75.3	6.9	13.8	39.5	10.7	36.5
06-07	38.3	37.3	38.9	34.3	68.2		101.1	25.6	21.1	77.4	45.5	236.2
07-08	23.6	24.4	23.8	19.3	64.7	2.9	81.9	27.5		11.4	9.0	56.9
08-09	31.9	25.5		11.9	28.7	1.3	39.9	11.5		18.7	5.1	19.7
09-10	49.7	44.3		75.8	200.2	34.9	295.7	87.0	48.5	133.8	41.3	254.5
10-11	34.1	36.5	28.3	22.2	94.4	13.5	126.5	2.4	2.4		13.4	52.3
11-12				12.0	30.5	3.1	45.4	9.8		44.3	15.1	89.1
Media	32.9	29.4	22.0	61.3	165.7	32.9	251.1	56.1	28.2	52.8	24.1	141.8



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Tabla 29. Aportes margen derecha del río Paraná (caudales anuales en m³/s).

Año	Tape- naga Floren- cia	Los Amores Rp 32	El Rey Mou- ssy	Mala- brigo R.P. 11	Mala- brigo R.P. 88 S	El Toba Mar- garita	Sala- dillo A. Vera Mujica	Sala- dillo D. La Noria	San Antonio Petronila	Culu- lú RP 50 S	Salado R.P. 70	Colas- tiné Auto- pista	El Monje Autopi- sta	Carca- raña Pueblo Andino	Sala- dillo Auto- pista	Pavón Coronel Bogado	Del Medio La Emilia
70-71	7.0		16.9				12.0				35.7						
71-72	9.0						6.7				17.8						
72-73			80.3				42.5				411.9						
73-74			71.0								191.3						
74-75											90.8						
75-76											47.5						
76-77						28.0					272.8						
77-78					10.7	7.9	26.6				171.9						
78-79					17.0	22.8	27.0			10.4	173.9						
79-80					12.9	8.6	13.5			12.6	90.6						
80-81	27.2				13.5	6.0	13.4	14.6		51.3	221.3			89.7			
81-82					1.4	4.3	2.5	5.6		14.2	97.9			61.0			
82-83	54.1		35.7		15.3	12.6	20.7			25.0	195.4			55.0			
83-84	24.1	42.2	24.7		11.2	15.8	17.3	10.8		11.6	226.8			103.0			
84-85	18.9	40.3	54.9		29.5		35.7	19.2	13.2	8.2	222.9	2.3		68.7	3.1		
85-86	39.9	62.4	34.8	36.3	33.0		29.1	29.5	14.7	12.8	234.3	3.0		82.4	17.0		
86-87	13.0	25.4	43.5	21.3	22.1	19.9	31.3					5.8		77.9	14.7		
87-88	5.3	8.9	10.1	6.3	5.4	3.3	12.1					2.9		75.2			
88-89	9.6	21.4	15.2	7.3	5.4	4.3	4.3	4.4				1.9	3.2	54.6		4.2	
89-90	24.4	49.8	46.0	13.3	9.8	4.0	18.9	17.4				4.4		57.8		5.6	
90-91	23.4	38.9	83.2	13.5	11.9	8.1	28.1	12.7				9.0			17.3	16.8	
91-92	17.4	25.5	47.7	22.1	23.2	15.4	27.3	11.4				13.0	26.4		10.6	13.3	
92-93	9.1	11.4	22.8	8.1	10.1	9.2	32.6					6.7	27.5		23.3	21.5	
93-94	9.9	11.6	33.5	19.2	22.2	25.1	29.3	10.2			278.8	9.6	37.2	109.4	17.8	10.1	8.7
94-95	17.2	23.1	32.4	8.6		4.4	6.0	1.4			75.8	2.7	9.6	62.6	8.8	7.8	4.6



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Año	Tape- naga Floren- cia	Los Amores Rp 32	El Rey Mou- ssy	Mala- brigo R.P. 11	Mala- brigo R.P. 88 S	El Toba Mar- garita	Sala- dillo A. Vera Mujica	Sala- dillo D. La Noria	San Antonio Petronila	Culu- lú RP 50 S	Salado R.P. 70	Colas- tiné Auto- pista	El Monje Autopi- sta	Carca- raña Pueblo Andino	Sala- dillo Auto- pista	Pavón Coronel Bogado	Del Medio La Emilia
95-96	7.9	6.3	10.6	6.6		3.7	12.8	5.9			59.4	4.7	6.0	58.1	5.8	4.0	3.0
96-97	8.9	8.0	18.8	7.1		4.5	3.9	0.5			67.2	2.1	2.3	26.8	1.6	3.6	1.3
97-98	57.2	60.2	132.0	44.6		31.3	48.2	57.1			635.6	5.9	16.7	97.0	1.4	10.4	6.8
98-99	7.7	6.5	27.5	8.5		3.9	10.7	5.0			131.3	6.9	3.0	80.9	0.9	6.4	4.3
99-00	9.7	17.7	36.5	6.5		3.1	8.7	5.8			82.6			112.8		6.3	8.0
00-01	8.8	37.3	27.3	5.9		6.8	18.0	8.6			112.4			102.3		13.2	14.0
01-02	26.9	27.3	19.7	14.3		24.7	37.8	25.1			217.0			162.0		16.6	25.7
02-03	8.1	37.5	54.2	25.3		41.1	59.0	31.8			542.6			104.9		13.9	21.0
03-04	7.6	16.0	10.9	10.2		11.3	9.4	2.7			74.7			62.4		7.9	6.6
04-05	13.2	23.9	12.9	5.1		5.7	20.4	24.6			113.3			82.4		4.5	4.5
05-06	0.6	2.8	2.5	1.3		1.8	7.1	7.0			36.0			60.6		4.4	2.6
06-07	12.1	19.1	8.7	9.1		11.0	19.1	15.0			131.3			120.1		23.9	21.6
07-08	1.0	0.9	1.7	2.2		1.8	4.9	3.9		3.0	22.7			59.7		4.9	2.7
08-09	2.3	1.1	4.4	0.5		0.5	1.1	3.3	2.2	1.4	16.2			44.5		12.2	6.4
09-10	18.7	41.0	32.1	17.4		18.8	27.9	24.2	11.1	11.3	160.4			89.0		25.9	21.7
10-11	4.3	7.0	1.4	3.6		5.3	3.0	1.3			63.1			50.7		6.1	5.6
11-12	3.0	5.1	9.7	4.6		2.8	4.4	4.2			43.4			58.2		10.5	10.1
Media	15.4	23.4	32.2	12.2	15.0	11.1	19.3	13.0	10.3	14.7	159.0	5.4	14.6	78.3	10.2	10.6	9.4

Tabla 30. Aportes al río Bermejo (caudales anuales en m³/s).

Año	Bermejo Pozo Sarmiento	San Francisco Caimancito	Bermejo El Colorado
70-71	249.1	71.3	270.8
71-72	223.1	43.3	197.6
72-73	329.2	102.3	381.5
73-74	450.7	134.3	502.7
74-75	311.3	97.1	376.8
75-76	429.3		442.0
76-77	398.8	154.9	437.9
77-78	353.7		
78-79	464.8	173.2	495.4
79-80	511.2		557.0
80-81	632.1		673.4
81-82	538.8		602.2
82-83	310.0	79.6	319.0
83-84	634.0	245.2	572.9
84-85	468.2	162.5	673.1
85-86	470.1	111.1	
86-87		126.6	457.6
87-88	471.1	152.6	536.6
88-89	257.1	57.7	261.9
89-90	309.2	84.6	355.6
90-91	596.4		613.3
91-92	368.4		471.5
92-93	309.0	108.5	429.5
93-94	328.7	75.0	401.2
94-95	398.6	95.4	496.4
95-96	350.6	76.3	388.7
96-97	433.0	139.8	524.6
97-98	262.9	64.2	320.4
98-99	532.7	140.7	588.6
99-00	498.6	122.1	549.0
00-01	398.9	115.3	475.6
01-02	440.8	95.8	466.6
02-03	414.6	87.1	391.9
03-04	411.0	81.4	394.5
04-05	341.7	61.2	322.2
05-06	596.4	148.8	541.1
06-07	574.8	124.6	622.6
07-08	570.3	155.7	580.4
08-09	464.8	110.9	433.0
09-10	489.1	111.9	439.8
10-11	517.9	145.9	450.9
11-12	476.3	113.5	435.0
Media	429.0	113.4	461.3

Tabla 31. Aportes a los ríos Juramento y Salado superior (caudales anuales en m³/s).

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Año	Juramento Finca A.	Juramento El Quebrachal.	Salado Cnal. De Dios	Salado Suncho Corral
01-02	39.3	37.7	28.8	
02-03	29.3	26.9	16.9	
03-04	27.7	22.9	10.6	
04-05	25.9	20.4	7.8	6.7
05-06	25.7	22.7	9.0	9.2
06-07	27.2	25.3	14.2	25.8
07-08	47.0	48.1	27.7	55.1
08-09	34.7	32.4	21.8	16.3
09-10	41.3	39.7	29.7	42.3
10-11		60.2		36.9
11-12	51.8	46.6	37.9	26.4
Media	35.0	34.8	20.4	27.3

Tabla 32. Aportes margen derecha al río Uruguay (caudales anuales en m³/s).

Año	Aguapey Caa Carai	Aguapey La Sirena	Miriñay San Roquito	Miriñay Paso Ledesma	Yuqueri Grande Concordia	Gualeguaychú R.P. 39
70-71			99.2	131.4		
71-72				128.3		
72-73						
73-74				99.2		
74-75				162.5		
75-76			52.5	87.2		
76-77			102.7	174.3		
77-78			90.6	128.2		
78-79			73.1	87.7		
79-80			85.3	97.9		
80-81			85.5	157.3		
81-82			51.1	93.7		
82-83			170.0	279.1		
83-84				222.9		
84-85				283.0		
85-86				337.6		
86-87	65.3		137.4	311.9		
87-88	19.8					
88-89		62.9	71.4			1.3
89-90		124.1	77.5			15.1
90-91		58.2	143.3			
91-92	38.0	69.5	201.5			
92-93	24.7	69.2	64.8	91.6	5.8	15.0
93-94	46.3	136.5	133.5	155.5	4.1	6.3
94-95	24.4	64.2	42.0	89.5	1.5	3.7
95-96	8.2	37.0	53.8	76.7	1.2	6.6
96-97	40.6	81.5	43.2	60.6	1.7	1.0
97-98	87.5	194.7	233.2	446.3		20.7
98-99	31.1	104.5	40.5	69.8	8.4	18.3

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Año	Aguapey Caa Carai	Aguapey La Sirena	Miriñay San Roquito	Miriñay Paso Ledesma	Yuqueri Grande Concordia	Gualeguaychú R.P. 39
99-00	24.9	71.3	35.5	93.1	3.5	24.8
00-01	49.5	132.4	82.0	175.6	4.8	19.1
01-02	28.8	73.9	106.2	176.8	9.9	50.5
02-03	60.0	124.8	188.5	302.5	7.1	44.5
03-04	24.5	46.2	25.7	38.0	3.6	6.3
04-05	35.3	81.8	51.0	108.0	7.0	15.7
05-06	9.3	16.6		10.8	1.3	5.7
06-07	26.9	60.5	52.8	99.3	6.3	18.8
07-08	26.2	46.6	36.5	71.8	3.0	6.7
08-09	18.0	32.3	16.9	33.4	4.7	3.3
09-10	32.3	91.3	99.8	189.5	9.6	27.5
10-11	14.7	40.0	36.8	39.2	1.3	9.4
11-12	15.9	26.4	12.2	30.5	1.1	14.8
Media	32.7	76.9	84.7	142.8	4.5	15.2

Tabla 33. Aportes ríos principales (caudales anuales en m³/s).

Año	Iguazú Pto Andres.	Paraguay Pto Pilcomayo	Paraguay Pto. Bermejo	Paraná Itatí	Paraná Corrientes	Paraná Santa Fe	Uruguay El Soberbio	Uruguay Garruchos	Uruguay P Libres
70-71		2584	3577	10669	14246	14542		3655	5250
71-72		1478	2126	10287	12755	12403		3366	4251
72-73		2153	3473	15479	20559	22834		4555	8230
73-74		3517	4196	13876	19078	19698		2554	3858
74-75		3203	3948	10691	14859	15120		2072	3538
75-76		3256	3878		17766	17394		3052	4589
76-77		3878	4079		18972	19691		2536	4359
77-78		3546	3791	10574	14513	14615		1666	2498
78-79		5084	5134	11481	16607	16108		2018	3142
79-80		5349	5922	15034	21584	21725		3160	4874
80-81		4686	5789	12694	18531	18592	1461	1927	3197
81-82		5207	4910	15593	21771	20491	1564	1921	3321
82-83		8872	7810	26383	37834	33653	5558	7486	10654
83-84	1889	4707	5029	16348	22519	22970	2213	3425	5478
84-85	1353	5850	5844	14701	20964	20833	1972	3484	5399
85-86	957	3770	4676	11399	16306	16418	1914	2361	4649
86-87	1752	4069	4775	13305	18530	18376	2349	3706	6393
87-88	1262	4980	4791	12673	17844	16568	1633	2068	2927
88-89	1244	4951	5254	12309	17393	15717	1898	2062	2711
89-90	2470	4971		15480	21719	21065		4620	6116
90-91	1497	3748	4013	14192	19643	20104	2300	2910	4425
91-92	2059	5679	5559	15652	22194	22888	2976	3530	5625
92-93	1583	5159	5340	14966	21257	22178	2282	2819	4387
93-94	1962	3246	3990	13583	17962	19235	2822	3815	5876
94-95	1703	4813		13780	18933	20144	2088	2477	3916
95-96	1694	4070		12165	16285	16982	2241	2512	3642
96-97	2305	4292		16059	21583	21697	2776	3089	4265



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Año	Iguazú Pto Andres.	Paraguay Pto Pilcomayo	Paraguay Pto. Bermejo	Paraná Itatí	Paraná Corrientes	Paraná Santa Fe	Uruguay El Soberbio	Uruguay Garruchos	Uruguay P Libres
97-98	3406	6177		19462	27270	27976	5172	6952	11335
98-99	2166	4171		15495	21291	20963	2115	2758	4190
99-00	1143	2596		10679	13484	14030	1399	1896	3360
00-01	2227	2904		13262	17494	17988	3055	3680	5914
01-02	1580	2791		12124	16274	17346	1905	2627	4649
02-03	1595	2649		13117	16866	18805	2496	3877	7306
03-04	1220	3124		12295	16222	15959	1527	2149	3075
04-05	1331	2685		12885	17232	17356	2170	2957	3850
05-06	1523	2672		12669	16614	16178	1514	2065	2645
06-07	1329	3601		14467	19430	19289	2143	2885	3768
07-08	1111	2872		12243	16498	16069	1876	2692	3577
08-09	1221	2322		11927	15562	15141	1960	2655	3264
09-10	2600	2886		18380	23117	22504	3494	4684	7001
10-11	1981	3167		15101	19719	18749	2958	3894	4752
11-12	1679	3078		13383	17885	17633	1524	1863	2257
Media	1719	3924	4691	13922	18980	19001	2366	3107	4726

4.1.2.2. Curvas de permanencia de caudales

A partir de los caudales mensuales, se confeccionaron curvas de permanencia de caudales para cada estación. Nuevamente el análisis se divide en los grandes ríos y en sus afluentes.

- Grandes Ríos

Desde la Figura 35 a la Figura 38 se muestran las curvas de permanencia de los grandes ríos analizados; Iguazú, Paraguay, Paraná y Uruguay, expresando los caudales como % del módulo correspondiente. Por su parte la Tabla 34 presenta los porcentajes del caudal módulo para los distintos porcentajes de tiempo.

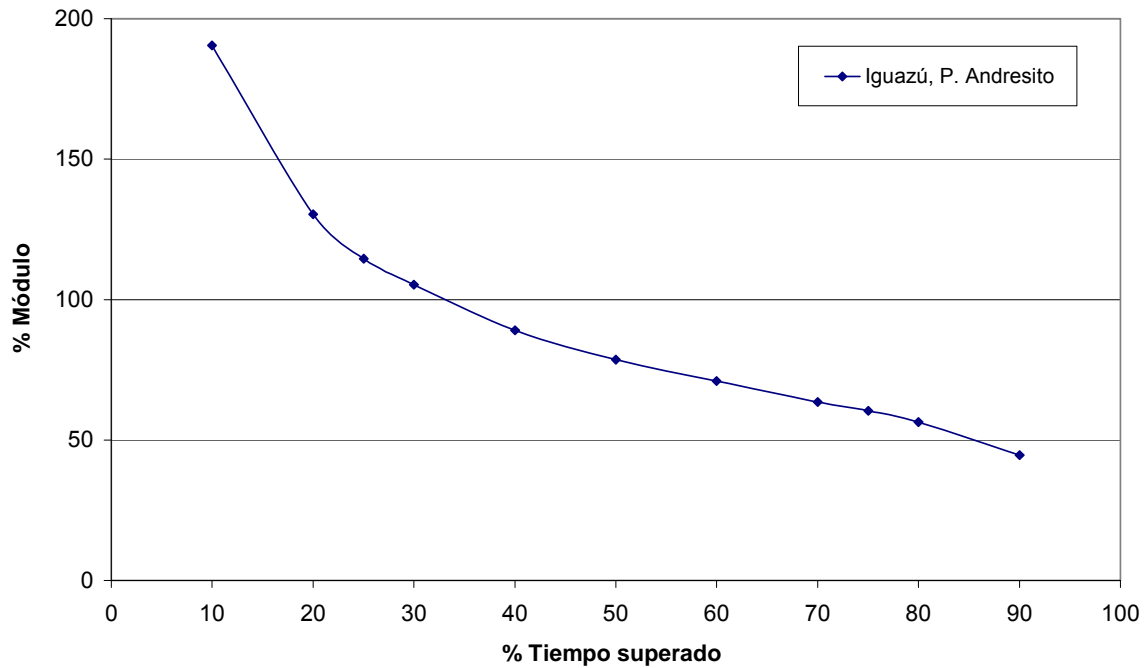


Figura 35. Curva de Permanencia para el río Iguazú.

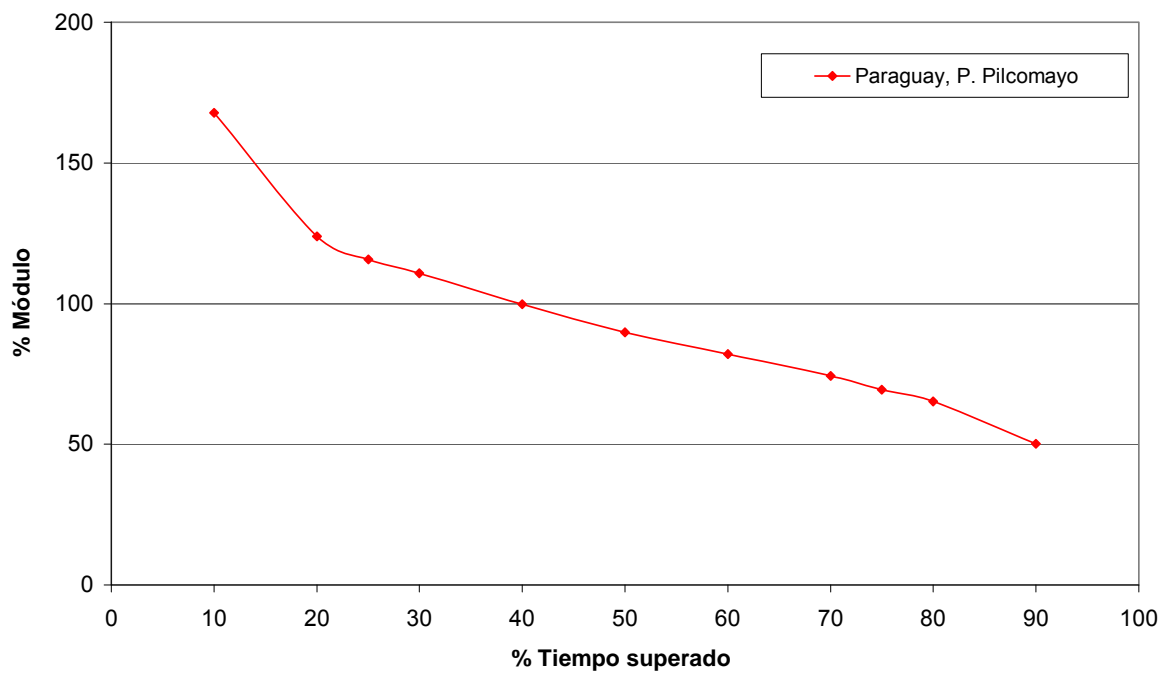


Figura 36. Curva de Permanencia para el río Paraguay.

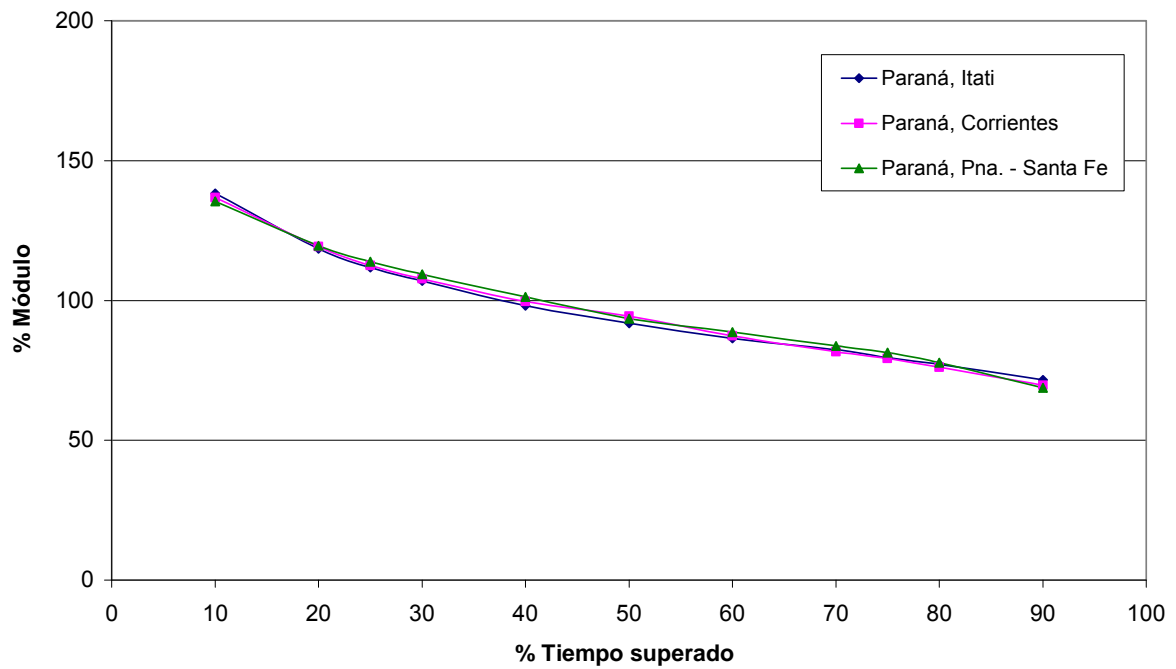


Figura 37. Curva de Permanencia para el río Paraná.

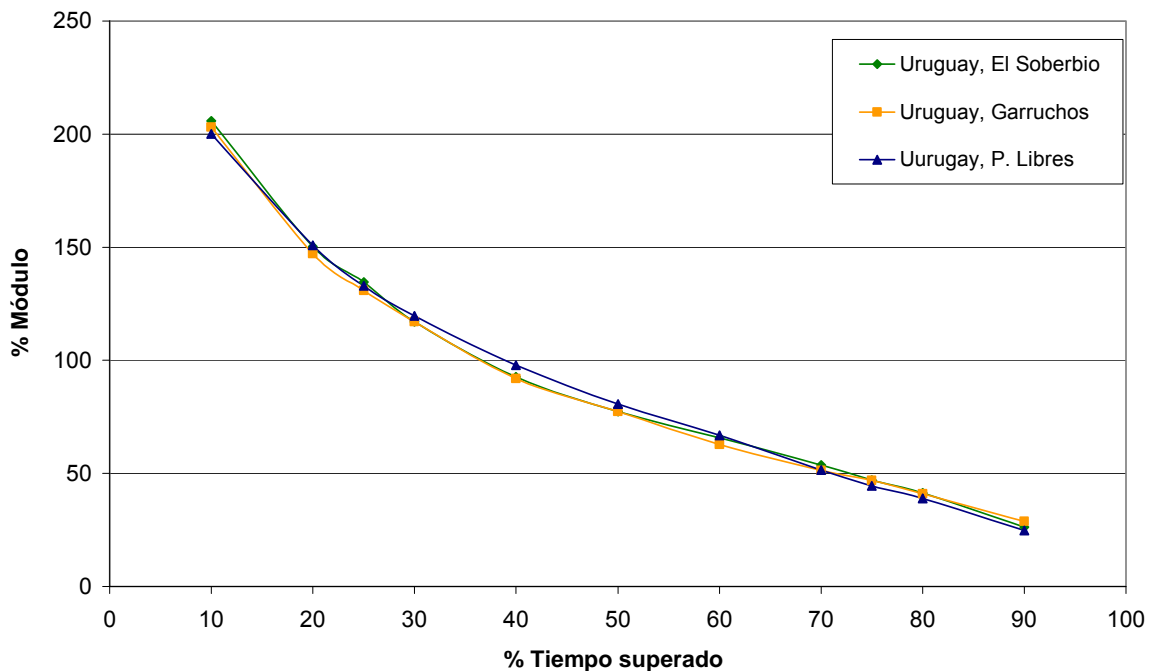


Figura 38. Curva de Permanencia para el río Uruguay.

Tabla 34. Curva de permanencia de caudales expresados como porcentaje del módulo. Principales ríos.

Río	Lugar	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	Q anual (m ³ /s)
Iguazú	Pto Andresito	190	130	115	105	89	79	71	64	60	56	45	1719
Paraguay	Pto Pilcomayo	168	124	116	111	100	90	82	74	69	65	50	3924
Paraná	Itatí	138	118	112	107	98	92	86	82	80	77	72	13922
Paraná	Corrientes	137	119	112	108	100	94	87	82	79	76	70	18980
Paraná	Pna – Sta Fe	135	120	114	109	101	93	89	84	81	78	69	19001
Uruguay	El Soberbio	206	150	135	117	93	77	66	54	47	41	26	2366
Uruguay	Garruchos	203	147	131	117	92	77	63	51	47	41	29	3107
Uruguay	Paso Libres	200	151	133	120	98	81	67	52	45	39	25	4726

- Afluentes

En el caso de los afluentes, el análisis se realizó agrupando las estaciones por regiones. Se presenta en la Figura 39 las curvas de permanencia para la margen izquierda del río Paraná. En la misma se muestra el porcentaje del caudal con respecto al caudal módulo (caudal medio anual), el cual es superado en promedio en un determinado porcentaje de tiempo. Por ejemplo, para la estación de Paso Cerrito, en el río Batel, el 194% del módulo se supera un 10% del tiempo. En este caso, teniendo un módulo de 32.9 m³/s, un caudal de aproximadamente 64 m³/s es superado el 10% del tiempo.

Por su parte la Tabla 35 muestra los resultados para todas las estaciones de la región margen izquierda del río Paraná y la curva de permanencia mediana para la misma región. Las restantes regiones se muestran en las Figuras 40 a 43 y las Tablas 36 a 39.

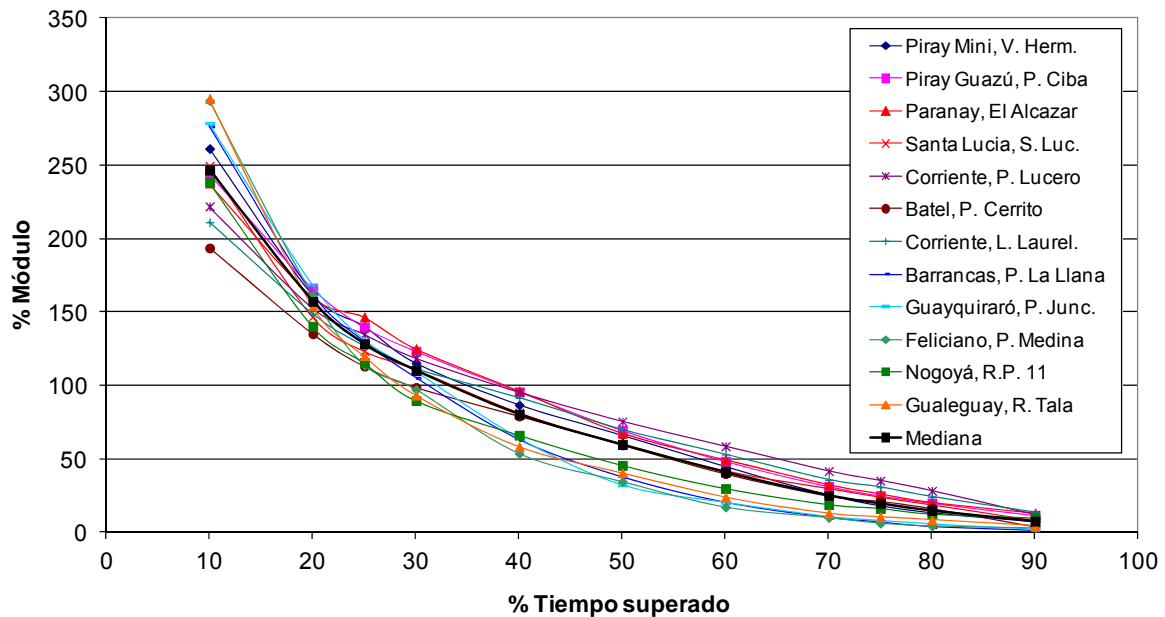


Figura 39. Curva de Permanencia para la margen izquierda del río Paraná.

Tabla 35. Curva de permanencia de caudales expresados como porcentaje del módulo. Margen izquierda del río Paraná.

Río	Lugar	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	Q anual (m ³ /s)
Piray Mini	Valle Hermoso	261	162	140	115	87	66	45	25	18	13	7	33
Piray Guazú	Pinar Ciba	244	166	140	123	96	69	48	31	25	20	12	29
Paranay	El Alcazar	238	160	147	125	96	67	49	32	26	20	13	22
Santa Lucía	Santa Lucía	249	147	124	111	82	60	42	30	24	19	8	61
Corriente	Paso Lucero	222	153	135	119	95	76	59	42	35	28	12	166
Batel	Paso Cerrito	194	135	113	99	79	60	40	25	21	16	4	33
Corriente	Los Laureles	211	149	127	111	92	70	53	36	31	24	14	251
Barrancas	Paso La Llana	276	162	130	105	63	38	20	10	7	4	1	56
Guayquiraró	Paso Juncué	279	169	131	109	64	32	20	10	8	5	2	28
Feliciano	Paso Medina	294	162	114	97	54	35	17	10	6	4	3	53
Nogoyá	Ruta Pcial 11	238	140	116	90	66	46	30	19	16	12	10	24
Gualeguay	R. del Tala	295	154	120	93	58	41	24	13	11	9	5	142
Mediana		247	157	128	110	80	60	41	25	20	15	8	

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

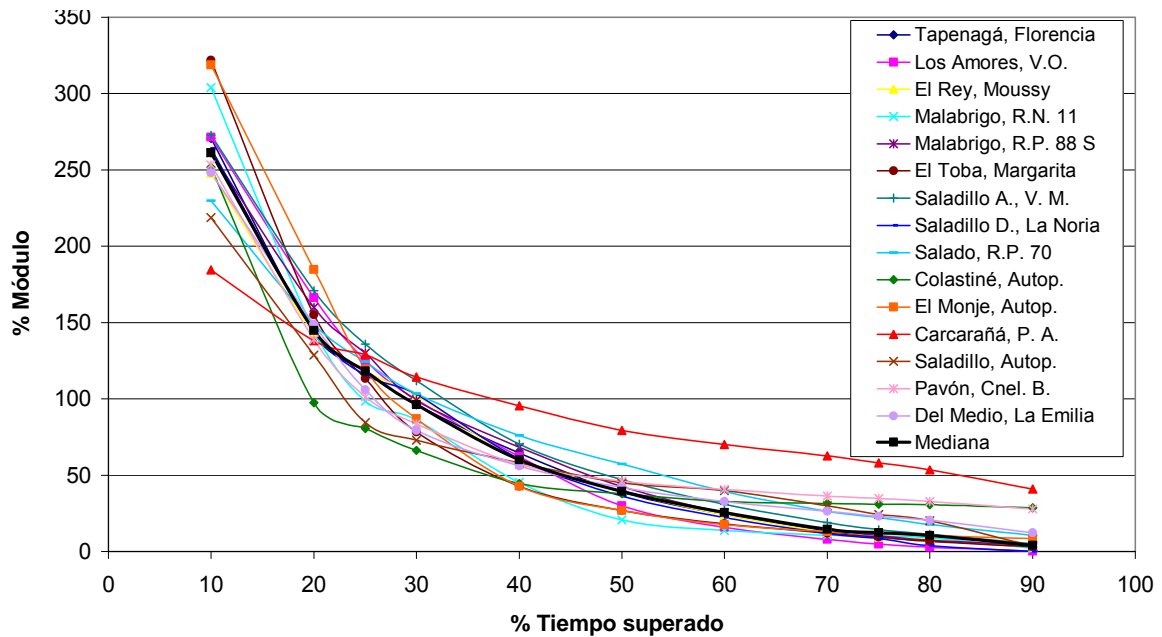


Figura 40. Curva de Permanencia para la margen derecha del río Paraná.

Tabla 36. Curva de permanencia de caudales expresados como porcentaje del módulo. Margen derecha del río Paraná.

Río	Lugar	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	Q anual (m ³ /s)
Tapenagá	Florencia	271	143	118	96	65	39	24	13	9	7	3	15
L. Amores	V. Ocampo	272	166	125	100	62	30	16	8	5	3	0	23
El Rey	Moussy	248	143	118	102	60	39	24	13	10	8	3	32
Malabrigo	RN 11	304	145	98	86	45	21	14	11	10	9	2	12
Malabrigo	RP 88 S	261	160	130	99	68	42	26	15	10	7	4	15
El Toba	Margarita	322	155	113	78	43	27	18	12	9	7	3	11
Saladillo Amargo	V. Mujica	273	171	136	112	70	47	31	19	14	11	5	19
Saladillo Dulce	La Noria	264	145	116	103	61	36	22	12	8	4	0	13
Salado	RP 70	230	149	124	103	76	57	39	26	22	18	11	159
Colastiné	Autopista	252	97	81	66	45	38	33	31	31	31	29	5
El Monje	Autopista	319	185	119	87	43	27	18	13	12	10	8	15
Carcaraña	P. Andino	185	138	129	114	95	79	70	63	58	54	41	78
Saladillo	Autopista	219	129	84	73	58	45	40	30	24	20	3	10
Pavón	C. Bogado	253	139	101	84	57	46	41	36	35	33	28	11
Del Medio	La Emilia	248	149	106	79	56	42	33	26	23	21	12	9
Mediana		261	145	118	96	60	39	26	15	12	10	4	

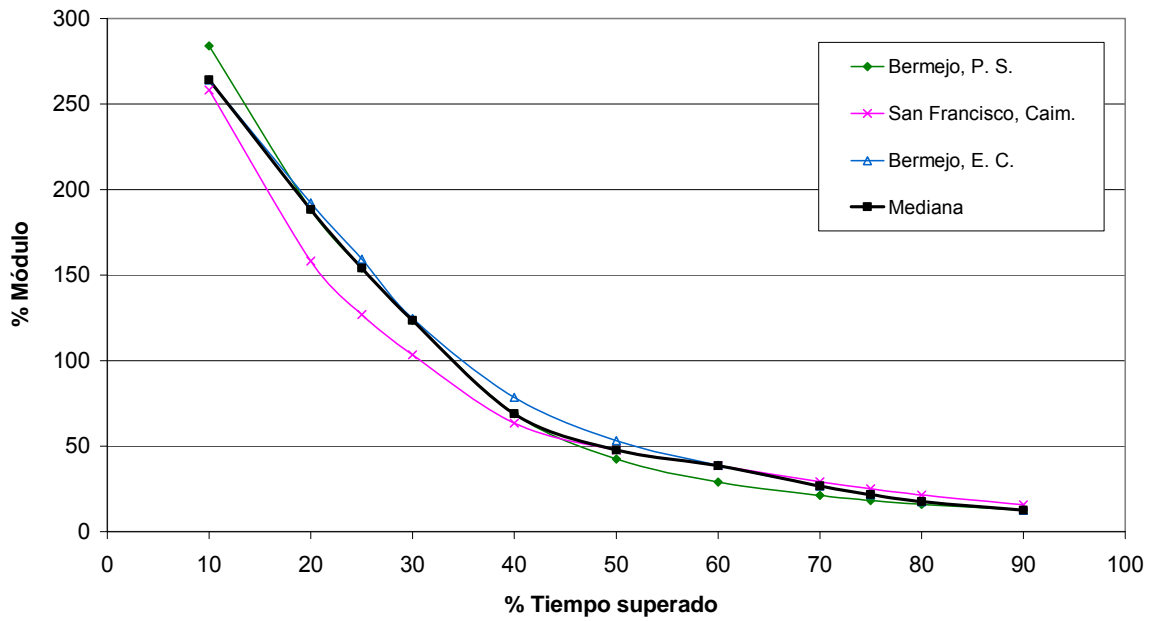


Figura 41. Curva de Permanencia para el río Bermejo.

Tabla 37. Curva de permanencia de caudales expresados como porcentaje del módulo. Río Bermejo.

Río	Lugar	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	Q anual (m ³ /s)
Bermejo	P. Sarmiento	284	188	154	123	69	42	29	21	18	16	12	429
Sn Francisco	Caimancito	258	158	127	103	64	48	39	29	25	22	16	113
Bermejo	El Colorado	264	192	159	125	79	53	39	27	22	18	12	461
Mediana		264	188	154	123	69	48	39	27	22	18	12	

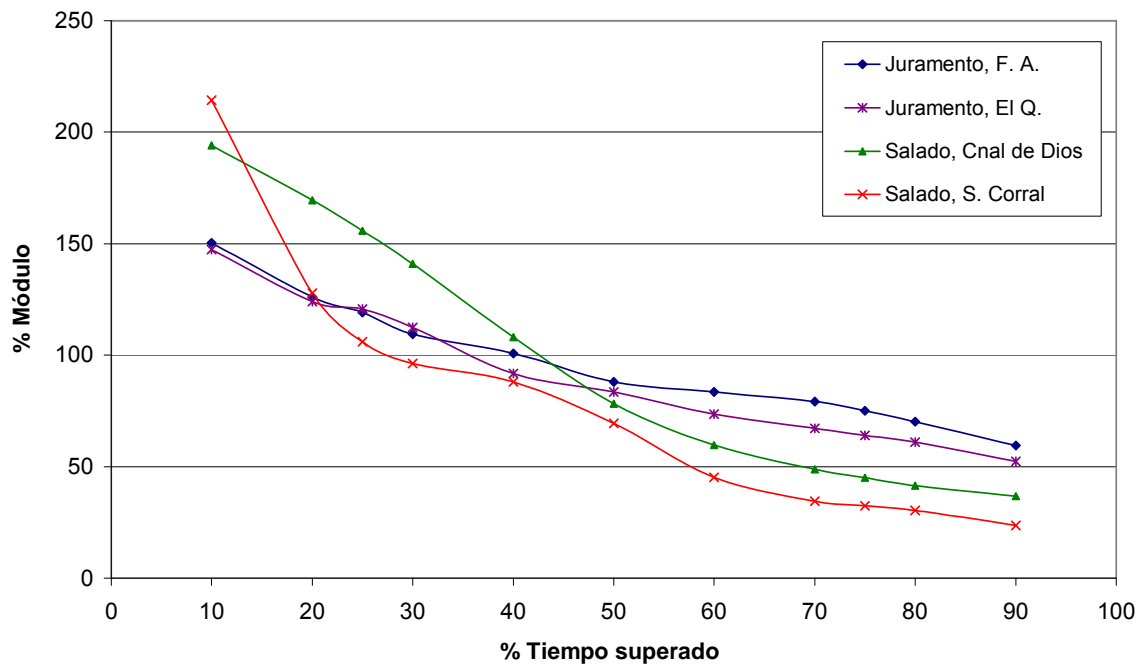


Figura 42. Curva de Permanencia para los ríos Juramento y Salado superior.

Tabla 38. Curva de permanencia de caudales expresados como porcentaje del módulo. Ríos Juramento y Salado superior.

Río	Lugar	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	Q anual (m ³ /s)
Juramento	F. Agropecuaria	150	126	119	109	101	88	83	79	75	70	60	35
Juramento	El Quebrachal	147	124	121	113	92	84	73	67	64	61	52	35
Salado	Canal de Dios	194	169	156	141	108	78	60	49	45	41	37	20
Salado	Suncho Corral	214	128	106	96	88	70	45	35	32	30	24	27

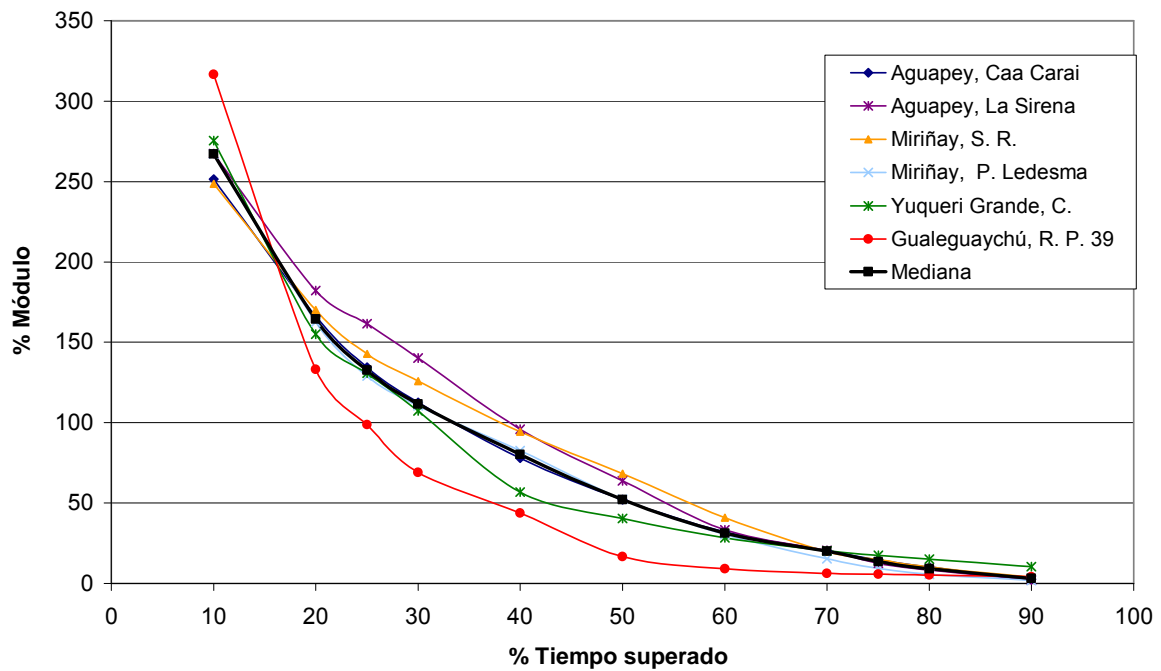


Figura 43. Curva de Permanencia para la margen derecha del río Uruguay.

Tabla 39. Curva de permanencia de caudales expresados como porcentaje del módulo. Margen derecha del río Uruguay.

Río	Lugar	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	Q anual (m ³ /s)
Aguapey	Caa Carai	251	166	135	113	78	52	32	20	15	10	3	33
Aguapey	La Sirena	267	182	162	140	96	64	33	21	12	8	2	77
Miriñay	San Roquito	249	170	143	126	94	68	41	20	15	10	4	85
Miriñay	Paso Ledesma	267	163	129	110	83	52	30	15	9	6	2	143
Yuqueri Gran	Concordia	275	155	131	107	57	40	28	20	17	15	10	5
Gualeguaychú	Ruta Pcial 39	317	133	99	69	44	17	9	6	6	5	4	15
Mediana		267	164	133	112	80	52	31	20	13	9	3	

4.1.2.3. Curvas de caudales medios mensuales / caudal anual

Se confeccionaron curvas que relacionan caudales medios mensuales respecto al caudal medio anual en cada estación. Nuevamente el análisis se divide en los grandes ríos y en sus afluentes

- Grandes Ríos

Las Figuras 44 a 47 presentan las relación entre el caudal medio mensual y anual para los principales ríos que se analizan.

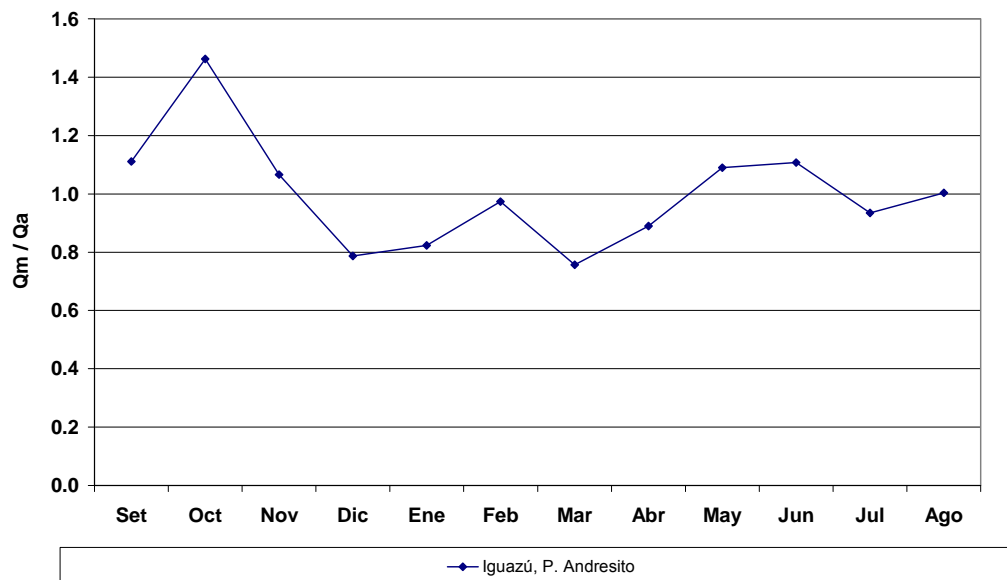


Figura 44. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Río Iguazú.

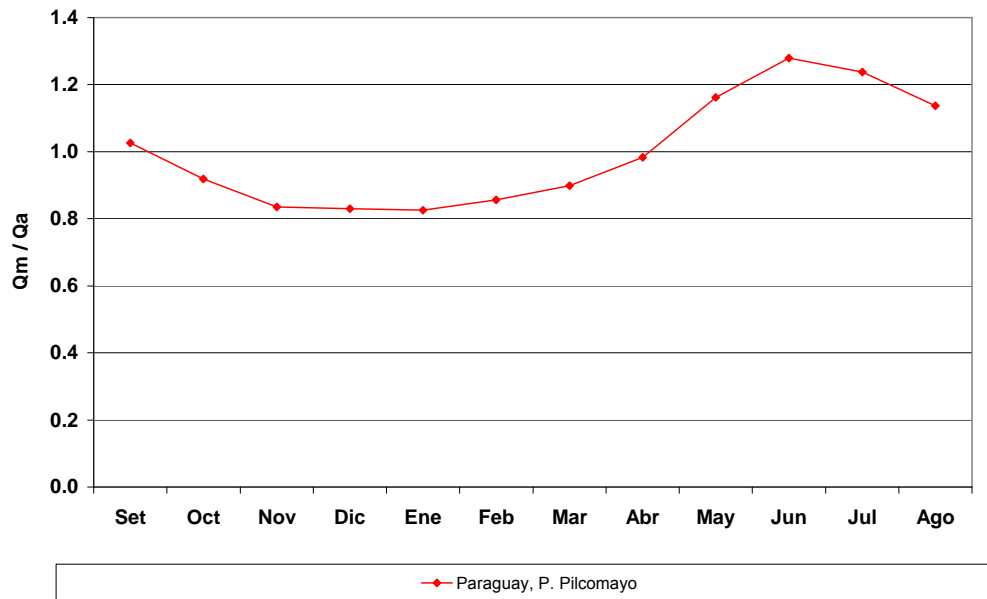


Figura 45. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Río Paraguay.

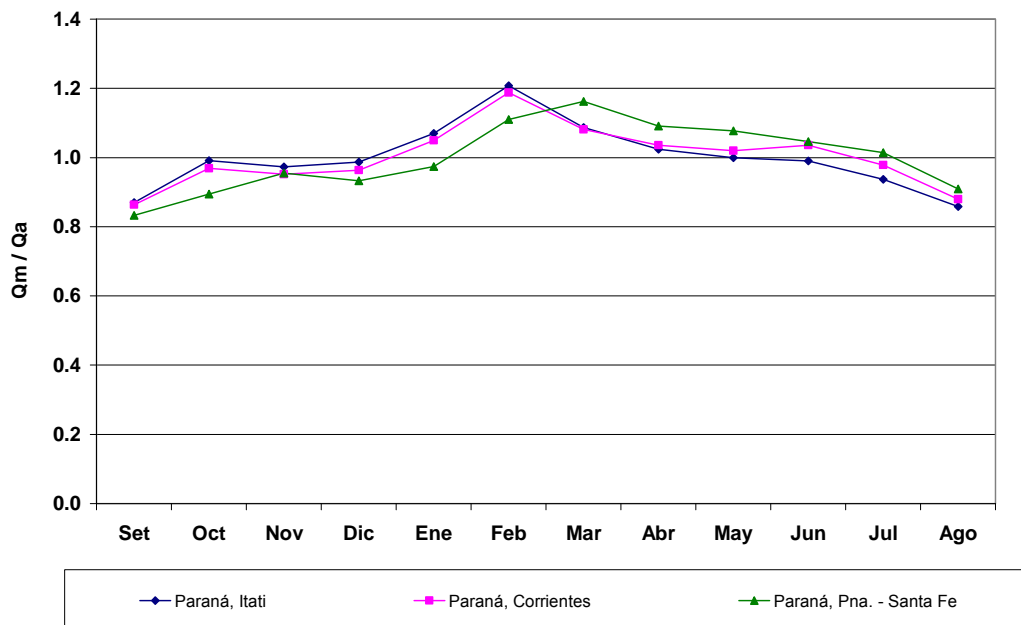


Figura 46. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Río Paraná.

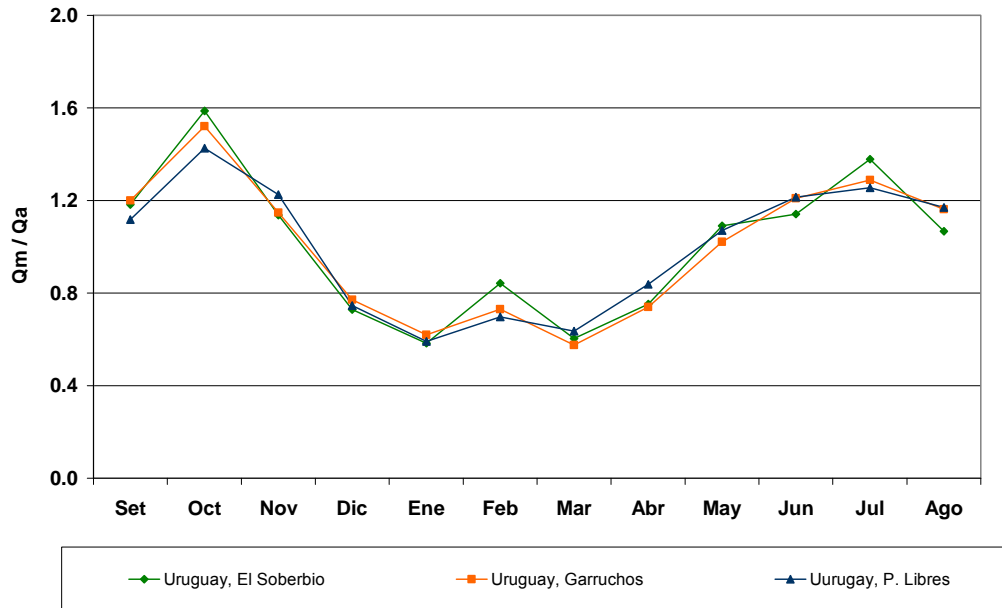


Figura 47. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Río Uruguay.

- Afluentes

En el caso de los cursos afluentes, los análisis se realizaron siguiendo las regiones predefinidas. Mediante estas curvas se puede apreciar el comportamiento de los caudales mensuales, y comparando las estaciones de las regiones predefinidas determinar si presentan un comportamiento homogéneo. En la Figura 48 se muestra un ejemplo para las estaciones de la margen izquierda del río Paraná, siendo la relación Q_m/Q_a adimensional.

En la misma se destaca el comportamiento diferente de las estaciones en los ríos de la provincia de Misiones, es decir Piray Mini, Piray Guazú y Paranay, con respecto al resto de los ríos, por lo que se definirán subregiones. La Figura 49 muestra la subregión de los ríos de la provincia de Misiones, mientras que la Figura 50 la subregión de los ríos de Corrientes y Entre Ríos. Las gráficas para el resto de las regiones se presentan desde la Figura 51 a la 54.

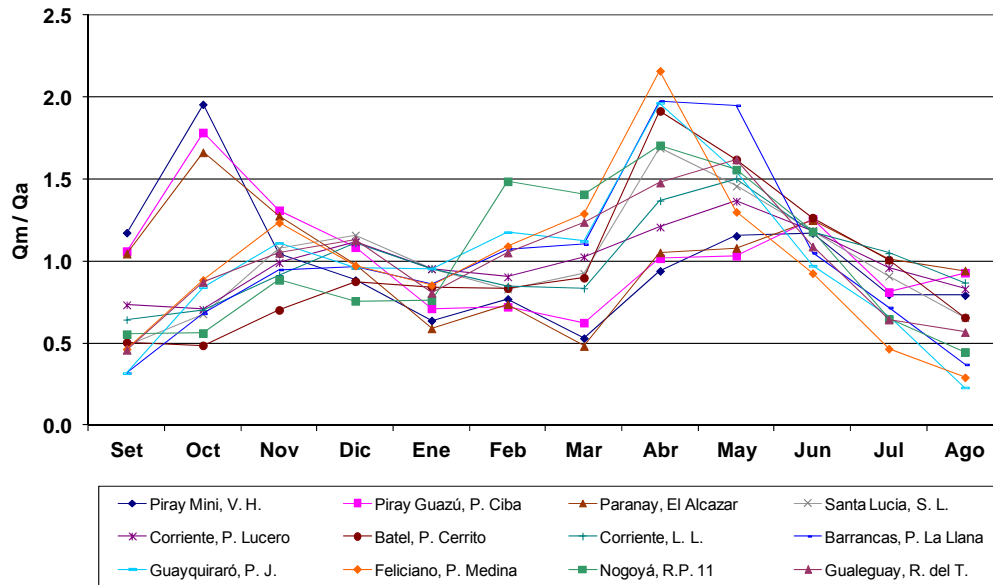


Figura 48. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Margen izquierda del río Paraná.

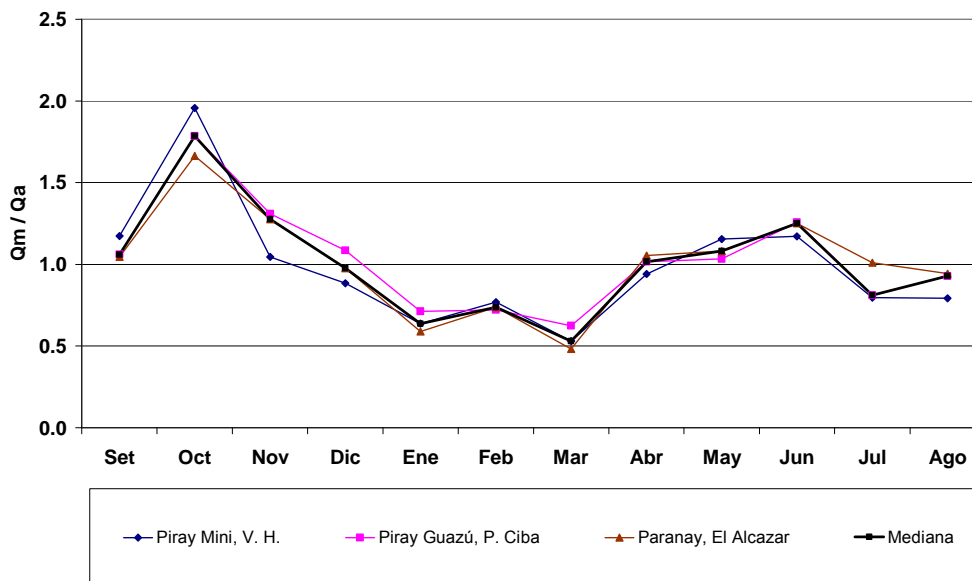


Figura 49. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Subregión ríos de Misiones.

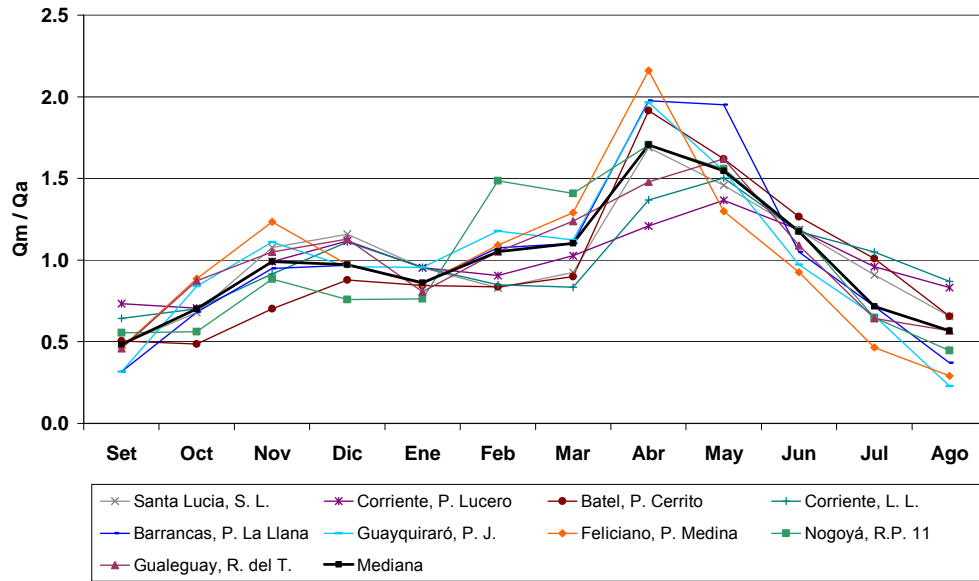


Figura 50. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Subregión ríos de Corrientes y Entre Ríos.

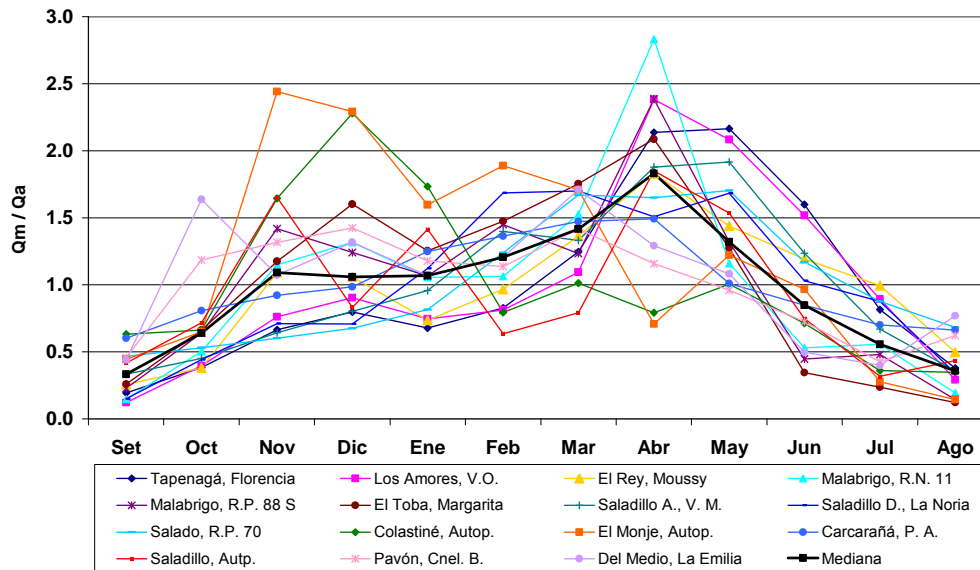


Figura 51. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Margen derecha del río Paraná.

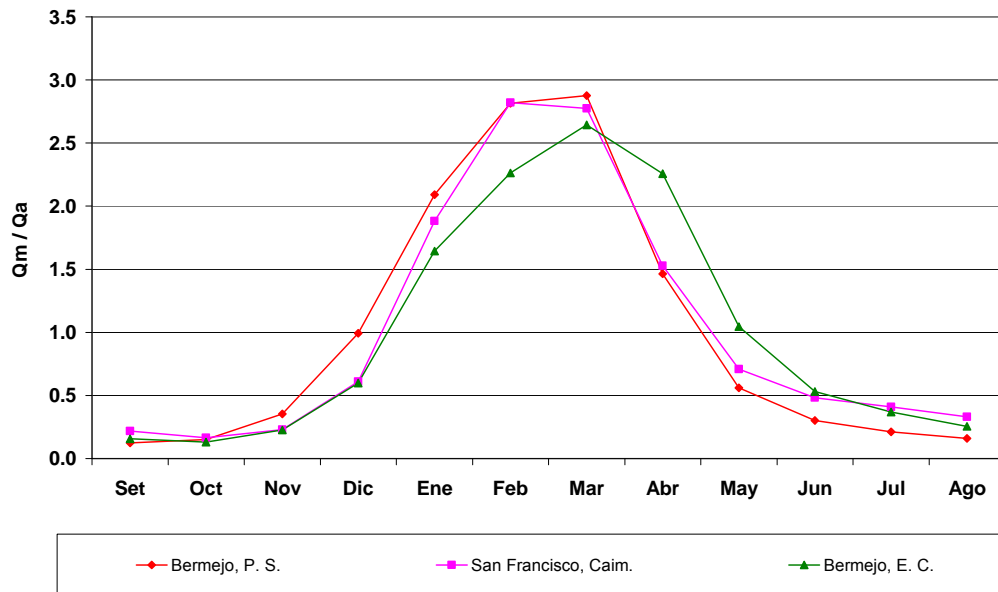


Figura 52. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Río Bermejo.

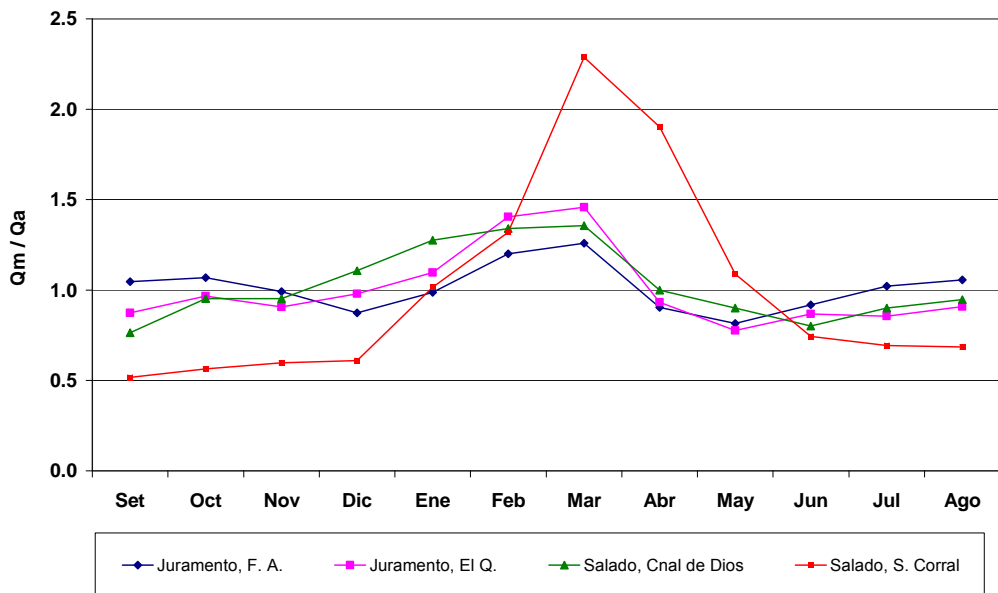


Figura 53. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Ríos Juramento y Salado superior.

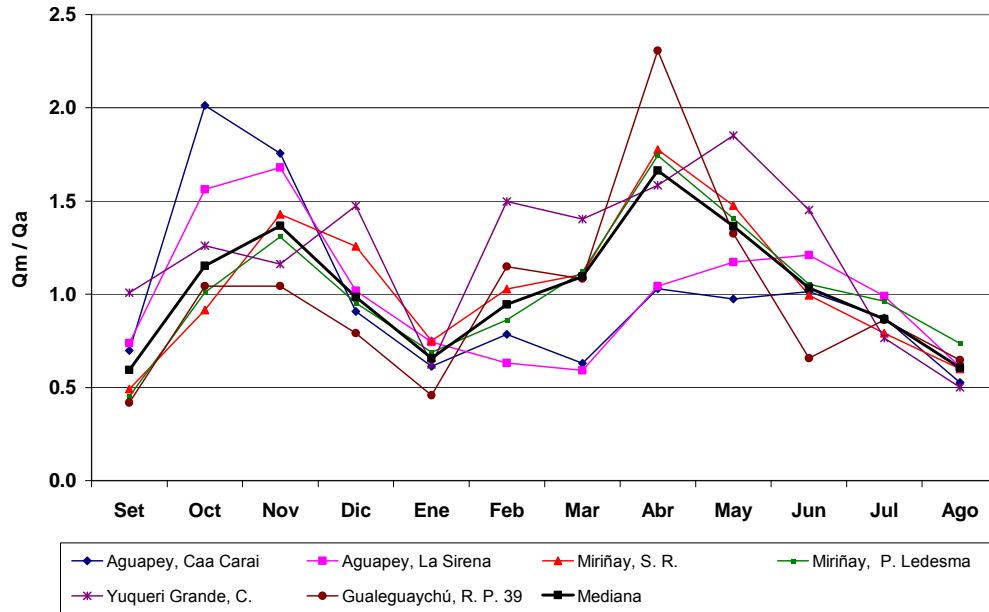


Figura 54. Variación del caudal medio mensual respecto al caudal medio anual. Margen derecha del río Uruguay.

4.1.2.4. Caudales específicos

Se calcularon caudales específicos, $q = Qa / \text{Área}$ (lts/s/km²) para cada estación de medición, habiéndose graficado en función del área. Los mismos se presentan a continuación desde la Figura 55 a Figura 59.

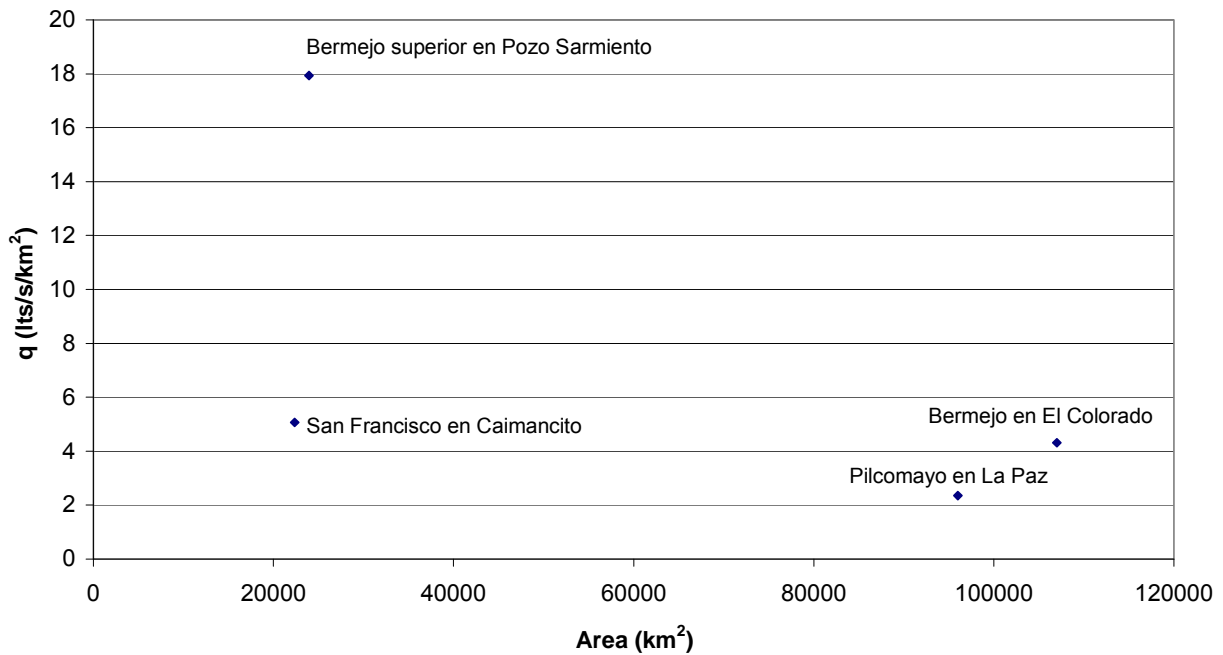


Figura 57. Caudales específicos. Aportes de margen derecha del río Paraguay.

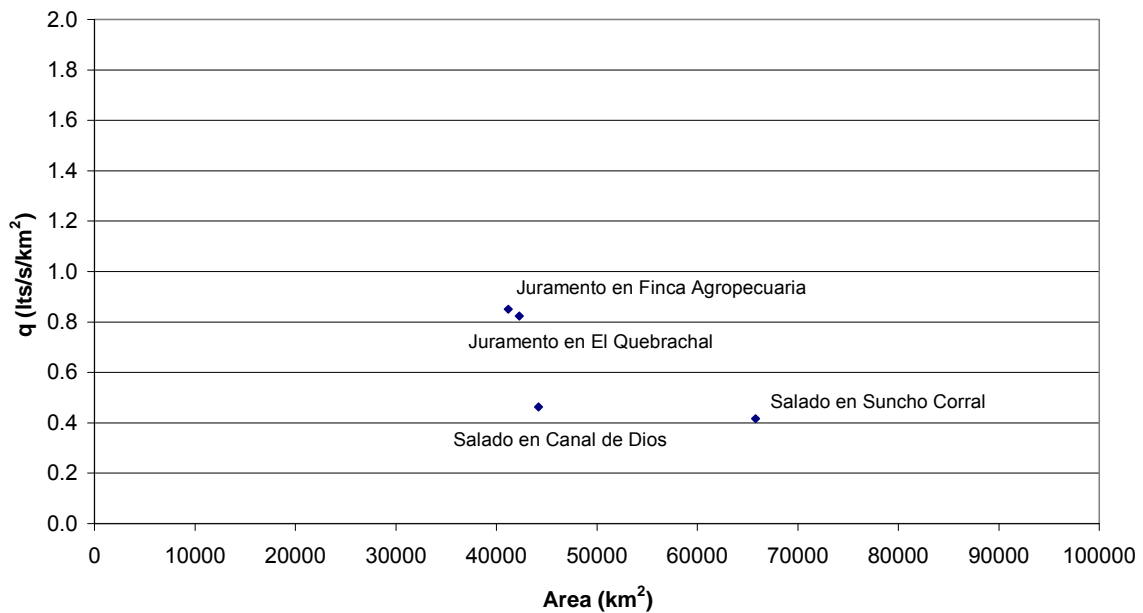


Figura 58. Caudales específicos. Aportes de la cuenca superior del río Salado.

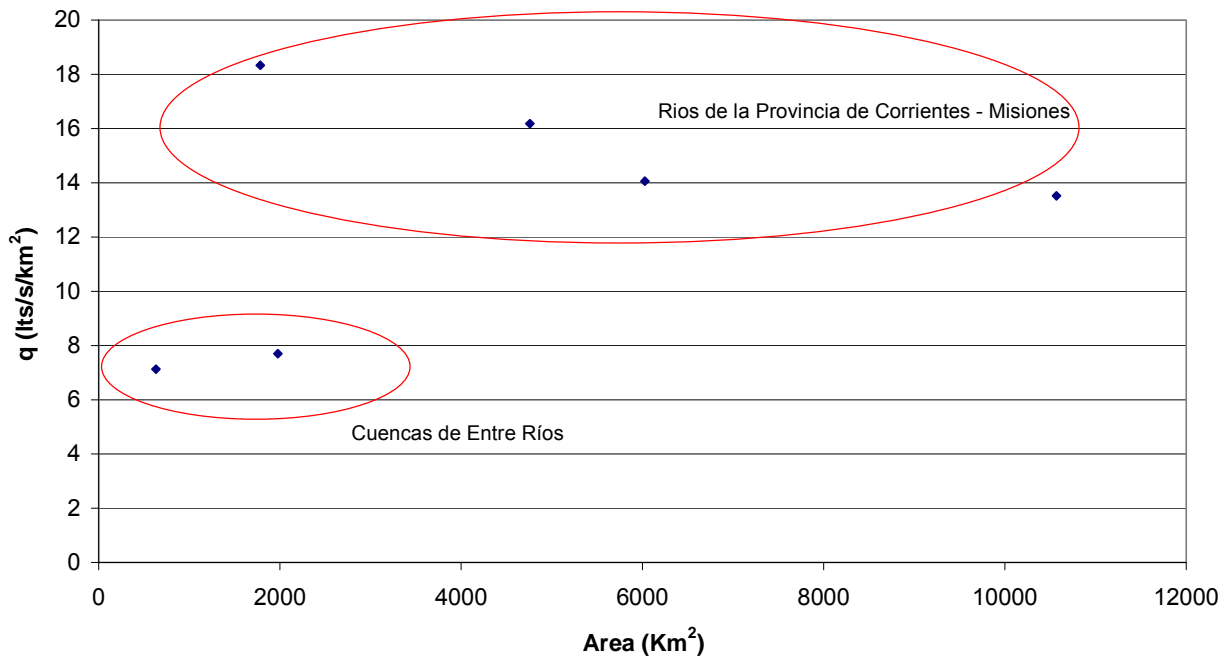


Figura 59. Caudales específicos. Aportes de margen derecha del río Uruguay.

Los elementos sobresalientes que surgen del análisis de las figuras anteriores son:

- las estaciones ubicadas al extremo noreste del área de estudio son las que presentan caudales específicos más altos (22 a 27 lts/s/Km²), lo cual se justifica por las mayores precipitaciones que se registran en dicha zona y las importantes pendientes de terreno existentes.
- los menores valores se tienen en la Provincia de Santiago del Estero, en el río Salado superior, con valores del orden de 0.4 a 0.8 lts/s/Km². Debe considerarse que las estaciones ubicadas en la cuenca del río Juramento – Salado superior no pueden analizarse junto a estaciones de otros ríos, por encontrarse midiendo un río que es regulado de manera plurianual, con el embalse de Cabra Corral fundamentalmente y encontrarse en áreas que tienen gran explotación del recurso debido al riego.
- En los aportes de margen derecha al río Paraná, los menores caudales específicos corresponden a las cuencas de los A° Colastiné y Monje-Carrizales. Estas cuencas presentan numerosas áreas anexadas por canales de relativa baja capacidad hidráulica que vinculan áreas que naturalmente no tenían conexión o que se



conectaban a la cuenca solamente en períodos de grandes excedentes hídricos. Igualmente valores bajos presenta la cuenca del río Carcarañá.

- d) Claramente la cuenca del río Bermejo presenta estaciones con regímenes hidrometeorológicos diferentes. Para estaciones con áreas similares, la estación Pozo Sarmiento tiene un caudal específico 3.5 veces superior a la estación Caimancito. Mientras en la cuenca del río Bermejo superior se registran las mayores precipitaciones del noroeste Argentino, la estación Caimancito tiene en su cuenca superior un clima árido y semiárido con caudales anuales muy bajos (cuenca del río Grande medio y superior en la Provincia de Jujuy).

Asimismo se hace notar que para el río Salado medido en Ruta Provincial 70 (Santa Fe) se contempló solamente la denominada cuenca del Salado inferior, incluyendo el área correspondiente a los denominados Bajos Submeridionales, la cual se vincula a través del A° Calchaquí.

4.2. Regionalización de caudales medios

4.2.1. Metodología

Debido a que se cuenta solamente con un número limitado de cuencas aforadas, de las cuales es posible obtener la información requerida por tratamiento directo de sus datos, resulta necesario extender estos valores hacia las cuencas no aforadas, de manera de posibilitar la estimación preliminar en diferentes puntos del caudal anual, para diferentes usos.

Esto se resolverá como un caso típico de regionalización de caudales, que sintéticamente significa:

- Ajustar en cada región que pueda considerarse hidrológicamente homogénea a los fines del estudio, ecuaciones de regresión múltiple, donde se establece la relación del caudal medio anual (Q_a), con una serie de variables y parámetros independientes, como ser: precipitación, evapotranspiración, área de cuenca, densidad de drenaje, índice de pendiente y longitud de cuenca. En el proceso de ajuste se seleccionan las variables más significativas para explicar la varianza de la variable dependiente.



- A partir de las ecuaciones de regresión ajustadas, es posible estimar los valores de Q_a en las cuencas no aforadas.

El comportamiento hidrológico de un curso de agua puede ser descripto como el resultado de una combinación de factores físicos y climáticos. Aquellas regiones que presentan un comportamiento semejante son definidas como regiones homogéneas, en este texto dicha homogeneidad está referida particularmente a los caudales medios y curvas de duración o permanencia. Dada la escasez de datos de caudales, en relación al área analizada, estas regiones se definieron con amplitud de criterios, de manera de permitir tener en cada una de ellas un número aceptable de estaciones.

Los criterios para definir las regiones son físicos, climáticos y estadísticos, además de los estrictamente hidrológicos.

Dentro de los criterios físicos, se tiene la similitud de las características geográficas de las regiones, incluyéndose las características del relieve, pendientes, cobertura vegetal, suelos, geología y geomorfología, etc. Dentro de las características climáticas se analizan las precipitaciones y la evapotranspiración potencial o temperatura (como variable representativa de la misma).

La determinación de zonas de homogeneidad hidrológica realizada se basó fuertemente en los aspectos de características físicas de las cuencas y del régimen hidrometeorológico. Los criterios estadísticos normalmente verifican si una región preliminarmente definida presenta un comportamiento adecuado de los elementos principales de regionalización; en este caso, de la ecuación de regresión.

Para establecer las ecuaciones de regresión, a partir de las grandes regiones y para cada una de las cuencas aforadas que se encuentran en dicha región, se calculan los valores de precipitación y evapotranspiración potencial media anual, promedio para toda el área de la cuenca aforada, así como las características físicas principales de cada cuenca.

Las ecuaciones de regresión planteadas fueron del tipo:

$$Q_a = e^a A^b \times P^c \times S^d \times Lc^e \times Dd^f \dots\dots$$

Siendo Q_a la variable dependiente caudal medio anual;



A, P, S, Lc, Dd.....: variables independientes de tipo físico o climático determinadas (Área de cuenca, Precipitación media areal, Pendiente media de la cuenca, Longitud de curso principal, Densidad de drenaje etc.);

a, b, c, d, e.....: constantes de ajuste de la ecuación de regresión.

Estas ecuaciones no lineales, fueron linealizadas aplicando logaritmos y los coeficientes se calcularon por método de mínimos cuadrados.

Sobre la ecuación básica general se seleccionan las variables independientes que mejor representen los valores de caudal medio, con errores que puedan considerarse aceptables para el trabajo.

Cuando se desea correlacionar variables generalmente no se conoce con precisión cuales variables independientes explican mejor el comportamiento de la variable dependiente. El método más eficiente será aquel que permita estimar de manera confiable la variable dependiente y que incluya el menor número posible de variables independientes. Para resolver este problema se hace uso de la metodología denominada "Stepwise".

La bondad de las regresiones se va determinando básicamente a partir del **Coefficiente de Determinación** ajustado al número de variables predictoras. Este coeficiente varía entre 0 y 1, siendo que cuanto más próximo a 1 sea el valor, más adecuada es la función. También es habitual el uso del denominado coeficiente de correlación (raíz cuadrada del coeficiente de determinación) y los desvíos cuadrados de los errores del ajuste, también llamado **Error Estándar** de la regresión cuya expresión se presenta a continuación:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{n - m - 1}}$$

Donde: Y : es la observación, \hat{Y} : es la estimación, n: es el número de observaciones y m: es el número de variables independientes.



4.2.2. Determinación características físicas y climáticas de las cuencas

Mediante la utilización del software Arc GIS v.9 (ESRI), teniendo como información de base las cuencas anteriormente presentadas y la red de drenaje considerando la capa de ríos permanentes y no permanentes publicada en el Atlas 2010 de la SSRH, se determinaron los parámetros físicos necesarios para la regresión múltiple. La escala de trabajo fue de 1:250.000 para la determinación de las cuencas según las bases de datos utilizada. El sistema de proyección utilizado en el GIS fue Gauss Krüger, Argentina, Zona 5.

Se determinaron las siguientes características físicas de las cuencas con información de caudales:

- Área "A" (km²)
- Pendiente media de la cuenca "S" (m/km)
- Longitud del curso principal "Lc" (km)
- Densidad de drenaje "Dd" (km/km²)

Para la determinación del área de las cuencas y la longitud del curso principal se emplearon las funciones preestablecidas del Arc Gis.

La pendiente media de la cuenca fue calculada mediante la ecuación:

$$S = (H_{0.85} - H_{0.10}) / (0.85 Lc - 0.10 Lc)$$

Siendo: H 0.85= altura al 85 % de longitud del curso principal; H 0.10= altura al 10 % de longitud del curso principal, 0.85 Lc es el 85 % de la longitud del curso principal y 0.10 Lc es el 10 % de la longitud del curso principal.

La **densidad de drenaje** se obtuvo por medio de la siguiente expresión:

$$Dd = \text{Longitud de todos los cursos} / \text{Área de la cuenca}$$

En el caso de áreas, se observan algunas discrepancias con la información publicada en las Estadísticas Hidrológicas de la Red Hidrológica Nacional proporcionada por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, por lo que los valores fueron revisados y cotejados con informes específicos de mayor detalle, para dar soporte a los valores utilizados en este estudio.

Asimismo el soporte GIS sirvió de base para la obtención de la precipitación media areal “P”, la temperatura media areal “T” y la evapotranspiración potencial media areal “ETP” en cada cuenca con información. Para ello se emplearon los mapas de precipitación, temperatura y evapotranspiración de referencia presentados en los ítems 2.5.1, 2.5.2 y 2.5.3 respectivamente.

Se realizó la superposición entre estos mapas y los contornos de las cuencas. Los valores medios areales se determinaron en forma automática con el Arc Gis, mediante la sumatoria de los valores en cada pixel dividido la cantidad total de pixeles en cada cuenca. El tamaño de los pixeles en los mapas de precipitación y temperatura fue de 600 x 600 m condicionado por la fuente de información, y en el mapa de evapotranspiración potencial de 180 x 180 m, realizado en base a las curvas suministradas por el CRA-INA .

Las Tablas 40 a Tabla 42 presentan los valores de los parámetros obtenidos para todas las regiones analizadas, la sigla “Qa” representa el caudal anual medio.

Tabla 40. Parámetros físicos y climáticos para cuencas de la margen izquierda del río Paraná.

Río	Lugar	Qa (m ³ /s)	Área (km ²)	P (mm)	T (°C)	ETP (mm)	Lc (km)	S (m/km)	Dd (km/km ²)
Piray Mini	V. Hermoso	32.9	1220	2281	17.0	1200	168	1.98	0.50
Piray Guazú	Pinar Ciba	29.4	1316	2312	17.0	1200	122	3.40	0.46
Paranay	El Alcazar	22.0	979	2163	17.0	1200	97	1.99	0.43
Santa Lucía	Sta Lucía	61.3	6499	1450	21.0	1270	183	0.07	0.07
Corriente	P. Lucero	165.7	13012	1595	21.0	1227	80	0.04	0.14
Batel	P. Cerrito	32.9	5592	1446	21.0	1253	48	0.08	0.02
Corriente	Los Laureles	251.1	23293	1510	21.0	1243	236	0.08	0.14
Barrancas	P. La Llana	56.1	5520	1317	20.7	1294	174	0.31	0.23
Guayquiraró	P. Juncué	28.2	3129	1298	20.0	1300	161	0.21	0.32
Feliciano	P. Medina	52.8	5544	1242	20.0	1300	200	0.15	0.37
Nogoyá	R Pcial 11	24.1	3876	1121	18.5	1255	134	0.52	0.34
Guauguay	Ros. del Tala	141.8	15988	1181	19.6	1294	484	0.06	0.35

Tabla 41. Parámetros físicos y climáticos para cuencas de la margen derecha del río Paraná.

Río	Lugar	Qa (m ³ /s)	Área (km ²)	P (mm)	T (°C)	ETP (mm)	Lc (km)	S (m/km)	Dd (km/km ²)
Tapenagá	Florencia	15.4	2392	1201	22.0	1419	282	0.17	0.20
Los Amores	Villa Ocampo	23.4	3821	1202	21.7	1412	161	0.10	0.11
El Rey	Moussy	32.2	6639	1173	21.2	1425	124	0.06	0.04
Malabrigo	Ruta Nac 11	12.2	1329	1239	21.0	1365	87	0.25	0.09
Malabrigo	Ruta Pcial 88 S	15.0	1739	1247	21.0	1360	122	0.20	0.14
El Toba	Margarita	11.1	1994	1199	21.0	1354	92	0.23	0.08
Saladillo Ama	V. Mujica	19.3	2842	1156	20.7	1313	166	0.11	0.16
Saladillo Dul.	La Noria	13.0	4789	1181	20.7	1324	526	0.08	0.22
San Antonio	Petronila	10.3	3555	1012	21.9	1377	122	0.47	0.13
Cululú	Ruta Pcial 50 S	14.7	6862	988	20.0	1375	134	0.49	0.09
Salado	Ruta Pcial 70	159.0	85569	984	20.6	1445	1351	0.05	0.09
Colastiné	Autopista	5.4	6697	967	20.0	1332	118	0.70	0.10
El Monje	Autopista	14.6	6714	960	19.1	1272	88	0.93	0.10
Carcarañá	Pueblo Andino	78.3	59050	872	17.3	1265	649	0.60	0.11
Saladillo	Autopista	10.2	2978	961	17.7	1194	112	0.59	0.10
Pavón	Coronel Bogado	10.6	3041	975	17.2	1179	140	0.53	0.12
Del Medio	La Emilia	9.4	2035	1003	17.0	1168	134	0.52	0.17

Tabla 42. Parámetros físicos y climáticos para cuencas del río Uruguay.

Río	Lugar	Qa (m ³ /s)	Área (km ²)	P (mm)	T (°C)	ETP (mm)	Lc (km)	S (m/km)	Dd (km/km ²)
Aguapey	Caa Carai	32.7	1784	1825	19.7	1217	101	0.57	0.24
Aguapey	La Sirena	76.9	4757	1790	19.7	1209	221	0.21	0.16
Miriñay	San Roquito	84.7	6025	1566	21.0	1195	90	0.16	0.17
Miriñay	Paso Ledesma	142.8	10567	1530	20.8	1195	214	0.10	0.24
Yuqueri Grande	Concordia	4.5	634	1305	20.0	1300	40	1.00	0.36
Galeguaychú	Ruta Pcial 39	15.2	1978	1154	18.9	1291	92	0.35	0.30

4.2.3. Regresión Múltiple

Se realizaron análisis de regresiones múltiples para las grandes regiones en las que se dividió el estudio, en función de los caudales anuales observados como variable dependiente y el área de cuenca "A", la precipitación media de cuenca "P", la evapotranspiración potencial media de la cuenca "ETP", la Densidad de Drenaje "Dd", la pendiente media de la cuenca "S", y la longitud del curso "Lc" como posibles variables independientes.

El método utilizado fue "Stepwise". A partir del mismo se van creando modelos de regresión incorporando variables independientes paso a paso de la siguiente manera: se comienza proponiendo un modelo con la variable predictora que mejor ajuste presenta; luego se añade una variable predictora al modelo anterior (la que presenta mejor resultado en el ajuste con dos variables predictoras), y así sucesivamente mientras existan variables que añadan significación al modelo. Para incorporar una variable al modelo debe quedar dentro con un p-valor de significación adoptado; el mismo valor que para salir, si fuera necesario tras algún paso. Se adoptó un valor $p=0.05$.

i) Aportes margen izquierda río Paraná

Todos los ríos (estaciones):

La Tabla 43 adjunta presenta las variables independientes seleccionadas (de mayor significación estadística) y el coeficiente de determinación y desvío de los errores que se tiene con la incorporación de cada una. Se utilizaron 12 estaciones de caudal.

Tabla 43. Variables independientes seleccionadas y coeficientes de ajuste. Margen izquierda al río Paraná.

Pasos	Variable incorporada	R ² corregido	Error Estándar
1	A	0.74	0.408
2	P	0.92	0.227

El coeficiente de correlación múltiple es $r = 0.96$. Se observa que solo con la inclusión de la variable "A" se tiene un coeficiente de determinación de 0.74.

La ecuación obtenida es:

$$Qa = e^{-16.907} A^{0.984} P^{1.71}$$

Donde:

Qa: es el caudal medio anual (m³/s)

A: Área de la cuenca (km²)

P: Precipitación media anual de la cuenca (mm)

La ecuación debe restringirse para áreas comprendidas entre 1000 – 25000 Km²

La Figura 60 presenta la relación caudal observado – caudal calculado. Las líneas punteadas representan la banda de dispersión al 33% del caudal observado. Los ríos que no se encuentren dentro de la banda son los que presentan una estimación con mayor dispersión, pudiendo deberse a la existencia de intervenciones o regulaciones en la cuenca y/o la presencia de inconsistencias en la información.

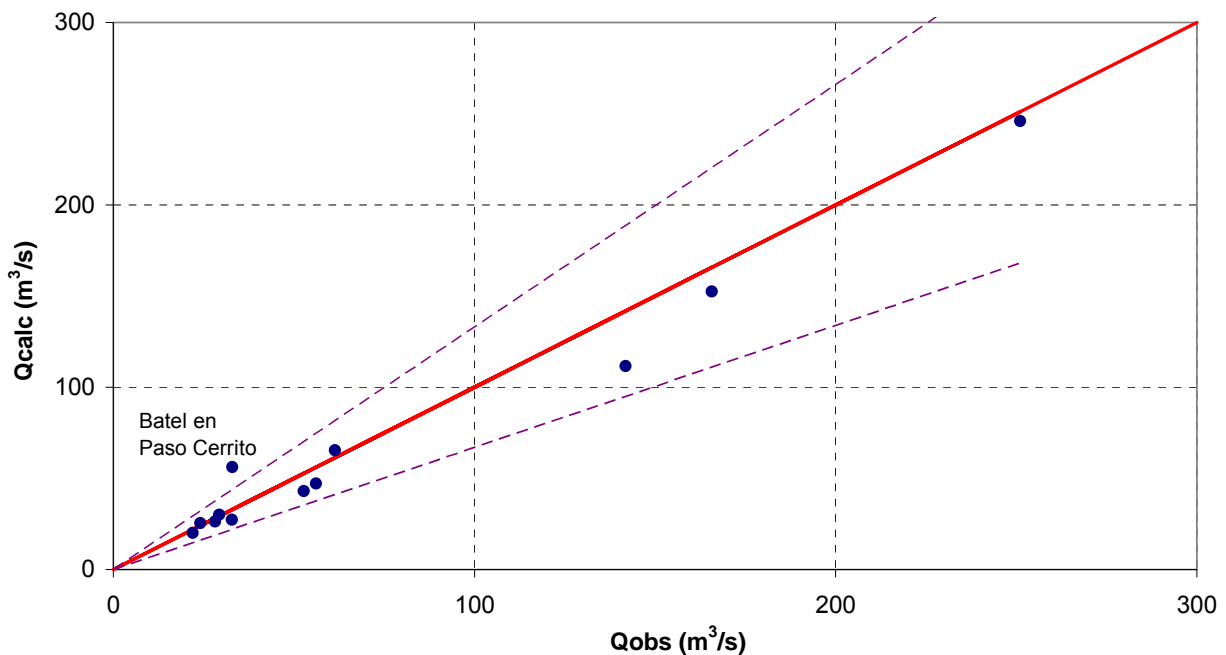


Figura 60. Relación caudal anual observado – caudal anual estimado en función de área y precipitación media de cuenca. Margen izquierda río Paraná.

Como se observa en la Figura 60, en esta primera estimación, el caudal calculado en la estación Paso Cerrito del río Batel tiene un error mayor al 33% en la estimación de su caudal anual. Con la finalidad de intentar mejorar la estimación se realizaron nuevas regresiones dividiendo la región en:

- Subregión ríos de la provincia de Misiones

- Subregión ríos de las provincias de Corrientes y Entre Ríos
- Todos los ríos menos el río Batel

Teniendo en cuenta que el número de estaciones es muy limitado en cada subregión no se consigue mejorar los resultados. Tampoco se mejoran sustancialmente los resultados sacando la estación del río Batel. Por lo tanto para el cálculo preliminar del caudal anual se mantendrá una única ecuación (indicada precedentemente) para los aportes de margen izquierda del río Paraná.

ii) Aportes margen derecha río Paraná

Todos los ríos:

La Tabla 44 adjunta presenta las variables independientes seleccionadas y el coeficiente de determinación que se tiene con la incorporación de cada una. Se utilizaron 17 estaciones de caudal.

Tabla 44. Variables independientes seleccionadas y coeficientes de ajuste. Margen derecha al río Paraná.

Pasos	Variable incorporada	R ² corregido	Error Estándar
1	A	0.63	0.499
2	S	0.79	0.373

El coeficiente de correlación múltiple es $r = 0.89$. Se observa que solo con la inclusión de la variable “A” se tiene un coeficiente de determinación de 0.63.

La ecuación inicialmente obtenida para la región margen derecha del río Paraná, considerando todos los ríos es:

$$Qa = e^{-2.263} A^{0.543} S^{-0.37}$$

Donde:

Qa: es el caudal medio anual (m³/s)

A: Área de la cuenca (km²)

S: Pendiente media de la cuenca (m/km)

La ecuación debe restringirse para áreas comprendidas entre 1000 – 85000 Km².

La Figura 61 presenta la relación caudal observado – caudal calculado. Las líneas punteadas representan las bandas de dispersión al 33% del caudal observado.

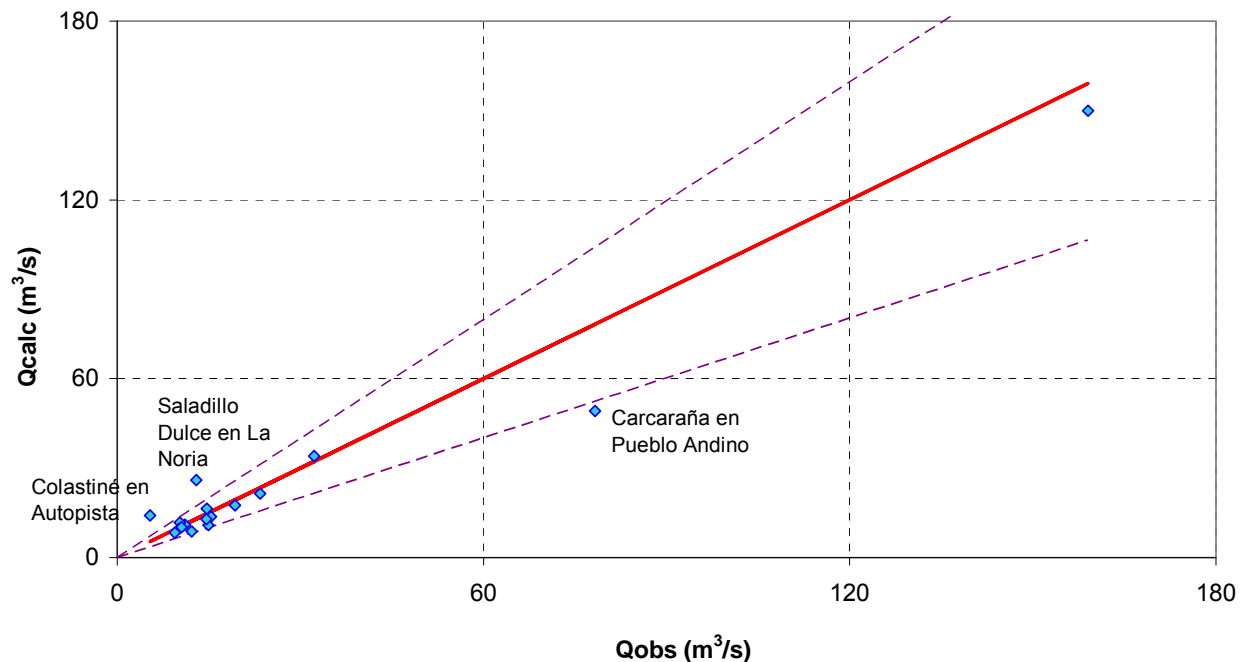


Figura 61. Relación caudal anual observado – caudal anual estimado en función de área y pendiente media de la cuenca. Margen derecha río Paraná.

En la Figura 61 los ríos que se ubican por encima de las bandas de dispersión (sobrestimación) son: Colastiné y Saladillo Dulce. El río que se escapa por la banda inferior (subestimación): Carcaraña. Por este motivo, se buscaron nuevas ecuaciones de regresión dividiendo en porción norte y sur la región.

- Subregión ríos al norte del río Salado
- Subregión ríos al sur del río Salado

Para el caso de la subregión norte, comprendiendo los ríos al norte del río Salado, ocho estaciones en total, las pruebas arrojaron coeficientes de determinación del orden del 0.5, por lo que se desestimó encontrar una ecuación para esta subregión.

Mientras que para la subregión sur, desde el Salado inclusive, se encontraron ecuaciones de regresión con mejores resultados con respecto al coeficiente de determinación, pero la variable que participaba en la ecuación era solamente la longitud de curso principal, por lo que se la desestimó.

También, se obtuvo una ecuación de regresión forzando a participar el área y la precipitación media de la cuenca. La ecuación obtenida para la región margen derecha del río Paraná, considerando todos los ríos con las variables área y precipitación media de la cuenca es:

$$Qa = e^{-28.58} A^{0.8} P^{3.5}$$

Para esta ecuación el coeficiente de correlación es de 0.88 y el error estándar es 0.379.

iii) Aportes margen derecha río Uruguay

La Tabla 45 adjunta presenta las variables independientes seleccionadas y el coeficiente de determinación que se tiene con la incorporación de cada una. Se utilizaron 6 estaciones de caudal.

Tabla 45. Variables independientes seleccionadas y coeficientes de ajuste. Margen derecha al río Uruguay.

Paso	Variable incorporada	R ² corregido	Error Estándar
1	A	0.92	0.357
2	P	0.99	0.113

El coeficiente de correlación múltiple es de $r = 0.99$. Se observa que solo con la inclusión de la variable independiente "A" se tiene un coeficiente de determinación de 0.92 y agregando la "P" es de casi 1, lo que indica que los caudales medios anuales son muy bien representados mediante el área y la precipitación media de la cuenca (obviamente hay que tener en cuenta la limitación en la cantidad de estaciones).

La ecuación obtenida para la región margen derecha del río Uruguay es:

$$Qa = e^{-18.855} A^{1.097} P^{1.87}$$

Donde:

Qa: es el caudal medio anual (m^3/s)

A: Área de la cuenca (km^2)

P: Precipitación media anual de la cuenca (mm)

La ecuación debe restringirse para áreas comprendidas entre 600 – 10000 Km^2 .

La Figura 62 presenta la relación caudal observado – caudal calculado. En la misma se observa la buena correspondencia que tienen los valores estimados con los observados.

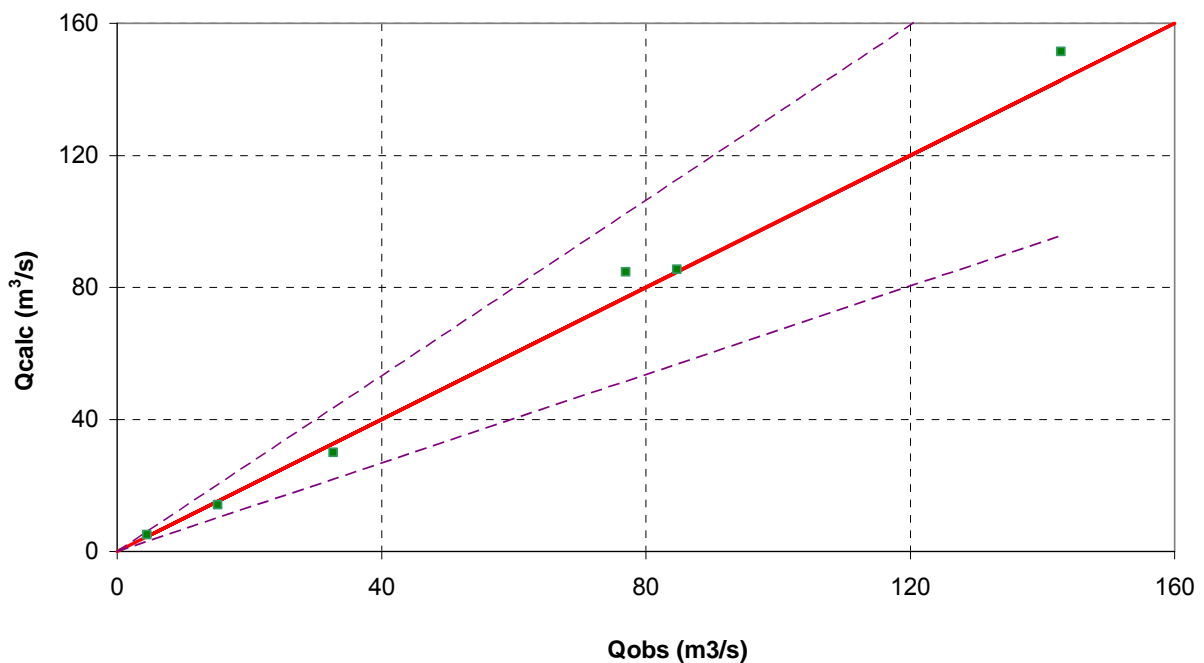


Figura 62. Relación caudal anual observado – caudal anual estimado en función de área y precipitación media anual de cuenca. Margen derecha río Uruguay.

iv) Aportes margen derecha río Paraguay

La cantidad de estaciones con caudales disponibles para la regresión es insuficiente para determinar una ecuación representativa de la zona. Se requiere un mínimo de 5 estaciones para obtener una ecuación confiable de estimación.

v) Aportes desde la cuenca superior del río Salado

Además de tener un número bajo de estaciones con caudales disponibles para determinar ecuaciones de regresión, el río Salado en este tramo es regulado artificialmente por lo que no es conveniente estimar ecuaciones en función de características de las cuencas.

4.2.4. Ecuaciones para regiones

Las ecuaciones finales para cada región se indican en la Tabla 46 , con el estadístico del ajuste del modelo R^2 corregido y el error estándar del ajuste.

Tabla 46. Ecuaciones para las regiones o sub-regiones.

Región	Nombre Ecuación	$Qa = e^a A^b x P^c x S^d$				R^2 ajust	Error Estánd
		a	b	c	d		
Margen Izquierda Paraná	MIP (A+P)	-16.907	0.984	1.71	--	0.92	0.227
	MIP (A)	-1.969	0.704	--	--	0.75	0.408
Margen derecha Paraná	MDP (A+S)	-2.263	0.543	--	-0.37	0.79	0.373
	MDP (A+P)	-28.58	0.80	3.5		0.78	0.379
	MDP (A)	-2.095	0.582	--	--	0.63	0.499
Margen derecha Uruguay	MDU (A+P)	-18.855	1.097	1.87	--	0.99	0.113
	MDU (A)	-6.239	1.228	--	--	0.92	0.357

Todas las ecuaciones usan Área para estimar el Caudal medio anual. Como segunda variable se tiene la Precipitación media o la Pendiente media de la cuenca. El área es casi siempre la variable de mayor relevancia, mientras que en los datos climáticos, la precipitación resulta siempre mas relevante. Está ultima variable permitirá investigar la incidencia en el caudal ante escenarios pluviométricos futuros.

El uso de muchas variables/parámetros en las ecuaciones aumenta el error asociado con la predicción y su incorporación no mejora los resultados. Con pocas estaciones de caudal resulta conveniente ajustar modelos con pocos parámetros.

En la tabla anterior se remarca e negrita la ecuación recomendada para cada región.

4.2.5. Aplicabilidad de las ecuaciones

Dentro de cada una de las regiones / subregiones se utilizaron datos de caudales medios anuales, precipitaciones medias anuales de cuenca y áreas de cuencas. A efectos de tener en cuenta límites aproximados de aplicabilidad de las ecuaciones indicadas, se presentan los valores máximos y mínimos utilizados en cada caso, en la Tabla 47.

Tabla 47. Valores máximos y mínimos de área para cada región.

Región	Área Mínima (km ²)	Área Máxima (km ²)	Precipitación Mínima (mm)	Precipitación Máxima (mm)
Margen Izquierda Paraná	979	23293	1121	2312
Margen derecha Paraná	1329	85569	872	1247
Margen derecha Uruguay	634	10567	1154	1825

4.2.6. Estimación de caudales medios anuales. Cuencas de aportes a los ríos Paraná y Uruguay

La finalidad de las ecuaciones de regresión regionales es realizar estimaciones de caudales anuales en cuencas no aforadas. A tal fin se realizaron determinaciones para todos los cursos afluentes de los ríos Paraná y Uruguay en Argentina, en la desembocadura de los afluentes al río principal correspondiente.

Teniendo en cuenta que se dispone de sitios con observaciones, el procedimiento utilizado se indica a continuación:

- En cuencas con información: se utiliza el caudal observado en la estación de medición y se calcula el caudal incremental hasta la desembocadura del curso en función de la ecuación de regresión de la región correspondiente. Se utilizan entonces el área incremental y precipitación areal de la misma.
- En cuencas sin información, se utiliza la ecuación de regresión asignada a cada región.

Se utilizan todas las cuencas cuyas áreas sean superiores a 1000 Km².

Caudales para diferentes permanencias: Para cada porcentaje de tiempo promedio de interés en el cual un caudal es superado, se tiene una relación porcentual relativa al caudal anual o módulo para cada región (curva mediana determinada a partir de las curvas de permanencia en cada región), por lo que puede estimarse en forma directa el

caudal para diferentes % de permanencia, una vez determinado el Q_a para una cuenca no aforada.

La Tabla 48 a Tabla 50 presentan, para las regiones de la margen izquierda y derecha de río Paraná y la derecha del río Uruguay, los caudales observados y estimados, con los parámetros utilizados en las ecuaciones de regresión correspondientes y los caudales inferidos para el 50, 75 y 90% de permanencia. Se encuentran en las tablas todos los cursos que no tienen aforos y poseen un área de aporte de 1000 km² o superior, más aquellos cursos que tienen la sección de aforo antes de la confluencia con el río principal, por lo que se les completa la estimación de caudal para la porción sin registros.

Tabla 48. Ríos de la margen izquierda del río Paraná. Caudal anual y caudales con diferentes permanencias

Curso	Área c/aforo (km ²)	Área s/aforo (km ²)	P (mm)	Q_a obs (m ³ /s)	Q_a calc (m ³ /s)	Q_a tot (m ³ /s)	Q 50 % (m ³ /s)	Q 75 % (m ³ /s)	Q 90% (m ³ /s)
A° Urugua-i		2552	2208		53.5	53.5	32.0	10.6	4.1
A° Aguaray Guazú		865	2146		17.6	17.6	10.5	3.5	1.3
A° Piray Miní	1220	257	2165	32.9	5.4	38.3	25.3	7.0	2.8
A° Piray Guazú	1316	840	2231	29.4	18.2	47.6	33.1	11.9	5.5
A° Pararay Guazú	979	348	2195	22.0	7.4	29.4	19.9	7.7	3.8
A° Yabebiry		1900	2006		33.9	33.9	20.3	6.7	2.6
A° Pindapoy Grande		1403	1943		23.9	23.9	14.3	4.7	1.8
A° Riachuelo		3519	1454		35.9	35.9	21.5	7.1	2.7
A° Empedrado		3102	1440		31.2	31.2	18.6	6.2	2.4
A° San Lorenzo		1308	1375		12.3	12.3	7.4	2.4	0.9
Río Santa Lucía	6499	464	1336	61.3	4.2	65.6	39.4	15.7	5.3
A° Batelito (e/ S. Lucía y Corriente)		1824	1321		16.0	16.0	9.5	3.2	1.2
Río Corriente	23293	580	1292	251.1	5.0	256.1	119.3	52.5	23.1
A° San Andresito y A° Menores		1356	1250		10.8	10.8	6.5	2.1	0.8
Río Guayquiraró	8649	349	1227	84.3	2.8	87.1	27.9	6.8	1.5
A° Feliciano	5544	2686	1163	52.8	18.8	71.6	24.7	4.5	2.1
A° Las Conchas (E.R.)		2123	1107		13.7	13.7	8.2	2.7	1.0
A° Nogoyá	3876		1121	24.1		24.1	11.0	3.9	2.3
Río Gualeguay	15988	5777	1134	141.8	38.2	180.0	73.0	19.2	8.3
A° menores de aporte al Paraná		1478	1124		9.8	9.8	5.9	1.9	0.8

Q_a obs (m³/s): es el caudal observado en las estaciones de medición

Q_a calc (m³/s): es el caudal calculado con la ecuación de regresión que corresponde a la región. Si en la cuenca hay observaciones corresponde al caudal incremental hasta el punto de salida al curso principal.

Q_a tot (m³/s): es el caudal estimado a la salida del curso al río principal

Tabla 49. Ríos de la margen derecha del río Paraná. Caudal anual y caudales con diferentes permanencias.

Curso	Área c/aforo (km ²)	Área s/aforo (km ²)	P (mm)	Qa _{obs} (m ³ /s)	Qa _{calc} (m ³ /s)	Qa _{tot} (m ³ /s)	Q 50 % (m ³ /s)	Q 75 % (m ³ /s)	Q 90% (m ³ /s)
A° Guaycurú		8527	1042		19.7	19.7	7.8	2.4	0.8
Río Tragadero		1582	1276		10.4	10.4	4.1	1.3	0.4
Río Negro		8949	1045		20.7	20.7	8.2	2.5	0.8
Riacho Paranacito		1582	1297		11.0	11.0	4.3	1.4	0.4
Río Palometa		4777	1114		15.7	15.7	6.2	1.9	0.6
A° Tapenagá	2392		1201	15.4		15.4	6.0	1.4	0.5
A° Los Amores	3821		1202	23.4		23.4	7.0	1.1	0.0
A° El Rey	6639	415	1298	32.2	3.8	36.0	14.2	3.4	1.0
A° Malabrigo	1739	377	1274	15	3.3	18.3	4.9	1.9	0.7
A° Saladillo (Amargo y Dulce)	7631	4758	1114	32.3	15.6	47.9	18.9	5.9	1.9
Río Salado	85569	714	1066	159	2.9	161.9	92.8	35.9	17.2
A° Colastine	6697		967	5.4		5.4	2.0	1.7	1.5
A° Monje	6714		960	14.6		14.6	3.9	1.8	1.2
Río Carcaraña	59050	1051	990	78.3	3.1	81.4	64.6	47.2	33.4
A° Saladillo	2978	185	981	10.2	0.7	10.9	4.9	2.7	0.4
A° Pavon	3041	439	1005	10.6	1.6	12.2	5.6	4.2	3.4
A° del Medio	2035	201	1023	9.4	0.9	10.3	4.3	2.4	1.3

Tabla 50. Ríos de la margen derecha del río Uruguay. Caudal anual y caudales con diferentes permanencias.

Curso	Área c/aforo (km ²)	Área s/aforo (km ²)	P (mm)	Qa _{obs} (m ³ /s)	Qa _{calc} (m ³ /s)	Qa _{tot} (m ³ /s)	Q 50 % (m ³ /s)	Q 75 % (m ³ /s)	Q 90% (m ³ /s)
A° Yabotí		2009	2329		53.9	53.9	28.2	7.3	1.7
A° Paraíso		613	2187		13.0	13.0	6.8	1.8	0.4
A° Soberbio		1084	2118		22.9	22.9	12.0	3.1	0.7
A° El Saltito		868	2023		16.5	16.5	8.6	2.2	0.5
A° Alegre		746	2030		14.0	14.0	7.3	1.9	0.4
A° Acaraguá		780	2010		14.5	14.5	7.6	2.0	0.5
A° Cuay Grande		1769	1730		26.9	26.9	14.1	3.6	0.9
Río AguapEY	4757	3117	1694	76.9	48.1	125.0	79.9	15.5	2.5
A° Guaviraví		1891	1655		26.6	26.6	13.9	3.6	0.9
Río Miriñay	10567	2161	1436	142.8	23.6	166.4	87.4	15.7	2.9
A° Timboy		889	1409		8.6	8.6	4.5	1.2	0.3
Río Mocoretá		3797	1370		40.2	40.2	21.0	5.4	1.3
A° Yuqueri Grande	634	77	1301	4.5	0.5	5.0	2.0	0.9	0.5
A° Grande del Pedernal		885	1234		6.7	6.7	3.5	0.9	0.2
Río Gualeguaychú	1978	4950	1139	15.2	38.0	53.2	8.9	3.1	2.2



En los Planos 17, 18 y 20 se presentan las áreas aforadas y no aforadas correspondientes a la margen izquierda y derecha del río Paraná, y a la margen derecha del río Uruguay respectivamente.

4.3 Análisis probabilístico de caudales

4.3.1. Procedimientos de cálculo

El análisis probabilístico de caudales en estudios de disponibilidad de agua para riego, tiene por finalidad determinar los caudales que se pueden disponer con determinada probabilidad anual de ocurrencia y su recurrencia asociada. Para ello se utiliza el Análisis de Frecuencia (AF) que determina para diferentes valores de caudales la probabilidad anual de ser superado y de no ser alcanzado de cada uno de ellos.

Para realizar el Análisis de Frecuencia se utilizó el programa AFMULTI desarrollado en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, y que es la base del Programa AFM en entorno Windows (Cacik y otros, 1998).

Los pasos que se siguen son los tradicionalmente utilizados en el AF y que aplicados a este caso en particular son:

- **Análisis de consistencia de los datos a utilizar**

Se decidió efectuar un análisis de homogeneidad y estacionalidad a nivel de caudales anuales de cada estación, a partir de tests estadísticos de tipo paramétricos y no-paramétricos.

- **Determinación de las variables a analizar y conformación de las series muestrales.**

Las series muestrales analizadas fueron el caudal anual, el caudal mensual y el caudal diario mínimo anual, con duración de series variables de acuerdo a los períodos de registro en el intervalo de 1971 a 2012. Se dejaron de lado las estaciones con registros efectivos de menos de 20 años de datos.

- **Cálculo y análisis de los estadísticos muestrales**

Los estadísticos muestrales calculados a partir del modelo AFMULTI fueron: media, varianza y coeficientes de variación, asimetría y curtosis, tanto de los valores naturales como de sus logaritmos.

Estos estimadores calculados a partir de valores de la muestra, llamados también "estadísticos" de la misma, son útiles para caracterizar y comparar a las muestras de las cuales provienen, así como también constituyen los elementos necesarios para la estimación de parámetros (estimadores) de funciones de distribución probabilísticas (método tradicional).

Se ha considerado para este caso el cálculo de estimadores insesgados hasta el momento de cuarto orden; las expresiones utilizadas son:

$$\text{* Media: } \bar{X} = \sum_{i=1}^N x_i / N$$

\bar{X} : estimador de la media poblacional μ

x_i : valores de la muestra

N : número de valores de la muestra

*** Momento central de orden r** (poblacional)

$$m_r = \int_{-\infty}^{\infty} (x_i - \mu)^r f(x) dx$$

$$\text{y su estimador } \hat{m}_r = \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^r / N$$

los momentos muestrales insesgados utilizados son

$$\hat{m}_2 = \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 / (N-1)$$

$$\hat{m}_3 = N \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^3 / ((N-1)(N-2))$$

$$\hat{m}_4 = N^2 \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^4 / ((N-1)(N-2)(N-3))$$

*** Varianza o momento de 2º orden**

$$S^2 = \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 / (N-1)$$



*** Desvío**

$$S = \sqrt{(S^2)}$$

*** Coeficiente de Variación**

$$CV = S / \bar{X}$$

*** Coeficiente de Asimetría**

$$CS = m_3 / S^3$$

*** Coeficiente de Aplastamiento o Curtosis**

$$CK = m_4 / S^4$$

Para el análisis de los mismos se utilizaron los diagramas de momentos

- **Asignación de la Frecuencia experimental**

Para la posición de muestreo o frecuencia experimental se utilizó la conocida expresión de Weibul:

$$1 - F_i = \frac{i}{N + 1}$$

donde:

$1 - F_i$: es la probabilidad anual de ser superado, siendo F_i la probabilidad anual de no ser alcanzado.

i : es el número de orden que le corresponde a cada elemento de la muestra, ordenados de mayor a menor.

N : tamaño de la muestra (cantidad de años de registros).

- **Ajuste y elección de la/s distribuciones teóricas**

Para el cálculo de las distribuciones teóricas se utilizó también el programa AFMULTI. El modelo estima parámetros de funciones de distribución utilizadas en el Análisis de

Frecuencia de Crecidas, asimismo estima eventos para distintos períodos de retorno. De las distintas funciones de distribución y procedimientos de estimación de parámetros disponibles en la bibliografía y de acuerdo a modernos criterios fueron seleccionadas 7 distribuciones con un método de ajuste particular para cada una.

Estos procedimientos de estimación son:

Distribución	Método de Ajuste de Parámetros
1 Log Normal (2p) (LN2)	Máxima Verosimilitud
2 Gumbel (GU)	Momentos Ponderados por Prob.
3 General Val. Extremos (GEV)	Momentos Ponderados por Prob.
4 Pearson III (PIII)	Máxima Verosimilitud
5 Log Pearson III (LP III)	Momentos Mixtos
6 Exponencial (EXP)	Momentos (método tradicional)
7 Wakeby (WA)	Momentos Ponderados por Prob.

Además de ajustar estos modelos y obtener valores para distintas recurrencia $X(T)$, este modelo calcula los test de Bondad de Ajuste de X_5 y Kolmogorov Smirnov, así como los errores cuadráticos medios de frecuencia (ECMF) y variable (ECMV) para cada una de las distribuciones.

Se preseleccionaron para comparación las distribuciones Log-Normal, Pearson y GEV, en base al análisis de los diagramas de momentos.

- **Estimación de los valores de interés**

También a partir del programa AFMULTI, se calcularon los caudales correspondientes a las tres variables analizadas, que tienen **probabilidad anual de ser superados** del 50, 80, 90 o 95 % o su complementaria, **probabilidad anual de no ser alcanzados** de 50, 20, 10 y 5 %. Dicho en términos de recurrencia son los caudales **que pueden no ser alcanzados** con 2, 5, 10 y 20 años de recurrencia respectivamente.

4.3.2. Análisis de consistencia de caudales anuales

Previo a la aplicación del análisis de frecuencia, se verificaron las hipótesis de homogeneidad y estacionalidad de las series, para ello se aplicaron los tests no paramétricos de Mann- Kendall y de Smirnov, y el test paramétrico “t” de Student previo “F” de Fisher. Los niveles de significación alfa “ α ” testeados fueron de 1, 5 y 10% para todos los tests. Los resultados obtenidos se presentan en el Anexo I.12.

4.3.3. Análisis de Frecuencia de los caudales anuales

4.3.3.1. Análisis muestrales

A continuación se presentan en las Tabla 51 a Tabla 55 los estadísticos muestrales calculados para cada una de las estaciones analizadas y las Figura 63 y Figura 64 de los diagramas de momentos: Coeficiente de Variación (CV) vs. Coeficiente de Asimetría (CS) y Coeficiente de Curtosis (CK) vs. Coeficiente de Asimetría (CS).

Tabla 51. Estadísticos de caudales anuales. Aportes por la margen izquierda al río Paraná.

Curso	Estación	N	Media (m ³ /s)	Desvío (m ³ /s)	CS	CV	CK	Max (m ³ /s)	Min (m ³ /s)
Piray Miní	Valle Hermoso	36	32.9	15.2	1.18	0.46	3.56	73.5	12.3
Piray Guazú	Pinar Ciba	35	29.4	12.1	1.11	0.41	4.24	68.4	11.7
Paranay	El Alcazar	37	22.0	9.9	0.94	0.45	3.76	52.4	6.1
Santa Lucía	Santa Lucía	37	61.3	47.6	1.42	0.78	4.53	220.7	11.2
Corriente	P. Lucero	34	165.7	115.4	1.89	0.70	6.91	603.3	28.7
Batel	P. Cerrito	20	32.9	36.1	2.65	1.10	8.23	160.6	1.3
Corriente	Los Laureles	36	251.1	190.7	1.40	0.76	4.00	768.5	39.9
Barrancas	P. La Llana	37	56.1	49.4	1.29	0.88	4.16	216.5	0.8
Guayquiraró	P. Juncué	27	28.2	21.1	1.58	0.75	5.09	96.7	2.1
Feliciano	P. Medina	36	52.8	35.4	1.08	0.67	3.18	134.5	5.0
Nogoyá	R.P. 11	24	24.1	17.4	1.67	0.72	5.10	80.6	5.1
Gualeduay	R. del Tala	20	141.9	121.6	1.63	0.86	4.69	511.6	14.2

Tabla 52. Estadísticos de caudales anuales. Aportes por la margen derecha al río Paraná.

Curso	Estación	N	Media	Desvío	CS	CV	CK	Max	Min
-------	----------	---	-------	--------	----	----	----	-----	-----

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

			(m ³ /s)	(m ³ /s)				(m ³ /s)	(m ³ /s)
Tapenagá	Florencia	33	(m ³ /s)	(m ³ /s)	1.77	0.89	5.22	(m ³ /s)	(m ³ /s)
Los Amores	V. Oca. (RP32)	29	23.4	17.6	0.65	0.75	2.27	62.4	0.9
El Rey	Moussy	33	32.2	28.2	1.70	0.87	5.71	132.0	1.4
Malabrigo	R.N. 11	27	12.2	10.5	1.67	0.86	4.79	44.6	0.5
El Toba	Margarita	34	11.1	9.9	1.35	0.89	3.70	41.1	0.5
Saladillo A.	V. Mujica	38	19.3	13.9	0.84	0.72	3.03	59.0	1.1
Saladillo D.	La Noria	28	13	12.5	1.88	0.96	6.16	57.1	0.5
Salado	R.P. 70	35	159	140.5	1.86	0.88	5.88	635.6	16.2
Carcarañá	P. Andino	29	78.3	28.0	0.91	0.36	3.75	162.0	26.8
Pavón	Cnel Bogado	24	10.6	6.5	1.01	0.61	2.70	25.9	3.6
Del Medio	La Emilia	19	9.4	7.6	1.10	0.80	2.32	25.7	1.3

Tabla 53. Estadísticos de caudales anuales. Aportes del río Bermejo.

Curso	Estación	N	Media (m ³ /s)	Desvío (m ³ /s)	CS	CV	CK	Max (m ³ /s)	Min (m ³ /s)
Bermejo	Pozo Sarmiento	41	429.0	108.6	0.04	0.25	2.09	634.0	223.1
S Francisco	Caimancito	35	113.4	40.4	0.88	0.36	4.19	245.2	43.3
Bermejo	El Colorado	40	461.3	112.2	-0.14	0.24	2.48	673.4	197.6

Tabla 54. Estadísticos de caudales anuales. Aportes por la margen derecha al río Uruguay.

Curso	Estación	N	Media (m ³ /s)	Desvío (m ³ /s)	CS	CV	CK	Max (m ³ /s)	Min (m ³ /s)
Aguapey	Caa Carai	23	32.7	18.9	1.33	0.58	4.00	87.5	8.2
Aguapey	La Sirena	24	76.9	41.8	1.06	0.54	3.49	194.7	16.6
Miriñay	San Roquito	33	84.7	54.6	1.11	0.64	3.26	233.2	12.2
Miriñay	P. Ledesma	36	142.8	99.2	1.25	0.69	3.79	446.3	10.8
Yuqueri Gran.	Concordia	19	4.5	2.9	0.47	0.64	1.80	9.9	1.1
Guauguaychú	R. P N 39	22	15.2	12.9	1.44	0.85	4.00	50.5	1.0

Tabla 55. Estadísticos de caudales anuales. Ríos Principales.

Curso	Estación	N	Media (m ³ /s)	Desvío (m ³ /s)	CS	CV	CK	Max (m ³ /s)	Min (m ³ /s)
Iguazú	Puerto A.	29	1718.7	536.3	1.22	0.31	4.23	3406	957
Paraguay	Pto Pilcomayo	42	3924.1	1367.7	1.16	0.35	5.02	8872	1478
Paraguay	Pto. Bermejo	23	4691.5	1139.0	0.46	0.24	3.88	7810	2126
Paraná	Itatí	40	13921.5	2901.6	2.19	0.21	9.28	26383	10287
Paraná	Corrientes	42	18980.1	4177.6	2.34	0.22	10.63	37834	12755
Paraná	Pna-Sta Fe	42	19000.6	3843.6	1.49	0.20	6.32	33653	12403
Uruguay	El Soberbio	31	2366.3	957.0	2.11	0.40	6.61	5558	1399
Uruguay	Garruchos	42	3106.7	1221.9	1.90	0.39	6.67	7486	1666
Uruguay	P. de los Libres	42	4726.5	1955.8	1.72	0.41	5.74	11335	2257



Cursos de la margen izquierda del Río Paraná

Se agrupan aquí cursos de la provincia de Misiones, de pequeñas áreas de aporte, e importantes pendientes relativas, cursos en la provincia de Corrientes con nacientes en zonas de bañados y cursos de la zona sur de Corrientes y de la provincia de Entre Ríos. En general son series de mas de 30 años de datos y módulos que van desde los 20 m³/s a 250 m³/s, con gran variabilidad, entre 0.40 y 0.90 de coeficiente de variación y asimetrías positivas con coeficientes entre 1.10 y 1.90. El caso particular del arroyo Batel en Paso Cerrito con CV de 1.10 y CS de 2.65 se debe a que en una serie muy corta de sólo 20 años, se presenta un caudal anual (1997/98) de 160,6 m³/s que presenta características de outlier o valor atípico de la muestra.

Cursos de margen derecha del río Paraná

Se agrupan cursos del norte de la provincia de Santa Fe, los arroyos Saladillos que escurren en dirección norte-sur, paralelos al río Paraná y cursos del sur de Santa Fe, con módulos que van de 10 a 30 m³/s. También se incluyen dos cursos mayores en sus áreas de aporte con nacientes fuera de la zona de estudio específico como el río Salado (módulo 159 m³/s) y el río Carcarañá (módulo 78.3 m³/s). Los coeficientes de variabilidad están entre 0.60 y 0.90, excepto en el Carcarañá que tiene 0.36 debido probablemente a efectos de regulación en su alta cuenca. También son de asimetría positiva.

Cursos de la Cuenca del río Bermejo

Tanto el río Bermejo en Pozo Sarmiento como el río San Francisco en Caimancito corresponden a la Alta Cuenca con pendientes marcadas, fuera de la zona de estudios específica, mientras que el río Bermejo en El Colorado se encuentra ya en la parte inferior. La particularidad del río Bermejo inferior, con cauce divagante y escasa capacidad de conducción en largos trechos hace que las crecidas importantes se derramen lateralmente y se laminen los picos, con lo cual la serie de estación El Colorado tiene baja variabilidad y asimetría.

Cursos de la margen derecha del río Uruguay

Se incluye a los ríos Aguapey y Miriñay en la provincia de Corrientes, con secciones de control de módulos anuales entre los 30 y 150 m³/s en registros de entre 20 y 35 años. En la Provincia de Entre Ríos se incluye dos pequeños cursos de menos de 15 m³/s de

módulo anual aunque en series muy cortas de 20 años. La variabilidad media es del orden del 60 % y coeficientes de asimetría superior a 1.

Grandes ríos

Se incluyen los grandes cursos de agua con alimentación hídrica fuera del país, cada uno de ellos con su propia característica.

El río Paraná presenta una variabilidad baja del 20 %, pero fuerte asimetría con coeficientes superiores a 1.5. Esto se debe a la presencia en el período analizado (1971-2012) de algunos años muy ricos como 1983, 1992 y 1998, pero por otro lado un efecto de regulación con afectación a los años más secos.

El río Uruguay presenta el doble de variabilidad, 40 % y también fuerte asimetría con coeficientes superiores a 1.7.

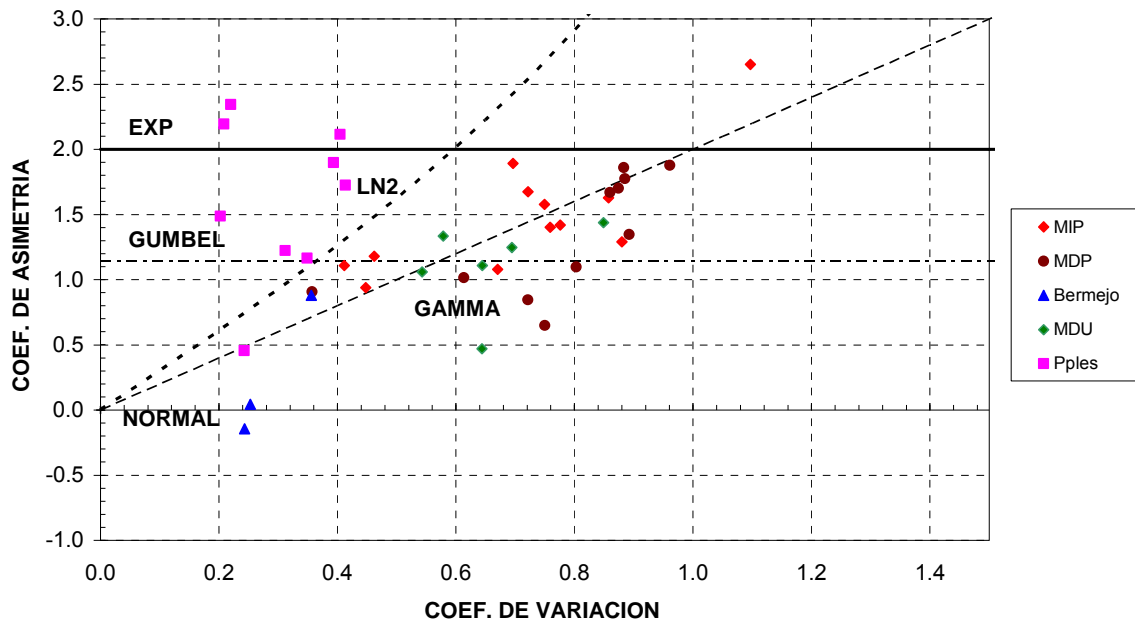


Figura 63. Diagrama de momentos CV vs. CS. Caudales anuales.

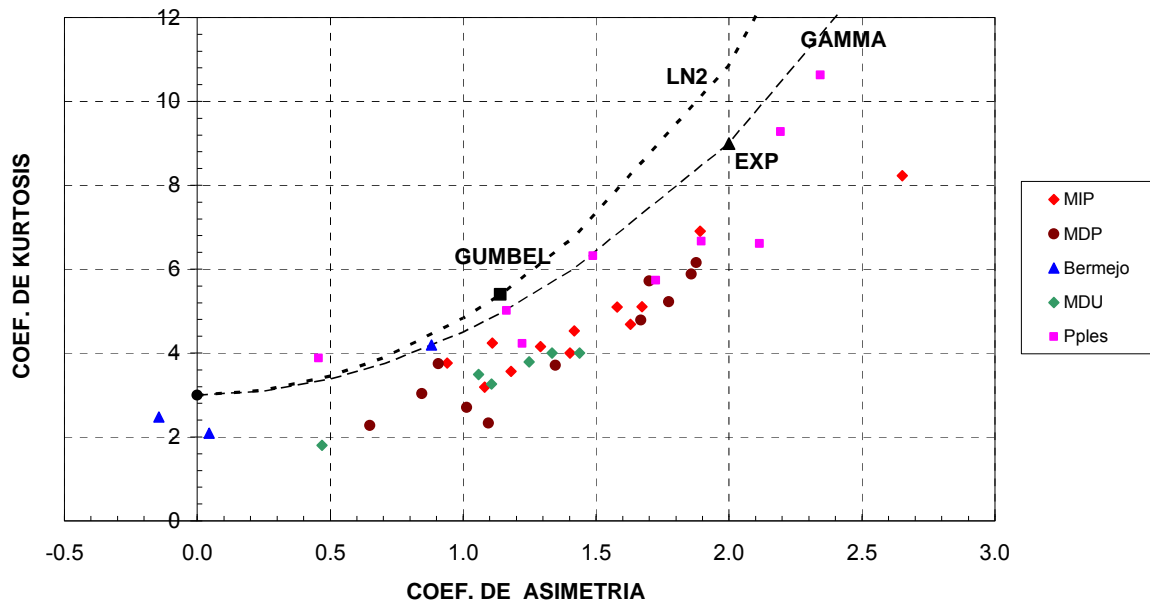


Figura 64. Diagrama de momentos CS vs. CK. Caudales anuales.

4.3.3.2. Inferencia para diferentes recurrencias

A partir de la ubicación de cada una de las series en los diagramas de momentos y de los ajustes de las distribuciones teóricas a las frecuencias experimentales en el campo muestral se observó un buen ajuste general de las tres distribuciones preseleccionadas, con leve preponderancia de una u otra según cada zona específica. En función de esto se decidió la adopción de la distribución **Log-Normal** por ser la de mejor ajuste en la mayoría de los casos, principalmente en lo cursos pequeños.

Las gráficas de la función de distribución de cada estación se presentan de la Figura 65 a Figura 73, en que se han agrupado las estaciones por zonas y según magnitud de los caudales esperados.

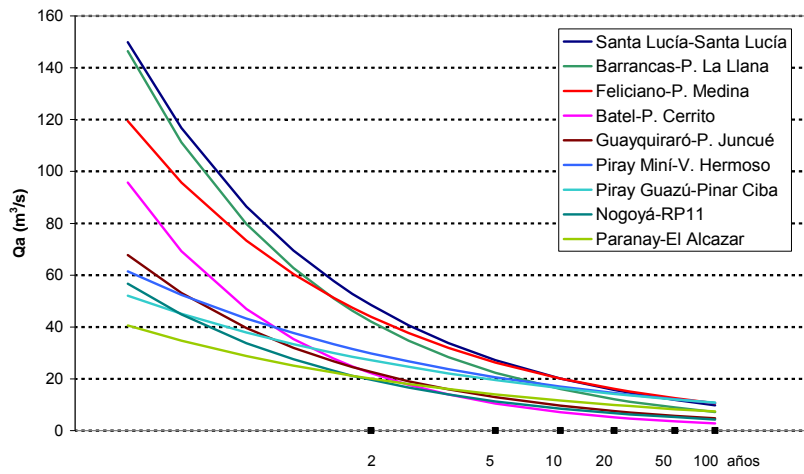


Figura 65. Recurrencias de caudales anuales – Margen izquierda río Paraná.

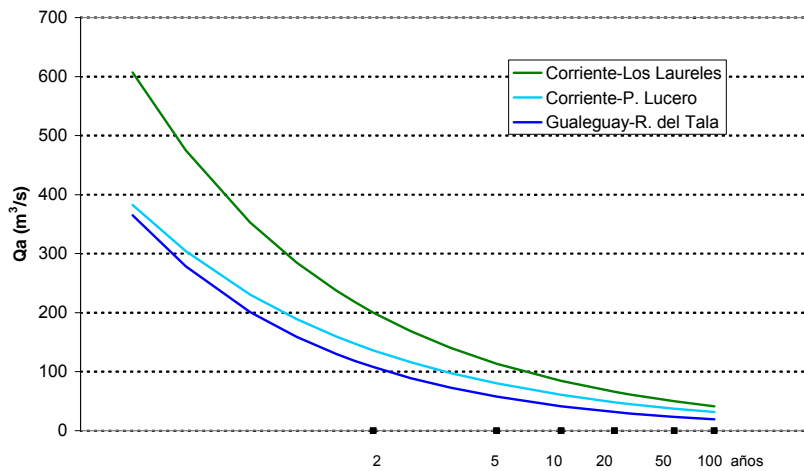


Figura 66. Recurrencias de caudales anuales – Ríos Corriente y Gualeguay.

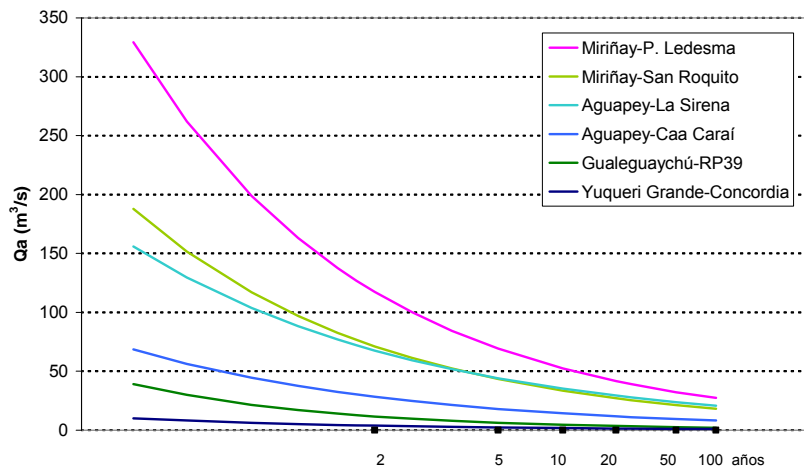


Figura 67. Recurrencias de caudales anuales – Margen derecha río Uruguay.

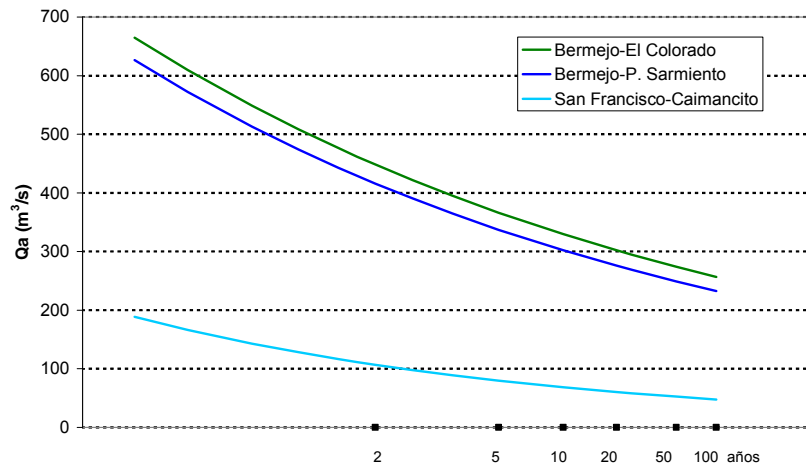


Figura 68. Recurrencias de caudales anuales – Ríos Bermejo y San Francisco.

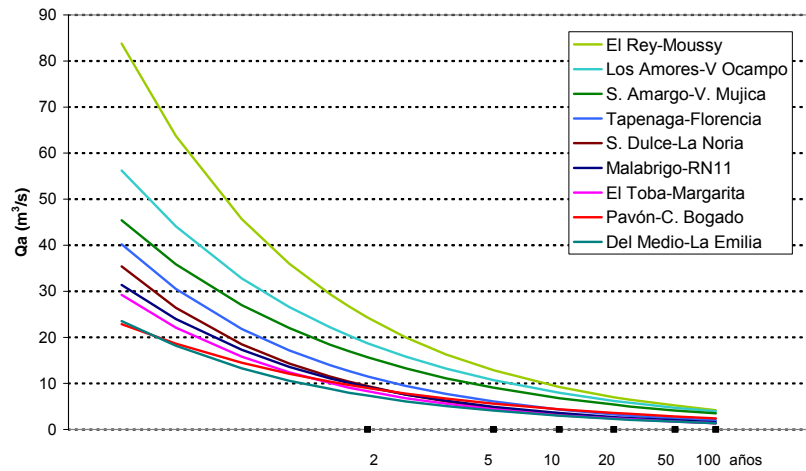


Figura 69. Recurrencias de caudales anuales – Margen derecha río Paraná.

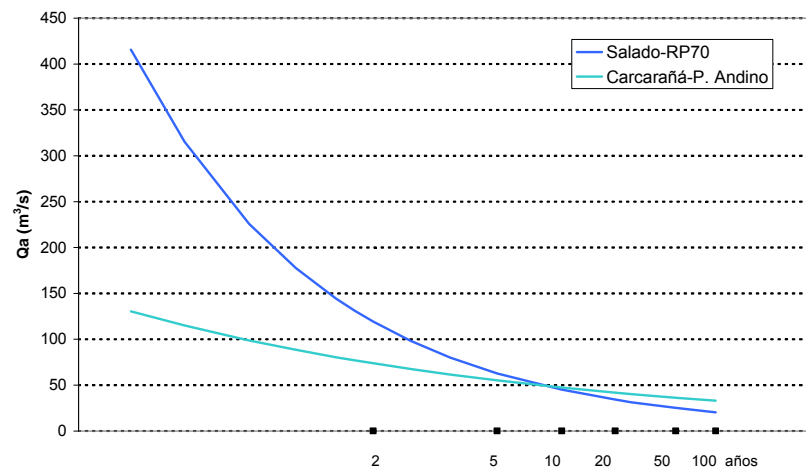


Figura 70. Recurrencias de caudales anuales – Ríos Salado y Carcarañá.

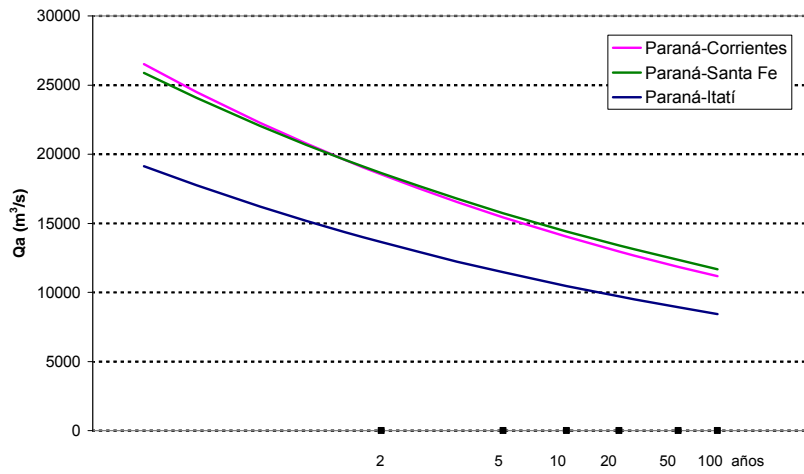


Figura 71. Recurrencias de caudales anuales – Río Paraná.

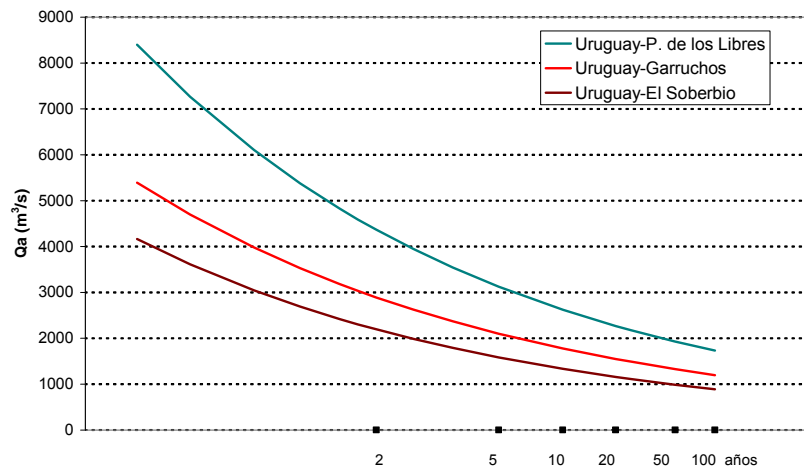


Figura 72. Recurrencias de caudales anuales – Río Uruguay.

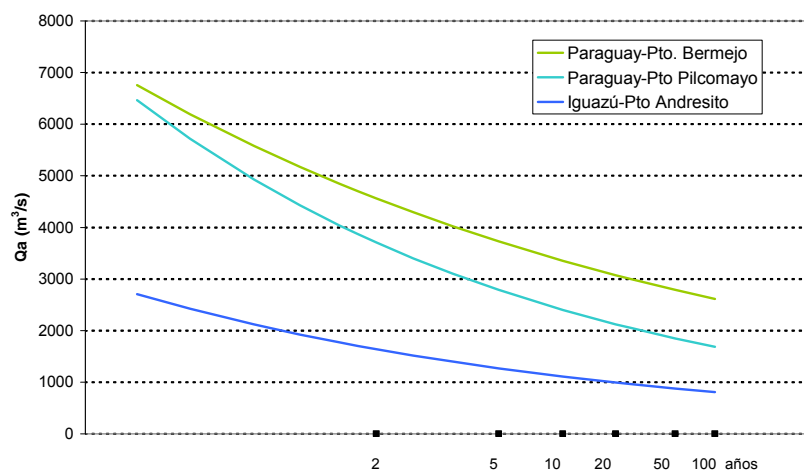


Figura 73. Recurrencias de caudales anuales – Ríos Paraguay e Iguazú.

A partir de dicha distribución se calculan los caudales medios anuales que se pueden ser superados con probabilidad anual del 50, 80, 90 y 95 %, que se corresponden con recurrencia de 2, 5, 10 y 20 años de que se den valores inferiores. Estos caudales esperados se presentan en las Tabla 56 a Tabla 60 siguientes.

Tabla 56. Caudales anuales. Margen izquierda río Paraná.

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50 %	80 %	90 %	95 %
Caudales medios anuales (m³/s)					
Piray Miní	V. Hermoso	29.8	20.6	17.0	14.5
Piray Guazú	Pinar Ciba	27.2	19.5	16.4	14.2
Paranay	El Alcazar	20.1	14.0	11.6	9.9
Santa Lucía	Santa Lucía	48.5	27.2	20.1	15.7
Batel	P. Cerrito	17.7	10.5	7.1	5.1
Barrancas	P. La Llana	42.1	22.3	16.0	12.1
Guayquiraró	P. Juncué	22.6	12.9	9.6	7.5
Feliciano	P. Medina	43.9	26.3	20.1	16.1
Nogoyá	R.P. 11	19.6	11.3	8.5	6.7
Gualeguay	R. del Tala	107.7	57.7	41.6	31.8
Corriente	P. Lucero	136.0	80.1	60.7	48.3
Corriente	Los Laureles	200.0	113.4	84.2	65.9

Tabla 57. Caudales anuales. Margen derecha río Paraná.

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50 %	80 %	90 %	95 %
Caudales medios anuales (m³/s)					
Tapenaga	Florencia	11.5	6.1	4.3	3.3
Los Amores	V. Oca.(RP32)	18.7	10.7	8.0	6.2
El Rey	Moussy	24.3	12.9	9.2	7.0
Malabrigo	R.N. 11	9.2	4.9	3.6	2.7
El Toba	Margarita	8.3	4.4	3.1	2.4
Saladillo A.	V. Mujica	15.7	9.1	6.8	5.4
Saladillo D.	La Noria	9.4	4.7	3.3	2.5
Pavón	Cnel. Bogado	9.0	5.6	4.4	3.6
Del Medio	La Emilia	7.4	4.1	3.0	2.3
Salado	R.P. 70	119.2	62.9	45.0	34.2
Carcaraña	Pueblo Andino	73.7	55.1	47.3	41.7

Tabla 58. Caudales anuales. Aportes por el río Bermejo.

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50 %	80 %	90 %	95 %
Caudales medios anuales (m³/s)					
Bermejo	P. Sarmiento	415.8	364.9	337.1	302.1
S. Francisco	Caimancito	106.9	79.9	68.6	60.5
Bermejo	El Colorado	448.2	366.3	329.6	302.2

Tabla 59. Caudales anuales. Margen derecha río Uruguay.

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50 %	80 %	90 %	95 %
Caudales medios anuales (m³/s)					
Aguapey	Caa Caraí	28.3	18.0	14.2	11.7
Aguapey	La Sirena	67.6	44.1	35.2	29.3
Miriñay	S. Roquito	71.2	43.4	33.4	27.0
Yuq. Grande	Concordia	3.8	2.3	1.8	1.4
Miriñay	P. Ledesma	117.3	69.2	52.5	41.8
Gualeguaychú	R. P N 39	11.6	6.2	4.5	3.5

Tabla 60. Caudales anuales. Ríos principales.

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50 %	80 %	90 %	95 %
Caudales medios anuales (m³/s)					
Iguazú	Puerto A.	1640.7	1269.4	1110.1	993.7
Paraguay	P. Pilcomayo	3705.5	2786.7	2401.0	2123.2
Paraguay	Pto. Bermejo	4559.0	3727.3	3354.8	3075.5
Paraná	Itatí	13628.7	11457.2	10463.6	9708.5
Paraná	Corrientes	18536.4	15435.7	14027.1	12961.6
Paraná	Santa Fe	18623.4	15734.8	14407.9	13397.0
Uruguay	El Soberbio	2193.7	1580.9	1332.2	1156.5
Uruguay	Garruchos	2891.1	2101.1	1778.2	1549.4
Uruguay	P. Libres	4367.4	3125.4	2623.9	2271.1

En general para toda la región los caudales anuales esperados con un 50 % de probabilidad están por debajo del caudal anual promedio de la serie debido a las distribuciones de asimetría positiva que presentan (estadísticamente, valor de la mediana inferior a la media).

Para los grandes cursos de la región (ríos principales), es evidente que no hay limitaciones en cantidad de agua a nivel de módulos mensuales, sin embargo en los cursos medianos y pequeños, no es suficiente el valor de módulo anual, dada la variabilidad de los mismos y teniendo en cuenta que son limitadas las posibilidades de regulación en dichos cursos.

Por dicha razón se pasó a estudiar la distribución probabilística de los caudales mensuales.



4.3.4. Análisis de Frecuencia de los caudales mensuales

4.3.4.1. Análisis muestrales

Al igual que para las series de caudales anuales, se calcularon para las series de los caudales de cada mes de cada estación, los estadísticos muestrales y se elaboraron los diagramas de momentos Coeficiente de Variación vs. Coeficiente de Asimetría y Coeficiente de Curtosis vs. Coeficiente de Asimetría. Dado que se trata de 12 meses en cada una de las estaciones analizadas, las tablas y figuras se adjuntan en el Anexo I.13.

Siguiendo el patrón de comportamiento de las series anuales y en forma aún mas acentuada, se observa en la mayoría de las series mensuales de las cuencas de aporte a los grandes ríos una gran variabilidad con valores de coeficiente de variación que superan el 100 % (y máximos de más del 200 %) y asimetrías fuertemente positivas con valores de coeficientes de asimetría superiores a 1.5.

Para los ríos principales, la variabilidad es menor, no superando el 30 ó 40 % en el río Paraná y el 60 ó 70 % en el río Uruguay y valores entre 0.5 y 2 de coeficiente de asimetría.

4.3.4.2. Inferencia para diferentes recurrencias

A partir de la ubicación de cada una de las series en los diagramas de momentos y de los ajustes de las distribuciones teóricas a las frecuencias experimentales en el campo muestral se observa lo siguiente:

En la mayoría de los casos la distribución de mejor ajuste muestral (menores errores cuadráticos medios en valores y en frecuencia) resulta ser la GEV. Sin embargo al extrapolar en los caudales mas bajos y hacer inferencia con esta distribución, se estiman valores nulos de escurrimiento mensual que en ciertos cursos por sus características propias (área de aporte, drenaje de la freática), pueden no ser ciertos o no se dan con dicha frecuencia. Por otra parte la distribución Log-Normal por su expresión analítica da siempre valores positivos para las altas frecuencia de sobrepaso, lo que puede dar lugar a sobrestimar los valores de caudales inferidos.

Teniendo en cuenta que la decisión de adoptar una determinada función de distribución en los cálculos de ingeniería hidrológica tiene siempre una finalidad de aplicación práctica, se adoptó para estos casos la estimación de los valores esperados con determinada probabilidad a partir del **promedio** de los valores calculados por **GEV** y **Log-Normal**.

Los valores inferidos se presentan en las Tabla 61 a Tabla 83 siguientes.

Tabla 61. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyos Piray Mini y Piray Guazú.

Piray Mini en Valle Hermoso					Piray Guazú en Pinar Ciba				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	29.3	12.1	5.9	3.9	Setiembre	21.9	9.6	5.5	2.9
Octubre	54.8	28.8	18.5	11.3	Octubre	43.7	23.0	15.1	9.7
Noviembre	25.7	13.4	9.2	6.5	Noviembre	29.4	14.5	9.4	5.9
Diciembre	19.1	7.0	3.1	2.2	Diciembre	22.0	8.9	4.5	2.7
Enero	13.1	4.9	2.4	1.5	Enero	14.0	6.2	3.7	2.1
Febrero	15.8	6.1	3.1	1.7	Febrero	13.2	5.5	3.1	1.7
Marzo	9.2	3.3	1.6	0.9	Marzo	11.1	4.4	2.3	1.2
Abril	19.3	7.7	4.2	2.1	Abril	19.2	7.6	4.0	2.2
Mayo	25.6	10.2	5.1	3.0	Mayo	19.9	7.8	3.9	2.3
Junio	27.9	12.2	6.8	3.7	Junio	28.8	14.6	9.5	6.2
Julio	21.1	9.9	5.8	3.2	Julio	19.9	10.4	6.8	4.3
Agosto	17.1	6.7	3.3	2.0	Agosto	18.8	8.3	5.0	2.9

Tabla 62. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyo Paranay.

Paranay en El Alcazar				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%
Setiembre	16.7	7.4	4.2	2.3
Octubre	30.1	15.0	9.2	5.2
Noviembre	22.0	11.0	7.0	4.4
Diciembre	13.9	5.8	3.2	1.7
Enero	8.2	3.6	2.2	1.4
Febrero	10.8	4.6	2.6	1.4
Marzo	6.7	2.9	1.8	1.0
Abril	16.5	7.0	3.8	2.2
Mayo	18.9	8.3	4.2	2.7
Junio	21.5	10.8	6.9	4.4
Julio	17.7	9.2	6.1	4.0
Agosto	14.4	6.8	4.4	2.8

Tabla 63. Caudales mensuales (m³/s)- Río Santa Lucía y A° Batel.

Santa Lucía en Santa Lucía					Batel en Paso Cerrito				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	20.2	8.7	4.9	2.6	Setiembre	13.3	6.1	3.5	2.0
Octubre	29.8	14.7	9.7	6.6	Octubre	12.0	6.1	4.1	2.8
Noviembre	49.1	22.7	13.6	7.6	Noviembre	18.0	9.4	6.4	4.4
Diciembre	46.7	19.7	11.0	5.7	Diciembre	17.6	7.2	4.0	2.1
Enero	39.5	16.5	9.0	4.8	Enero	15.8	6.2	3.4	1.8
Febrero	34.5	14.5	8.1	4.2	Febrero	17.4	7.0	3.8	2.0
Marzo	32.1	11.8	5.8	2.8	Marzo	18.9	6.8	3.0	2.1
Abril	69.7	27.8	14.1	8.1	Abril	29.1	10.3	5.4	2.6
Mayo	60.7	22.9	10.4	7.1	Mayo	30.0	10.6	4.9	2.4
Junio	49.3	20.4	11.0	6.0	Junio	24.9	9.4	4.7	2.3
Julio	36.3	14.9	8.0	4.0	Julio	21.2	8.3	4.3	2.1
Agosto	28.5	12.9	7.7	4.4	Agosto	16.4	6.9	3.6	2.2

Tabla 64. Caudales mensuales (m³/s)- Río Corriente.

Corriente en Paso Lucero					Corriente en Los Laureles				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	98.5	47.2	27.9	15.2	Setiembre	123.8	60.4	38.1	23.4
Octubre	101.6	57.3	39.8	27.4	Octubre	143.5	79.3	56.0	40.4
Noviembre	136.3	72.9	49.0	32.7	Noviembre	197.6	116.2	84.9	63.2
Diciembre	140.2	66.1	40.1	23.1	Diciembre	191.2	90.5	58.2	38.2
Enero	114.6	53.7	33.2	20.0	Enero	151.3	65.1	38.7	22.6
Febrero	110.1	48.7	27.5	15.0	Febrero	142.8	60.2	33.6	17.2
Marzo	127.4	54.9	29.2	16.9	Marzo	149.4	62.4	32.8	18.5
Abril	143.6	64.0	37.3	20.0	Abril	242.6	105.2	59.3	29.9
Mayo	157.7	66.4	36.1	17.6	Mayo	244.6	97.6	50.9	27.5
Junio	152.5	75.9	48.8	30.8	Junio	201.9	89.6	53.3	30.4
Julio	118.9	54.9	32.6	18.1	Julio	174.9	73.2	40.6	20.2
Agosto	107.5	52.4	32.6	19.5	Agosto	159.5	76.3	48.3	30.3

Tabla 65. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyos Barranca y Río Guayquiraró.

Barranca en Paso La Llana					Guayquiraró en Paso Juncué				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	11.5	4.1	1.8	1.3	Setiembre	5.2	1.9	0.9	0.5
Octubre	24.2	8.2	3.7	2.6	Octubre	15.2	5.5	2.5	1.7
Noviembre	35.5	12.6	5.7	4.1	Noviembre	20.2	7.4	3.3	2.2
Diciembre	28.9	8.8	3.8	2.5	Diciembre	14.7	4.5	2.1	1.4
Enero	24.8	7.1	3.2	2.2	Enero	11.7	3.3	1.5	1.0
Febrero	23.1	6.2	2.7	1.7	Febrero	15.1	4.6	2.0	1.3
Marzo	33.7	10.4	4.7	3.2	Marzo	16.8	5.5	2.3	1.6
Abril	68.4	22.8	10.3	7.3	Abril	41.4	15.7	7.1	5.3
Mayo	67.2	22.0	9.6	6.7	Mayo	31.4	12.1	5.4	3.8
Junio	38.1	13.4	5.8	4.2	Junio	17.7	5.8	2.8	2.0
Julio	24.1	7.6	3.6	2.5	Julio	12.0	3.9	1.9	1.3
Agosto	13.5	4.8	2.1	1.5	Agosto	4.2	1.5	0.7	0.5

Tabla 66. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyos Feliciano y Nogoyá.

Feliciano en Paso Medina					Nogoyá en R.P. N° 11				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	12.6	4.1	1.7	1.1	Setiembre	9.5	4.3	2.5	1.3
Octubre	26.2	8.8	3.7	2.5	Octubre	9.3	4.2	2.6	1.6
Noviembre	35.0	11.3	4.7	3.2	Noviembre	14.9	6.3	3.4	1.9
Diciembre	27.8	8.7	3.9	2.7	Diciembre	11.3	4.1	1.9	1.3
Enero	19.0	5.4	2.4	1.6	Enero	8.9	3.1	1.6	0.8
Febrero	26.9	7.4	3.5	2.3	Febrero	16.4	5.7	2.9	1.4
Marzo	35.4	10.9	4.9	3.3	Marzo	21.7	8.8	4.7	2.5
Abril	82.9	32.8	15.3	10.3	Abril	28.9	12.5	7.1	3.7
Mayo	46.8	16.7	7.6	5.5	Mayo	17.0	6.1	3.2	1.5
Junio	24.8	7.9	3.2	2.1	Junio	15.1	5.5	2.7	1.4
Julio	12.8	4.2	1.8	1.2	Julio	8.0	3.5	2.3	1.7
Agosto	9.9	3.8	1.8	1.1	Agosto	7.2	3.4	2.2	1.4

Tabla 67. Caudales mensuales (m³/s)- Río Gualeguay.

Gualeguay en Rosario del Tala				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%
Setiembre	36.5	13.6	6.9	3.7
Octubre	70.1	26.1	13.2	7.0
Noviembre	84.6	29.9	13.7	8.6
Diciembre	71.0	22.8	10.1	5.8
Enero	52.4	15.2	6.9	4.6
Febrero	62.1	22.4	12.5	7.1
Marzo	101.7	39.9	21.7	10.8
Abril	126.0	46.2	21.8	13.4
Mayo	136.4	46.4	19.6	13.7
Junio	87.3	27.5	12.4	8.6
Julio	53.3	18.4	8.0	5.6
Agosto	44.8	15.5	6.9	4.2

Tabla 68. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyos Tapenagá y Los Amores.

Tapenagá en Florencia					Los Amores en R.P. N° 32				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	1.8	0.7	0.4	0.2	Setiembre	1.4	0.5	0.2	0.1
Octubre	4.0	1.6	0.9	0.5	Octubre	5.2	1.7	0.7	0.5
Noviembre	7.4	3.1	1.6	1.0	Noviembre	12.1	4.3	1.9	1.4
Diciembre	7.6	2.7	1.2	0.8	Diciembre	9.6	2.8	1.2	0.8
Enero	7.1	2.7	1.2	0.9	Enero	9.0	2.5	1.2	0.9
Febrero	8.8	3.8	2.2	1.2	Febrero	13.1	5.3	2.6	1.6
Marzo	11.6	4.3	2.0	1.2	Marzo	15.2	4.9	2.3	1.6
Abril	20.0	7.8	4.1	1.9	Abril	38.5	15.1	7.2	4.6
Mayo	19.6	6.6	2.8	2.0	Mayo	33.8	12.4	5.5	4.0
Junio	14.9	4.7	2.2	1.6	Junio	20.4	6.2	3.0	2.1
Julio	6.5	1.9	0.9	0.6	Julio	9.9	2.6	1.3	0.9
Agosto	3.2	1.1	0.5	0.3	Agosto	3.5	1.0	0.5	0.3

Tabla 69. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyos El Rey y Malabrigo.

El Rey en Moussy					Malabrigo en R.N. N° 11				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	4.9	1.9	0.9	0.5	Setiembre	1.0	0.4	0.3	0.2
Octubre	8.2	3.5	1.9	1.0	Octubre	3.7	1.4	0.6	0.4
Noviembre	14.7	4.4	1.7	1.0	Noviembre	8.8	3.2	1.5	1.0
Diciembre	14.6	4.1	1.9	1.2	Diciembre	8.4	2.7	1.2	0.8
Enero	14.8	5.5	2.6	1.6	Enero	6.8	2.3	1.1	0.7
Febrero	18.8	6.8	3.1	2.0	Febrero	6.4	2.3	1.1	0.6
Marzo	24.8	8.7	3.9	2.3	Marzo	11.7	4.1	1.8	1.3
Abril	36.9	14.3	7.2	4.0	Abril	21.5	7.8	3.5	2.3
Mayo	30.7	13.0	7.4	3.9	Mayo	7.7	2.7	1.2	0.7
Junio	18.3	6.2	2.9	1.5	Junio	2.4	0.9	0.5	0.3
Julio	14.9	4.4	1.9	1.3	Julio	1.8	0.6	0.4	0.3
Agosto	9.2	3.0	1.3	0.9	Agosto	1.0	0.4	0.2	0.2

Tabla 70. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyo El Toba.

El Toba en Margarita				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%
Setiembre	1.1	0.5	0.3	0.2
Octubre	3.6	1.2	0.5	0.3
Noviembre	6.9	2.3	1.0	0.7
Diciembre	10.4	3.5	1.5	1.0
Enero	6.9	2.1	1.0	0.6
Febrero	9.0	3.0	1.3	0.9
Marzo	12.3	4.4	1.9	1.4
Abril	14.8	5.5	2.6	1.7
Mayo	7.7	2.7	1.2	0.7
Junio	2.7	1.2	0.7	0.4
Julio	1.4	0.5	0.3	0.2
Agosto	1.1	0.5	0.3	0.2

Tabla 71. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyos Saladillo Amargo y Saladillo Dulce.

Saladillo Amargo en R.P. N° 81					Saladillo Dulce en R.P. N° 81				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	4.2	1.8	1.1	0.6	Setiembre	1.2	0.4	0.2	0.1
Octubre	5.3	2.1	1.1	0.6	Octubre	3.5	1.1	0.6	0.4
Noviembre	7.1	2.5	1.2	0.7	Noviembre	5.8	2.0	0.9	0.6
Diciembre	10.1	3.8	1.7	1.2	Diciembre	5.6	1.9	0.9	0.6
Enero	10.9	3.7	1.6	1.2	Enero	4.3	1.4	0.7	0.4
Febrero	15.7	5.5	2.4	1.5	Febrero	9.5	2.9	1.3	0.7
Marzo	17.1	6.7	3.2	2.0	Marzo	11.4	3.9	1.8	1.1
Abril	28.5	12.7	6.9	4.1	Abril	13.5	5.7	3.1	1.7
Mayo	26.7	11.5	6.4	3.5	Mayo	13.5	5.2	2.6	1.3
Junio	15.6	6.5	3.6	1.8	Junio	9.4	3.2	1.5	1.1
Julio	8.7	3.6	1.9	1.1	Julio	5.0	1.4	0.6	0.4
Agosto	5.1	2.4	1.4	0.8	Agosto	2.6	0.8	0.4	0.3

Tabla 72. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyos Pavón y Del Medio.

Pavón en Coronel Bogado					Del Medio en La Emilia				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	4.4	3.2	2.7	2.4	Setiembre	10.8	1.5	0.9	0.5
Octubre	7.5	3.5	2.3	1.7	Octubre	51.6	2.3	1.1	0.6
Noviembre	10.4	4.7	2.8	1.5	Noviembre	30.1	2.9	1.6	0.9
Diciembre	8.6	3.8	2.5	1.7	Diciembre	40.3	2.4	1.4	0.8
Enero	7.7	3.5	2.2	1.5	Enero	31.8	2.3	1.2	0.7
Febrero	7.3	3.5	2.3	1.7	Febrero	32.7	3.3	1.7	1.1
Marzo	8.3	3.9	2.6	1.9	Marzo	52.5	2.6	1.4	0.8
Abril	7.8	4.1	3.0	2.3	Abril	37.0	3.2	1.6	1.0
Mayo	6.2	3.1	2.2	1.7	Mayo	32.4	2.3	1.2	0.6
Junio	4.6	2.6	2.1	1.8	Junio	14.0	1.4	1.0	0.8
Julio	4.1	3.0	2.7	2.4	Julio	9.7	1.6	1.0	0.8
Agosto	4.3	2.6	2.2	1.9	Agosto	24.2	1.4	0.8	0.5

Tabla 73. Caudales mensuales (m³/s)- Ríos Salado y Carcarañá.

Salado en R.P. N° 70					Carcarañá en Pueblo Andino				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	54.6	28.2	20.0	15.0	Setiembre	45.6	32.4	26.3	21.7
Octubre	60.5	30.4	21.2	15.8	Octubre	45.8	31.9	27.4	24.6
Noviembre	71.6	37.6	26.9	20.4	Noviembre	56.1	37.5	31.1	26.9
Diciembre	77.4	39.2	27.4	20.4	Diciembre	63.0	40.7	32.5	27.0
Enero	78.5	33.8	21.8	15.1	Enero	86.8	46.8	30.0	17.7
Febrero	103.3	39.7	24.1	15.9	Febrero	98.4	66.6	53.2	43.3
Marzo	169.9	76.7	50.6	35.9	Marzo	98.0	68.5	57.6	50.1
Abril	196.7	103.8	74.3	56.4	Abril	97.8	63.0	49.9	40.9
Mayo	166.6	72.6	47.1	32.9	Mayo	71.9	45.3	34.1	25.9
Junio	108.7	45.5	28.8	19.8	Junio	61.3	42.0	33.8	27.8
Julio	92.4	43.0	28.9	20.8	Julio	53.0	37.8	30.9	25.6
Agosto	70.5	32.2	21.4	15.3	Agosto	49.2	36.4	30.9	26.8

Tabla 74. Caudales mensuales (m³/s)- Río Bermejo.

Bermejo en Pozo Sarmiento					Bermejo en El Colorado				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	51.5	42.2	38.2	35.3	Setiembre	70.4	51.7	43.1	36.5
Octubre	58.5	44.3	38.8	34.9	Octubre	56.7	38.4	30.6	24.8
Noviembre	127.4	69.8	47.3	31.5	Noviembre	80.0	43.1	29.9	20.9
Diciembre	359.0	220.9	168.1	131.3	Diciembre	252.8	143.0	95.4	60.1
Enero	848.6	580.3	461.6	372.5	Enero	717.0	461.0	346.3	259.6
Febrero	1110.7	754.0	603.9	494.2	Febrero	1065.4	754.2	586.2	446.3
Marzo	1099.8	765.4	633.1	539.4	Marzo	1202.7	880.0	723.6	600.6
Abril	576.1	406.4	336.2	285.4	Abril	960.9	648.3	516.0	418.9
Mayo	228.5	182.1	162.6	148.3	Mayo	424.6	320.5	281.7	255.0
Junio	128.9	107.7	97.6	89.6	Junio	237.1	196.0	178.1	164.8
Julio	88.9	74.9	68.7	64.1	Julio	162.3	131.6	118.8	109.3
Agosto	66.3	55.5	50.7	47.2	Agosto	113.4	84.0	70.5	60.2

Tabla 75. Caudales mensuales (m³/s)- Río San Francisco.

San Francisco en Caimancito				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%
Setiembre	23.9	18.5	16.1	14.3
Octubre	19.0	14.1	11.5	9.4
Noviembre	18.8	11.8	9.4	7.9
Diciembre	56.5	27.4	16.1	8.2
Enero	180.6	110.3	83.2	64.3
Febrero	286.2	164.3	113.1	75.8
Marzo	267.0	164.5	125.1	97.5
Abril	153.0	101.9	81.6	67.2
Mayo	75.8	56.6	48.4	42.4
Junio	53.9	41.0	34.8	30.0
Julio	45.9	36.2	31.6	27.9
Agosto	35.8	28.5	25.3	23.0

Tabla 76. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyo Aguapey.

Aguapey en Caa Carai					Aguapey en La Sirena				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	16.6	7.2	4.0	2.2	Setiembre	34.8	13.7	7.1	3.9
Octubre	45.9	22.9	15.6	11.0	Octubre	103.2	58.7	41.4	29.4
Noviembre	48.1	23.1	13.2	7.5	Noviembre	117.6	61.3	36.6	20.8
Diciembre	15.8	5.7	2.8	1.5	Diciembre	50.9	18.0	8.1	5.8
Enero	11.3	3.5	1.6	1.1	Enero	34.2	10.0	5.0	3.5
Febrero	13.1	3.8	1.8	1.2	Febrero	24.7	6.8	3.4	2.3
Marzo	9.1	2.7	1.1	0.7	Marzo	24.1	6.9	3.3	2.3
Abril	19.8	7.1	3.3	1.9	Abril	52.1	18.4	8.1	5.8
Mayo	23.0	8.3	3.8	2.8	Mayo	66.8	25.3	11.4	8.4
Junio	20.5	7.4	3.2	2.3	Junio	69.1	26.5	11.9	8.9
Julio	19.1	7.9	4.3	2.2	Julio	61.3	28.1	15.5	9.0
Agosto	8.5	3.1	1.6	0.8	Agosto	31.0	12.4	6.5	3.7

Tabla 77. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyo Miriñay.

Miriñay en San Roquito					Miriñay en Paso Ledesma				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	29.0	11.5	5.6	3.6	Setiembre	42.6	15.3	6.8	4.9
Octubre	57.4	26.4	15.7	8.8	Octubre	110.1	52.1	31.7	18.1
Noviembre	92.7	39.6	20.4	12.6	Noviembre	126.2	46.6	20.6	14.9
Diciembre	66.9	23.9	10.0	7.1	Diciembre	82.1	26.5	12.0	8.4
Enero	35.8	11.5	5.2	3.6	Enero	53.9	16.2	7.7	5.3
Febrero	46.7	14.3	6.6	4.5	Febrero	65.3	20.1	8.9	6.0
Marzo	70.0	28.3	13.3	9.0	Marzo	112.3	42.8	19.1	13.3
Abril	100.6	37.8	16.7	11.9	Abril	136.4	41.0	19.0	13.0
Mayo	94.8	40.3	20.7	12.8	Mayo	134.3	47.1	21.0	15.1
Junio	59.7	25.8	14.1	7.7	Junio	87.9	31.9	15.1	8.9
Julio	44.0	16.4	7.2	5.0	Julio	70.1	21.9	8.9	5.9
Agosto	34.1	13.9	7.3	4.0	Agosto	50.3	17.6	8.9	3.9

Tabla 78. Caudales mensuales (m³/s)- Arroyos Yuqueri Grande y Río Gualeguaychú.

Yuquerí Grande en Concordia					Gualeguaychú en R.P. Nº 39				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	2.8	1.1	0.6	0.3	Setiembre	3.5	1.2	0.6	0.4
Octubre	3.7	1.6	1.1	0.7	Octubre	5.5	1.6	0.7	0.4
Noviembre	3.8	1.6	0.9	0.5	Noviembre	6.7	2.0	0.9	0.6
Diciembre	2.9	1.0	0.5	0.2	Diciembre	4.7	1.4	0.6	0.4
Enero	1.4	0.6	0.4	0.3	Enero	2.3	0.8	0.5	0.3
Febrero	2.2	0.8	0.5	0.4	Febrero	7.5	2.3	0.9	0.6
Marzo	2.9	1.1	0.6	0.3	Marzo	10.7	3.9	1.7	1.2
Abril	3.5	1.2	0.6	0.3	Abril	19.9	5.9	2.8	2.0
Mayo	3.1	1.0	0.5	0.2	Mayo	10.1	3.1	1.4	0.9
Junio	2.8	0.9	0.4	0.2	Junio	5.0	1.5	0.7	0.5
Julio	1.9	0.8	0.5	0.3	Julio	3.8	1.2	0.6	0.3
Agosto	1.5	0.7	0.5	0.3	Agosto	4.0	1.2	0.6	0.3

Tabla 79. Caudales mensuales (m³/s)- Ríos Iguazú y Paraná.

Iguazú en San Andresito					Paraná en Itatí				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	1558	874	615	435	Setiembre	11405	9459	8676	8118
Octubre	2133	1132	733	450	Octubre	12910	10194	9083	8284
Noviembre	1637	1122	917	772	Noviembre	13142	10489	9295	8391
Diciembre	1266	930	787	683	Diciembre	12804	10393	9432	8750
Enero	1164	886	792	730	Enero	13987	11271	10164	9368
Febrero	1372	883	704	583	Febrero	16159	12803	11332	10234
Marzo	1133	814	693	610	Marzo	14118	11798	10893	10257
Abril	1134	781	666	592	Abril	13046	11138	10444	9973
Mayo	1491	911	702	561	Mayo	12569	10718	10061	9622
Junio	1558	1041	854	729	Junio	12363	10598	9984	9577
Julio	1504	1076	892	757	Julio	11910	10388	9850	9491
Agosto	1373	889	718	603	Agosto	11160	9722	9185	8815

Tabla 80. Caudales mensuales (m³/s)- Río Paraguay.

Paraguay en Pto Pilcomayo					Paraguay en Pto Bermejo				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	3722	2365	1781	1348	Setiembre	4520	3041	2361	1840
Octubre	3319	2096	1571	1184	Octubre	4201	3000	2487	2109
Noviembre	3059	2083	1662	1351	Noviembre	3827	2792	2351	2027
Diciembre	2924	2076	1740	1501	Diciembre	3888	2656	2106	1693
Enero	2951	2124	1789	1549	Enero	4245	3052	2489	2052
Febrero	3111	2262	1910	1654	Febrero	4283	3300	2845	2496
Marzo	3332	2475	2106	1833	Marzo	4327	3489	3121	2845
Abril	3562	2711	2367	2120	Abril	4622	3588	3115	2754
Mayo	4036	2999	2605	2332	Mayo	4943	3753	3213	2802
Junio	4373	3176	2728	2419	Junio	5315	4009	3438	3013
Julio	4337	3057	2552	2194	Julio	5445	4007	3328	2802
Agosto	3980	2752	2264	1918	Agosto	4843	3443	2829	2370

Tabla 81. Caudales mensuales (m³/s)- Río Paraná.

Paraná en Corrientes					Paraná en Pna-Sta Fe				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	15386	12513	11350	10516	Setiembre	15133	12535	11440	10639
Octubre	17201	13676	12240	11208	Octubre	16275	13289	12014	11075
Noviembre	17533	13710	11974	10654	Noviembre	17518	13700	11994	10708
Diciembre	17170	13478	11950	10843	Diciembre	17056	13293	11626	10374
Enero	19019	14873	13075	11740	Enero	17666	13918	12301	11105
Febrero	21659	17152	15174	13697	Febrero	20564	16214	14212	12679
Marzo	19276	16174	14948	14081	Marzo	20880	17010	15414	14261
Abril	18069	15547	14628	14005	Abril	19780	16761	15520	14623
Mayo	17522	14553	13467	12727	Mayo	19241	15774	14372	13370
Junio	17513	14863	13942	13333	Junio	18068	15300	14298	13620
Julio	16845	14447	13595	13024	Julio	17613	14768	13717	12998
Agosto	15574	13328	12473	11879	Agosto	16101	13862	13019	12437

Tabla 82. Caudales mensuales (m³/s)- Río Uruguay.

Uruguay en El Soberbio					Uruguay en Garruchos				
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado				Mes	Probabilidad Anual de ser Superado			
	50%	80%	90%	95%		50%	80%	90%	95%
Setiembre	2378	1389	1001	728	Setiembre	3033	1849	1412	1113
Octubre	3448	2028	1414	958	Octubre	4232	2454	1708	1164
Noviembre	2170	1458	1206	1038	Noviembre	2826	1700	1292	1016
Diciembre	1472	875	641	476	Diciembre	2008	1192	879	660
Enero	1159	708	536	417	Enero	1686	1035	773	587
Febrero	1493	825	589	432	Febrero	1737	1025	773	605
Marzo	1100	634	468	357	Marzo	1422	914	734	613
Abril	1355	716	486	331	Abril	1742	922	627	429
Mayo	1946	811	389	98	Mayo	2445	1062	541	181
Junio	2078	1256	967	774	Junio	2900	1733	1320	1044
Julio	2551	1416	1001	720	Julio	3199	1886	1405	1077
Agosto	2064	1133	778	531	Agosto	3087	1691	1133	736

Tabla 83. Caudales mensuales (m³/s)- Río Uruguay.

Uruguay en Paso de los Libres	
Mes	Probabilidad Anual de ser Superado

	50%	80%	90%	95%
Setiembre	4416	2766	2145	1715
Octubre	5936	3594	2643	1961
Noviembre	4679	2655	1898	1377
Diciembre	2768	1487	1015	692
Enero	2145	1105	725	468
Febrero	2510	1327	900	611
Marzo	2380	1302	903	630
Abril	2943	1456	922	562
Mayo	4189	1956	1068	438
Junio	4749	2542	1686	1086
Julio	5192	3236	2454	1898
Agosto	5069	2905	1965	1267

Cursos de la margen izquierda del Río Paraná

En los cursos de la provincia de Misiones, los meses críticos son entre diciembre y abril donde los caudales con probabilidad del 80 % de ser alcanzados están entre 5 y 8 m³/s. En las provincias de Corrientes y Entre Ríos los menores aportes mensuales se presentan entre agosto y enero, donde los caudales con probabilidad del 80 % de ser alcanzados están entre 5 y 10 m³/s. En esta zona se destaca el río Corrientes en el cual durante todo el año los caudales con probabilidad del 80 % de ser alcanzados superan los 60 m³/s. También importantes pero de menor magnitud resultan los caudales con probabilidad del 80 % de ser alcanzados que superan los 15 m³/s en los ríos Santa Lucía y Gualeguay.

Cursos de margen derecha del río Paraná

Los cursos de la provincia de Santa Fe, presentan bajos caudales durante todo el año, siendo críticos entre julio y enero, donde los caudales con probabilidad del 80 % de ser alcanzados no superan los 3 m³/s.

En el río Salado se seleccionó la distribución **Log-Normal**, con la cual entre agosto y enero los caudales mensuales con probabilidad del 80 % de ser alcanzados están entre 30 y 40 m³/s, siendo mayores en el resto del año.

También el río Carcarañá resulta de interés dando que presenta menor variabilidad a largo del año, lo que da lugar a importantes caudales mensuales. En este caso la distribución seleccionada fue la **GEV**, que en la época de menor afluencia entre julio y noviembre proporciona valores de caudales con probabilidad del 80 %, de entre 30 y 40 m³/s.



Cursos de la Cuenca del río Bermejo

Para la región en estudio resulta de interés los caudales disponibles en el río Bermejo en El Colorado, donde a partir del ajuste de la distribución **GEV** se puede inferir que los caudales mensuales con probabilidad del 80 % están entre 40 y 50 m³/s en los meses más críticos que son de septiembre a noviembre, siendo mayores en el resto del año.

Cursos de la margen derecha del río Uruguay

En los ríos Aguapey y Miriñay en la provincia de Corrientes, los períodos críticos se presentan de julio a septiembre y de diciembre a febrero, donde los caudales con probabilidad del 80 % se encuentran entre 7 y 15 m³/s. En la Provincia de Entre Ríos los dos cursos considerados son francamente insuficientes.

Grandes ríos

Al igual que en el análisis a nivel de caudales anuales, la distribución de caudales mensuales y los valores esperados para distintas probabilidades de ocurrencia, son suficientemente importantes para satisfacer las demandas que se planteen.

4.3.5. Análisis de Frecuencia de los caudales diarios mínimos anuales

4.3.5.1. Análisis muestrales

Al igual que para las series de caudales anuales y mensuales, se calcularon para las series de los caudales mínimos diarios de cada año de cada estación, los estadísticos muestrales y se elaboraron los diagramas de momentos Coeficiente de Variación vs. Coeficiente de Asimetría y Coeficiente de Curtosis vs. Coeficiente de Asimetría (Figura 74 y Figura 75). Desde la Tabla 84 a Tabla 88 se presentan los estadísticos de caudales mínimos para cada subzona de aporte.

Un comentario especial merecen los datos que conforman las series a ser analizadas. Los caudales diarios mínimos son los indicados en los anuarios hidrométricos mencionados en el punto 4.1.1.

En la mayoría de las estaciones de aforos las mayores dificultades para calibrar adecuadamente las curvas de gasto se deben a la escasez de valores extremos medidos adecuadamente.

Para el caso de los mínimos, las muy bajas velocidades de escurrimiento en estiajes pronunciados no son a veces registradas adecuadamente y simplificadaamente se asigna valores “0” al escurrimiento, por lo cual en las curvas H – Q por debajo de determinadas alturas de agua el caudal diario resulta nulo y así aparece en los registros, sin que ello sea necesariamente cierto. Si bien en valores absolutos es poco significativo, debe tenerse en cuenta en los análisis que se efectúan.

Tabla 84. Estadísticos de caudales diarios mínimos anuales. Aportes por la margen izquierda al río Paraná.

Curso	Estación	N	Media (m ³ /s)	Desvío (m ³ /s)	CS	CV	CK	Max (m ³ /s)	Min (m ³ /s)
Piray Miní	Valle Hermoso	32	0.7	0.4	0.70	0.64	2.60	1.71	0.02
Piray Guazú	Pinar Ciba	27	1.4	1.1	1.31	0.76	3.75	4.45	0.11
Paranay	El Alcazar	25	1.0	0.6	0.81	0.56	2.96	2.41	0.08
Santa Lucía	Santa Lucía	33	7.7	9.6	3.31	1.24	14.20	52.3	0.19
Corriente	P. Lucero	26	37.0	34.2	1.33	0.93	4.26	144.0	2.00
Batel	P. Cerrito	19	4.6	5.3	1.68	1.13	4.93	20.7	0.00
Corriente	Los Laureles	24	55.3	60.6	1.64	1.10	4.49	241.0	0.00
Barrancas	P. La Llana	28	0.9	1.6	2.30	1.85	6.36	6.48	0.00
Guayquiraró	P. Juncué	19	0.2	0.3	1.22	1.56	2.44	0.74	0.00
Feliciano	P. Medina	27	0.8	0.6	0.91	0.76	2.73	2.47	0.04
Nogoyá	R.P. 11	22	2.2	1.4	1.79	0.65	6.33	6.90	0.01
Gualeguay	R. del Tala	18	6.5	4.3	1.00	0.66	2.65	16.9	1.35

Tabla 85. Estadísticos de caudales diarios mínimos anuales. Aportes por la margen derecha al río Paraná.

Curso	Estación	N	Media (m ³ /s)	Desvío (m ³ /s)	CS	CV	CK	Max (m ³ /s)	Min (m ³ /s)
Tapenagá	Florencia	30	0.8	0.6	0.47	0.76	2.16	2.13	0.00
L. Amores	V. Ocam. (RP32)	25	0.4	0.7	1.96	1.86	4.58	2.30	0.00
El Rey	Moussy	25	1.6	1.7	1.80	1.08	6.06	7.52	0.00
Malabrigo	R.N. 11	26	0.7	0.5	-0.60	0.65	1.45	1.35	0.00
El Toba	Margarita	31	0.5	0.5	1.01	1.06	2.31	1.60	0.00
Saladillo A.	V. Mujica	33	1.5	1.9	2.04	1.28	5.30	7.05	0.00
Salado	R.P. 70	34	19.7	16.3	1.54	0.83	5.59	78.0	0.00
Carcarañá	P. Andino	23	28.2	10.4	0.03	0.37	2.13	51.0	10.0
Pavón	Cnel Bogado	23	2.4	0.5	0.38	0.23	2.54	3.56	1.37
Del Medio	La Emilia	18	1.1	1.0	0.19	0.85	1.76	2.92	0.00

Tabla 86. Estadísticos de caudales diarios mínimos anuales. Aportes del río Bermejo.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Curso	Estación	N	Media (m ³ /s)	Desvío (m ³ /s)	CS	CV	CK	Max (m ³ /s)	Min (m ³ /s)
Bermejo	Pozo Sarmiento	38	35.4	10.0	0.49	0.28	2.50	56.0	18.0
S. Francisco	Caimancito	30	11.5	4.3	-0.04	0.37	2.44	20.0	2.00
Bermejo	El Colorado	32	37.1	20.7	0.74	0.56	2.46	86.0	10.0

Tabla 87. Estadísticos de caudales diarios mínimos anuales. Aportes por la margen derecha al río Uruguay.

Curso	Estación	N	Media (m ³ /s)	Desvío (m ³ /s)	CS	CV	CK	Max (m ³ /s)	Min (m ³ /s)
Aguapey	Caa Carai	20	0.3	0.8	3.08	2.35	8.80	3.15	0.00
Aguapey	La Sirena	20	1.4	1.9	1.95	1.35	5.54	7.58	0.00
Miriñay	San Roquito	21	1.6	3.3	3.68	2.04	13.12	15.0	0.00
Miriñay	P. Ledesma	28	2.3	3.9	2.47	1.69	7.07	14.7	0.00
Gualeduaychú	R. P. 39	17	0.5	0.3	0.73	0.15	2.48	1.31	0.08

Tabla 88. Estadísticos de caudales diarios mínimos anuales. Ríos Principales.

Curso	Estación	N	Media (m ³ /s)	Desvío (m ³ /s)	CS	CV	CK	Max (m ³ /s)	Min (m ³ /s)
Iguazú	Pto Andresito	26	423	143	-0.28	0.34	1.94	669	181
Paraguay	Pto Pilcomayo	41	2208	1012	1.32	0.46	5.30	5891	732
Paraguay	Pto Bermejo	21	2710	1130	0.80	0.42	3.71	5817	868
Paraná	Itatí	38	8806	1237	-0.24	0.14	2.93	11437	5649
Paraná	Corrientes	42	11888	1876	-0.29	0.16	4.63	16861	6430
Uruguay	El Soberbio	24	366	122	0.49	0.33	3.38	699	152
Uruguay	Garruchos	31	548	186	0.20	0.34	2.16	956	207
Uruguay	P. de los Libres	43	715	311	0.53	0.44	2.02	1451	281

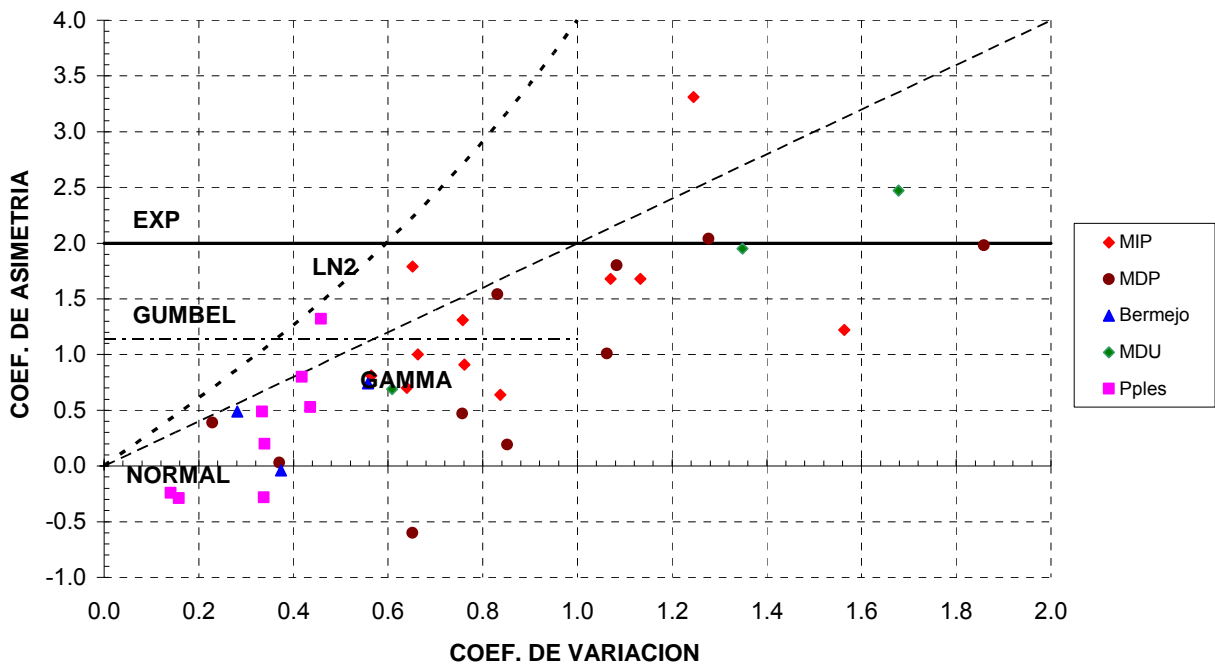


Figura 74. Diagrama de momentos CV vs. CS. Caudales diarios mínimos anuales.

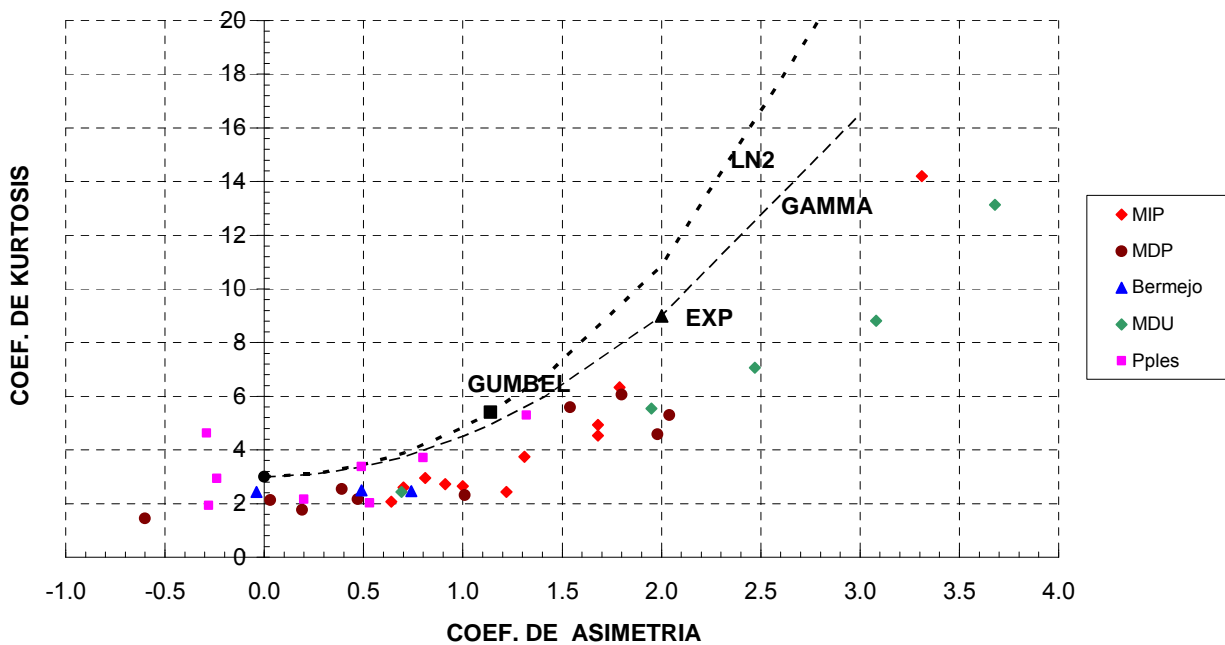


Figura 75. Diagrama de momentos CS vs. CK. Caudales diarios mínimos anuales.

4.3.5.2. Inferencia para distintas recurrencias

Dado que en muchas estaciones correspondientes a los pequeños cursos, los caudales diarios mínimos son inferiores al m^3/s , para no perder significación, se adoptó el criterio de expresarlos en litros por segundo, lts/s.

La distribución seleccionada es la **GEV**, mediante la cual se calculan los caudales diarios mínimos anuales que se pueden presentar o ser superados con probabilidad anual del 50, 80, 90 y 95 %, que se corresponden con recurrencia de 2, 5, 10 y 20 años, de que se den valores inferiores. Estos caudales esperados se presentan en las Tabla 89 a Tabla 93.

Tabla 89. Caudales diarios mínimos anuales. Margen izquierda río Paraná.

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50 %	80 %	90 %	95 %
Caudales mínimos (lts/s)					
Piray Miní	Valle Hermoso	626	321	191	95.7
Piray Guazú	Pinar Ciba	1134	566	348	197
Paranay	El Alcazar	920	543	386	273
Santa Lucía	Santa Lucía	5087	1766	609	0.00
Batel	P. Cerrito	3143	724	0.00	0.00
Barrancas	P. La Llana	285	18.3	0.00	0.00
Guayquiraró	P. Juncué	69.5	1.10	0.00	0.00
Feliciano	P. Medina	680	303	152	44.5
Nogoyá	R.P. 11	1870	1089	777	555
Gualeguay	R. del Tala	5467	2939	1943	1239
Caudales mínimos (m^3/s)					
Corriente	P. Lucero	28.4	10.1	3.00	0.00
Corriente	Los Laureles	36.7	11.1	1.90	0.00

Tabla 90. Caudales diarios mínimos anuales. Margen derecha río Paraná.

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50 %	80 %	90 %	95 %
Caudales mínimos (lts/s)					
Tapenagá	Florencia	716	273	78.5	0.00
Los Amores	V. Ocampo	110	0.20	0.00	0.00
El Rey	Moussy	1139	300	0.00	0.00
Malabrigo	R.N. 11	816	363	95.3	0.00
El Toba	Margarita	331	84.7	0.00	0.00
Saladillo A.	V. Mujica	868	307	124	7.70
Pavón	Coronel Bogado	2331	1883	1677	1519
Del Medio	La Emilia	1018	306	0.00	0.00
Caudales mínimos (m³/s)					
Salado	R.P. 70	15.9	6.80	3.20	0.60
Carcarañá	Pueblo Andino	28.0	18.8	14.3	10.7

Tabla 91. Caudales diarios mínimos anuales. Aportes por el río Bermejo.

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50 %	80 %	90 %	95 %
Caudales mínimos (m³/s)					
Bermejo	Pozo Sarmiento	34.0	26.6	23.3	20.9
S. Francisco	Caimancito	11.3	7.70	5.90	4.60
Bermejo	El Colorado	33.0	19.4	13.8	9.70

Tabla 92. Caudales diarios mínimos anuales. Margen derecha río Uruguay.

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50 %	80 %	90 %	95 %
Caudales mínimos (lts/s)					
Aguapey	Caa Carai	79.5	14.0	0.00	0.00
Aguapey	La Sirena	787	121	0.00	0.00
Miriñay	San Roquito	570	65.6	0.00	0.00
Miriñay	P. Ledesma	945	138	0.00	0.00
Gualedguaychú	R. P. 39	476	253	159	90.5

Tabla 93. Caudales diarios mínimos anuales. Ríos principales.



CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50 %	80 %	90 %	95 %
Caudales mínimos (m³/s)					
Iguazú	Pto Andresito	426	296	229	174
Paraguay	Pto Pilcomayo	2020	1378	1111	917
Paraguay	Pto Bermejo	2564	1741	1376	1102
Paraná	Itatí	8820	7666	7076	6599
Paraná	Corrientes	11903	10286	9462	8797
Uruguay	El Soberbio	357	258	212	176
Uruguay	Garruchos	534	380	308	252
Uruguay	P. de los Libres	664	443	348	277

De acuerdo a éste análisis se observa que en la mayoría de los casos, los cursos pequeños y algunos medianos de la región tendrían escurrimiento nulo en al menos 1 día con recurrencias de entre 10 y 20 años y además con recurrencia de 2 años presentarían mínimos diarios inferiores a 2 ó 3 m³/s.

5. Apreciaciones sobre posible incidencia del cambio y/o de la variabilidad climática

La cantidad de agua superficial a usar para riego complementario en un horizonte de planificación de mediano plazo entre 30 a 40 años estará sujeta sin dudas a la incidencia que tenga la variabilidad y/o el cambio climático sobre las demandas de agua y sobre la disponibilidad de la misma.

La incidencia sobre la demanda de agua está directamente relacionada con los escenarios de precipitación y temperatura que determina la evapotranspiración y en función de ambos fenómenos se determina el balance hidrometeorológico resultante. Esta cuestión ha sido extensamente tratada en el Informe correspondiente a c) Determinación de Demandas Hídricas de los modelos productivos, desarrollado por el Centro Regional Andino.

De dicho informe se reseña los escenarios de Cambio Climático que han sido considerados y que son:

“Núñez et al., (2010) hacen referencia a dos escenarios definidos por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) denominados: A2 y B2. El primero supone un mundo heterogéneo, con preservación de las identidades locales, alta tasa de crecimiento poblacional, desarrollo económico regional e inferior al de otras líneas narrativas. Por su parte, B2 supone un mundo con énfasis en las soluciones locales, un aumento continuo de la población (menor que para A2) y niveles intermedios de desarrollo económico. Estos escenarios no representan condiciones extremas sino, respectivamente condiciones medias (altas y bajas) de emisión de dióxido de carbono. Una síntesis de la variación de temperatura para distintos escenarios (2020 a 2080) se presenta en la Tabla 94 siguiente:

Tabla 94. Cambio global de la temperatura (°C) de acuerdo al modelo acoplado atmosférico océano HadCM3 (Núñez et al., 2010).

Escenario de emisiones	Año 2020	Año 2050	Año 2080
B2	0.88	1.64	2.34
A2	0.88	1.87	3.29



A partir de estos escenarios y de los análisis realizados por distintos autores se infiere las posibles variaciones que podrían darse en términos de déficits y excesos hidrometeorológicos, que son presentados en el mencionado informe.

Por su parte Barros et al., (2006) en el extenso trabajo realizado sobre el cambio climático en la Cuenca del Plata, dan cuenta sobre la variabilidad de los fenómenos de precipitación, evaporación y sobre las tendencias hidrológicas, pero en base al análisis de los datos históricos. Es interesante lo referido a la variabilidad interdecadal, respecto a la cual dicen:

“Superpuestas a las tendencias climáticas forzadas por los cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero, hay variaciones de escala interdecadal que dificultan las proyecciones climáticas para el lapso que son más requeridas, es decir para los próximos 30 años. Los Modelos Climáticos Globales (GCMs) que han mostrado cierta habilidad en simular las tendencias climáticas globales de los últimos cien años, no han sido tan exitosos en describir las fluctuaciones interdecadales de ese mismo período, por lo que no se puede garantizar que lo sean para el futuro. Ello obedece a que parte de estas fluctuaciones son causadas por la variabilidad interna del sistema y son de naturaleza impredecible. A pesar de ello, en muchos casos, cuando estas fluctuaciones alcanzan cierta magnitud, se puede estimar su posterior evolución.”

En otro estudio, Pedraza et al (2010) efectuó un análisis de incidencia de los escenarios mencionados calculando el balance hidrometeorológico en 22 estaciones climáticas de la región, cuyos resultados puntuales, fueron interpolados linealmente, pero no llevados a nivel de cuencas. En las conclusiones de su trabajo, dicen:

“A partir de los resultados obtenidos, se concluye que los efectos esperados del cambio climático en la región para la década 2081-2090, considerando los escenarios de emisión A2 y B2, son los siguientes:

a) Se espera una drástica disminución de los excesos hídricos en la región. Esta disminución se producirá fundamentalmente por aumento de la evapotranspiración, debido al aumento de la temperatura del aire, e implicará una reducción tanto de la escorrentía directa como de la recarga subterránea. Los cursos locales, cuya escorrentía se genera por lluvias caídas dentro de la región en estudio, verán reducidos sus caudales medios, lo que implicará un cambio en la tendencia de aumento registrada en las últimas 3 décadas.



b) Se espera un aumento significativo de déficit hídrico en la región. Los principales impactos del aumento de déficit hídrico serán:

i) necesidad de incorporar o aumentar el abastecimiento de agua para riego en la región durante meses de primavera-verano,

ii) Dificultad para sostener la producción agrícola y el abastecimiento de agua para consumo humano con recurso hídrico local en los sectores centro-oeste de las provincias de Formosa y Chaco,

iii) posible extinción o modificación de ecosistemas en estos sectores, debido a la magnitud y permanencia de déficit hídrico durante casi todo el año.

c) Los efectos serán más severos para el Escenario A2.

d) Los resultados obtenidos en este estudio presentan las incertidumbres propias de las proyecciones climáticas, ya que se consideraron como entrada al modelo de balance valores sintéticos de lluvia y temperatura simulados por un modelo climático regional.”

Pero en ninguno de los estudios antecedentes disponibles hay estimaciones de la incidencia sobre el caudal o aportes mensuales y anuales de los cursos de agua de la región. Ello se debe a que, pasar de los balances hidrometeorológicos (Precipitación - Evapotranspiración) a derrames de un curso de agua, exige el estudio de la transformación lluvia-caudal en el área de aporte de la cuenca considerada y tener en cuenta en ello los procesos de almacenamiento de agua (superficial, de humedad del suelo y freática). Para ello es necesario el uso de modelos

Saurral y Barros (2009) intentaron la utilización de un modelo hidrológico distribuido para simular a gran escala algunos cursos de la Cuenca del Plata, Utilizaron las salidas de precipitaciones y temperaturas de tres modelos climáticos (CNRM-CM3, ECHAM5-MPI/OM Y GFDL-CM2.0) para simular los caudales observados en el período 1990-1999. “Los resultados muestran que los tres modelos presentan serias deficiencias en la representación del ciclo hidrológico y que esas diferencias están principalmente explicadas por los importantes errores que tienen en los patrones de precipitación y temperatura sobre el sur de Sudamérica. Esto determina un fuerte impedimento al potencial uso que se podría dar a estos modelos para inferir posibles cambios futuros en los caudales de los ríos de la región.”

De sumo interés resulta la diferenciación que hacen Bertoni et al (2010) en relación con el cambio y variabilidad climática: “Aunque la variabilidad climática, el cambio climático y



la variabilidad hidrológica son tres fenómenos diferenciados, e interrelacionados, el correcto tratamiento de ellos exige diferenciarlos claramente. La variabilidad climática es entendida como las variaciones del clima en función de los condicionantes naturales del globo terrestre y de sus interacciones. El cambio climático, por su parte, es entendido como las alteraciones de la variabilidad climática producto de las acciones antrópicas (hipótesis sustentada por algunos grupos científicos), o debido a variaciones naturales entre las que se destaca la actividad solar (hipótesis alternativa sustentada por otros grupos científicos).

La variabilidad hidrológica se efectiviza cuando ocurren alteraciones sobre las principales entradas y/o salidas de un sistema hidrológico, es decir, sobre la precipitación, la evapotranspiración y/o los caudales. Sus causas son variadas, destacándose entre ellas: (a) la variabilidad natural de los procesos climáticos, (b) el impacto del cambio climático y (c) los efectos del uso del suelo y otras alteraciones antrópicas de los sistemas hídricos.

Cualquiera sean sus causas, estas alteraciones pueden significar, entre otros efectos, modificaciones en las condiciones originalmente supuestas en el proyecto (o diseño) hidrológico de una obra hídrica. Ello puede derivar en el aumento de la incertidumbre asociada al normal funcionamiento de la obra y hasta en el incremento del riesgo por daños potenciales y/o irreversibles de la estructura.”

En las conclusiones del Seminario – Taller sobre Criterios para la determinación de crecidas de diseño en sistemas climáticos cambiantes, Paoli y Malinow (2010), se dice:

“Los cambios que se verifican en los regímenes hidrológicos responden a diversas causas, entre ellas las debidas al cambio climático y/o variabilidad climática, por lo que se propone referirse a los efectos del “cambio global”, que incluye también otro tipo de causas que modifica las relaciones hidrológicas, como pueden ser fundamentalmente los cambios en la ocupación y uso del suelo.

Existen en la bibliografía y en investigaciones académicas un gran número de herramientas de análisis de homogeneidad de series hidrológicas y de aplicaciones. Sin embargo, en el país no se cuenta con un resumen de resultados que se oriente a su utilización en la ingeniería de diseño; también se detecta una baja interacción entre especialistas que tratan el tema (climatólogos – hidrólogos – hidráulicos, etc.).



En cuanto a la series de trabajo, en aquellas donde se detecten falencias de homogeneidad en las mismas, resulta conveniente trabajar con las series más representativas (aquellas que mejor reflejen el comportamiento actual del sistema y previsto en el futuro), teniendo en cuenta diferentes escenarios posibles. Asimismo los resultados de los análisis estadísticos deben ser sistemáticamente revisados luego de transcurrido un período del orden de los 25 años y/o ante la aparición de eventos extremos de significación.”

En un estudio de modelación a nivel de cuenca de dimensiones mediana-pequeña (9.600 km²), Paoli et al (2013), comparan con el uso del modelo de transformación lluvia caudal (HEC-HMS), el escurrimiento bajo diferentes condiciones de infraestructura del territorio (camino y canales), de uso del suelo y de régimen pluviométrico. Concluyen en que: “El cambio en el régimen pluviométrico que se manifiesta por un aumento de los montos anuales precipitados, con mayor ocurrencia en los meses más lluviosos y el aumento de la frecuencia de valores extremos, es el principal factor en el incremento de la esorrentía media de la cuenca y de la magnitud de las crecidas. Además indirectamente se produce una elevación de los niveles freáticos que da lugar a una menor capacidad de almacenamiento. En situación de años húmedos y con el nivel freático alto, se favorecen los anegamientos subsuperficiales y superficiales, situaciones éstas que conllevan luego un período estacional o años de recuperación.

Los cambios en el uso del suelo en los últimos 20 a 30 años tiene una influencia diferente según la porción de la cuenca considerada y según las características físicas de las subcuencas, resultando más importantes los cambios producidos en las áreas de aporte directas en el tramo inferior y prácticamente despreciable en la parte superior de la cuenca.

Las obras de canalizaciones y drenaje tienen también diferente afectación según las subcuencas que se analizan y sus características físicas. Adicionalmente, influye la recurrencia de las tormentas, puesto que por tratarse de canalizaciones para saneamiento agrícola dimensionadas para bajas recurrencias (5 a 10 años), cuando ocurren tormentas de mayor recurrencia se desbordan impidiendo conducir todos los excesos y por lo tanto su efecto sobre los caudales picos es menor que para las recurrencias bajas.”

Claramente se concluye que con los estudios antecedentes disponibles y el grado de conocimiento actual, no es posible establecer cuantitativamente cual será la incidencia



de los cambios globales esperados en la disponibilidad de caudales superficiales de los cursos de la región.

Por lo tanto para hacer estimaciones de interés desde el punto de vista de las cantidades de agua que se pueden utilizar para riego complementario, es necesario establecer una estrategia y una serie de estudios complementarios que puedan resultar de verdadera utilidad para la toma de decisiones y que necesariamente serán diferentes, de acuerdo a las características y tamaño de las cuencas consideradas.

Para los grandes cursos de la región, ríos Paraguay, Paraná y Uruguay, Cuyas áreas de aportes principales se encuentran fuera del territorio argentino y son de gran tamaño, resultaría de gran complejidad y de resultados inciertos (como se indica en algunos de los antecedentes mencionados), estudiar los procesos de transformación lluvia-caudal en dichas áreas de aporte. Para estos casos lo que se recomienda es efectuar estudios de análisis de frecuencia de los caudales mínimos esperados a través de métodos robustos que implican la generación de series sintéticas que representen distintos escenarios de población estadística, en términos de parámetros de media, desvío y coeficiente de asimetría.

De todas formas no se debe olvidar, que en casos como el del río Paraná, cuyos caudales mínimos mensuales están entre los 8.000 y 10.000 m³/s, las posibilidades de aprovechamiento son enormes. Sólo a efectos de realizar un cálculo especulativo, si se supone que en un mes determinado se requiere de unos 100 mm de lámina complementaria y que para ello se debería disponer del doble de agua (pérdidas, eficiencia, etc.), o sea, se necesitan unos 200 mm, que para regar 1ha. serían 0.002 hm³. A la vez, con una extracción de 1m³/s durante 1 mes se dispone aproximadamente de un volumen de 2.6 hm³, con lo cual se regarían 1.300 has. En principio, con 100 m³/s se abastecerían aproximadamente 130.000 ha (sin ningún tipo de regulación, y considerando "lámina de riego más pérdida" de 200 mm en un mes). Estos valores indicativos sólo reflejan la enorme potencialidad de estos cursos de agua, donde indudablemente las limitaciones para su uso en los horizontes de planificación razonables, no están dados por la cantidad de agua disponible con o sin incidencia del cambio o variabilidad climática, sino por las limitaciones de las obras de captación y conducción a los lugares de aplicación.



No obstante una actitud previsor y responsable indica que sería de interés realizar una próxima etapa un análisis de frecuencia con técnicas robustas como el indicado precedentemente.

En relación con las cuencas interiores de tamaño apreciable y con posibilidades de aprovechamiento como las que se han mencionado (como ejemplo las de los ríos Corrientes, Santa Lucía, Gualeguay, Salado, Carcarañá, etc.), donde la situación de cambio o variabilidad climática si puede resultar una limitación para la disponibilidad de caudales a utilizar, se recomienda en una próxima etapa realizar un estudio de modelación específica de cada uno de estos cursos de agua. La misma consistiría en modelar a nivel de cuenca y paso de tiempo mensual, los caudales de salida de la misma, con calibración en las estaciones de aforo disponibles. Con los modelos calibrados, se introducen luego los escenarios de precipitaciones y evapotranspiración desagregados como series temporales y con ellos se simulan series de caudales mensuales esperados.



6. Conclusiones y recomendaciones

Las precipitaciones medias anuales en la región en estudio varían de este a oeste entre máximos de 2.200 mm en el extremo noreste de Misiones, y mínimos entre 600 y hasta 400 mm en la zona central de Córdoba, Santiago del Estero y oeste de Formosa. En base al análisis del período 1971 – 2010, el régimen de precipitaciones anuales presenta para la mayor parte de esta región una tendencia al aumento de precipitación anual desde los años 70 u 80 hasta el 2000, y luego una leve tendencia a la disminución hacia el año 2010. Presenta asimismo una tendencia a agrupar años húmedos (por encima de la media), años secos (por debajo de la media) en períodos de entre 3 a 5 años e intercalarse con otros períodos de alternancia (por encima y por debajo de la media). Estas tendencias no son homogéneas ni de la misma intensidad para toda la región.

En cuanto a la distribución en el año, la tendencia general en toda la región indica un ciclo unimodal, con mínimos en invierno y máximos en verano-otoño, no homogéneo, sobre todo desde el punto de vista de la disminución invernal de las lluvias. En el extremo nordeste de la región esta disminución invernal es poco marcada y se va acentuando hacia el oeste, siendo muy marcada en las estaciones de Córdoba y Santiago del Estero.

Dada la alta variabilidad a nivel anual y mensual, se determinaron años reales característicos de condiciones húmedas, medias y secas, a efectos de poder determinar necesidades de riego complementario bajo estas condiciones. Del análisis se concluye que no existen años reales Húmedos y Secos que abarquen a toda la región con la misma probabilidad, lo que indica que las condiciones de excesos o déficits de agua deben considerarse y gestionarse por subregiones menores.

En relación al estudio de la disponibilidad de aguas superficiales, en la región se encuentran tres grandes sistemas hídricos que corresponden a las cuencas de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, con la particularidad de que los ríos principales del mismo nombre, se alimentan mayoritariamente con aportes externos a la región en estudio y fuera del territorio argentino, por lo que son analizados en forma independiente con los registros de sus estaciones en Argentina.



Para las áreas interiores a la región en estudio, las cuencas se dividieron en aportes de margen izquierda y derecha del río Paraná, aportes de margen derecha del río Uruguay y aporte de margen derecha del río Paraguay.

Al no disponerse de datos medidos en todos los cursos interiores y en otros casos no para toda la cuenca de aporte del curso, se efectuó un trabajo de regionalización de caudales medios anuales, basado en las áreas de aporte medidas y su correlación con características climáticas y físicas, de forma tal de encontrar ecuaciones regionales que vinculen el caudal medio anual con estas características y poder así hacer estimaciones de escurrimiento medio anual en áreas de aportes no aforadas.

La metodología utilizada es válida para obtener caudales medios anuales a nivel preliminar, y derivar luego los % de tiempo con los que se presentan los caudales y la distribución temporal de los mismos en el año. Debe tenerse en cuenta, como en todo estudio hidrológico, que los resultados tienen una alta dependencia de la cantidad y calidad original de la información.

Asimismo debe considerarse que en muchas cuencas intervenidas con obras de infraestructura hidráulica pueden existir derivaciones de caudales o aportes de caudales desde otras cuencas que pueden afectar los caudales utilizados como “observados”. Si bien se realizaron esfuerzos para detectar tales anomalías en función de los antecedentes disponibles, dada la característica de estudio preliminar sin verificaciones de campo, pueden estar presentes anomalías de este tipo en los datos utilizados. Estos hechos deberán verificarse en desarrollos futuros del estudio, los cuales permitirán corregir o validar las ecuaciones aquí suministradas.

Las ecuaciones de regresión indicadas deben ser aplicadas con criterio hidrológico – ingenieril, respetando los límites extremos de los parámetros de cálculo utilizados en cada caso y comparando la cuenca o subcuenca donde se aplique con las características globales de las cuencas utilizadas en el cálculo.

En cuencas donde exista una cantidad apreciable de estaciones de observación de caudales, será siempre preferible el uso directo de la información observada.

Por tal razón para las series de caudales medidos se efectuó un cuidadoso estudio de análisis de frecuencia a nivel de caudales anuales, mensuales y mínimos diarios, lo que permite determinar para cada caso los caudales que se espera sean superados con el 50, 80, 90 y 95 % de probabilidad anual.



Los grandes ríos de la región, Paraná, Paraguay, Uruguay, no tienen limitación en cantidad y calidad para suministrar agua para riego complementario. La limitación está dada porque requieren obras de captación y distribución importantes con bombeo, donde la distancia de aplicación es un factor muy importante. Para el Paraná y Paraguay, la presencia de años secos o abundantes en escurrimiento está determinada por el régimen de lluvias de sus cuencas de aporte, fuera del territorio argentino y en la mayoría de las situaciones no guarda correspondencia con el estado de humedad de las cuencas interiores en la región en estudio.

Para los afluentes medianos-chicos, como ríos Salado, Corriente, Miriñay, Gualeguay, Carcarañá y otros, la cantidad y oportunidad de sus escurrimientos pueden resultar de interés como fuente de provisión de riego complementario, aunque se desconoce cual son las condiciones de calidad, sobre todo en situación de estiajes. Debe tenerse en cuenta que en estos cursos, el régimen de escurrimiento sí guarda directa relación con el régimen de lluvias de la región, por lo cual, cuando se presentan años secos o sucesión de meses sin lluvias en que aumentan las demandas de riego complementario, seguramente el caudal disponible disminuirá significativamente.

Para los afluentes pequeños, los módulos anuales y los aportes mensuales en determinadas épocas del año son muy escasos y la condición descrita anteriormente se hace crítica, por lo que se estima como muy limitada la posibilidad de su aprovechamiento. Por otra parte, se desconoce las limitaciones de calidad que puedan presentar.

Para los posibles aprovechamientos que se planteen, debe recordarse que se deben realizar los estudios de caudal ecológico y ambiental mínimos a preservar en cada caso.

A partir de los estudios de caracterización regional de las demandas y de las disponibilidades hídricas superficiales y subterráneas se podrá seleccionar las zonas de mayor interés en las cuales indefectiblemente se debe avanzar en estudios de semidetalle para poder abordar proyectos específicos.



7. Referencias bibliográficas

- Barros, V.; Clarke, R. y P. Silva D., (2006). El cambio climático en la Cuenca del Plata. CONICET. ISBN 950-692-066-4. Buenos Aires.
- Bertoni, J. C. y F. Ganancias. (2010). Comportamiento hidrológico y criterios del diseño de obras hídricas en sistemas climáticos cambiantes: reflexiones y análisis de casos. Publicación del Seminario-Taller Criterios para la determinación de crecidas de diseño en sistemas climáticos cambiantes. Ediciones UNL. ISBN 978-987-657-371-9. Santa Fe.
- Bianchi, A.R. y S.A. Cravero. (2010). Atlas Climático Digital de la República Argentina. INTA. Versión digital.
- Cacik P.A.; M. Vallejos, C.U. Paoli y J.E. Bolzicco. (1998). "Modelo AFM. Versión Actualizada Modelo Afmulti Bajo Entorno Windows". XVII Congreso Nacional del Agua y II Simposio de Recursos Hídricos del Conosur. Santa Fe, Agosto de 1998.
- Cacik, P.A.; C.U. Paoli y J.E. Bolzicco. (1990). "Programa AFMOM". FICH- UNL.
- CIRN Instituto de suelos-INTA, (1995). Atlas de suelo de la República Argentina. Versión digital con colaboración de Aeroterra.
- Eletrobrás. (1985). "Metodología para regionalização de vazoes". Centrais Elétricas Brasileiras SA. Diretoria de Planejamento e Engenharia. Departamento de Recursos Energéticos. Volume I. Guia Metodológica para regionalizacao de Vazoes. Brasil.
- FICH. (2000). "El Río Paraná en su tramo medio. Contribución al conocimiento y prácticas ingenieriles en un gran río de llanura". Ediciones UNL. 2 tomos.
- INCYTH-CRL. (1986) Caracterización hidrológica de la cuenca del río Salado. Informe final del Proyecto INCYTH-BID 3.1. Santa Fe.
- Instituto Nacional del Agua. (2004). La cuenca del río Salado y la crecida de Abril de 2003. Editor: INA. ISBN N° 987-20109-3-5.
- Kite, G.W., (1977). "Frequency and risk analyses in hydrology". Water Resources Publications. ISBN-0-918334-23-3.



- Ministerio de Agua, Servicios Públicos y Medio Ambiente. (2011). Plan director de los Recursos Hídricos de la Provincia de Santa Fe. Convenio entre el MASPOMA, el CRL-INA y la FICH-UNL.
- Paoli, C.U.; P.A. Cacik y J.E. Bolzicco. (1996). Análisis de Frecuencia de Variables Hidrológicas. Inédito, FICH – UNL.
- Paoli, C.; Hämmerly, R. y R. Giacosa. (2008). Influencia de los cambios climáticos y de usos del suelo en el régimen de escurrimiento de una cuenca agrícola de llanura. XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias, Colombia, 2 al 6 de septiembre de 2008. ISBN 978-958-719-075-5.
- Paoli, C. y G. Malinow (editores). (2010). Conclusiones. Publicación del Seminario-Taller Criterios para la determinación de crecidas de diseño en sistemas climáticos cambiantes. Ediciones UNL. ISBN 978-987-657-371-9. Santa Fe.
- Paoli, C.; Hämmerly, R.; Giacosa R.; Sosa D.; Cacik P. y A Villordo. (2013). Los cambios Globales en el régimen hidrológico de la Cuenca del Arroyo Cululú. Capítulo 24 del libro - Bases conceptuales y metodológicas para el Ordenamiento Territorial en el Medio Rural - Región Centro, Argentina. Libroclíc Ediciones ISBN 978-987-29233-0-3
- Pedraza Raúl, Ma. del Valle Morresi, Graciela Pusineri y Mónica D'Elía. (2010). Efectos del cambio climático sobre la disponibilidad de recursos hídricos en la región Litoral-Mesopotamia (Argentina). Ingeniería del Agua, Vol. 17, No 2, Argentina.
- Saurral, R. y V. Barros. (2009). Estudio de la climatología y la hidrología de la Cuenca del Plata en un conjunto de modelos climáticos globales. Meteorológica, 34, 5-15.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. (2010). Atlas 2010 "Cuencas y regiones hídricas superficiales de la Republica Argentina". Versión digital.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. (2010). Estadística Hidrológica 2008/2009. Red Hidrológica Nacional. ISBN 978-987-98869-6-0. 2 tomos.
- Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación. (2010). "Estadísticas hidrológicas 2008-2009" Secretaria de Obras Públicas. 2 tomos. ISBN: 978-987-98869-6-0.
- Tucci, C.E. (2002). "Regionalização de vazoes". Ed Universidade UFRGS. ISBN 85-7025-615-9.



U.S. Department of Energy Energy .Efficiency and Renewable Energy Wind and Hydropower Technologies, (2004). Water Energy Resources of the United States with Emphasis on Low Head/Low Power Resources.

Vogel R.M.; I. Wilson and Ch. Daly, (1999). *Regional Regression Models of Annual Streamflow for the United States*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. MAY/JUNE.

Paginas WEB:

Sistema Nacional de Información Hídrica, <http://www.hidricosargentina.gov.ar/>.

Shuttle Radar Topography Mission (SRTM-USGS), <http://srtm.usgs.gov/index.php>

Instituto Geográfico Nacional (IGN), <http://www.ign.gob.ar/sig250>



8. Planos