

Distribución de la precipitación y la evapotranspiración en territorio argentino de Cuenca del Plata

Distribution of precipitation and evapotranspiration on the Argentine territory of the La Plata Basin

HÄMMERLY, R.¹; PAOLI, C.^{1,2} & DUARTE, O.C.^{1,3}

(1) Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, Ciudad Universitaria, 3000 Santa Fe, Argentina (e-mail: rhammer@fich.unl.edu.ar)

(2) Centro Regional Litoral del Instituto Nacional del Agua, Argentina

(3) Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos, Entre Ríos, Argentina

DOI:10.17979/cadlaxe.2018.40.0.4913
enviado 2/1/2018 aceptado 12/12/2018

Abstract

Land management and land use planning need a sound knowledge of the available natural resources, and water is one of the most important of these resources. Accurate determination of the water balance and available water for different uses requires a rather dense network of hydrometeorological measurements. Precipitation (P) and potential evapotranspiration (ETP) are two terms of the water balance of major research interest in several disciplines, including Hydrology, Climatology and Agronomy. Meteorological station networks provide P and ETP data, which are commonly used for interpolation. This study analyses the spatial and temporal distribution of P and ETP on the Argentina territory of the La Plata basin. The

analysis covers the 1970-2010 period and the data sets studied were provided by the National Water Resources Authority (SSRH), National Meteorological Service (SMN) and National Agricultural Technology Institute (INTA). The study was conducted both, at the annual and monthly temporal scales. Missing data were estimated using conventional methods. Pluviometry was available for 94 locations, while ETP was estimated from meteorological data at 38 weather stations using the Penman-Monteith method. The results showed specific trends for the spatial and temporal distribution of P and ETP. Average annual rainfall ranged from 499 mm to 2077 mm. Most of the studied area of the La Plata basin in Argentina is lowlands or plains, where P shows a strong trend to increase from east to west; however to the west of the plains, in Andes region, P may increase with altitude. Average annual ETP ranged from 899 mm to 1719 mm. Roughly, ETP decreases as P increases, even if there is not a total overlap of maxima and minima values of these two variables. Subsequently, the Chaco Seco region located to west of the plains ETP becomes higher than P. Analysis of temporal variability of yearly rainfall in the period 1970-2010 showed a clear increasing trend from 1970s to 2000, followed by a modest decreasing trend between 2000 and 2010. The information obtained in this study is highly important for water resource management and allocation planning, hydrological modelling, recharge assessment, and irrigation scheduling.

Key words: La Plata Basin, Argentina, rainfall, evapotranspiration, spatial and temporal variability

Resumen

La planificación y gestión del territorio necesitan un acabado conocimiento de la disponibilidad de los recursos naturales, y el agua es uno de los más importantes. La determinación precisa del balance de agua y el agua disponible para diferentes usos requiere de una red bastante densa de mediciones hidrometeorológicas. La precipitación (P) y la evapotranspiración potencial (ETP) son dos términos del balance hídrico de mayor interés en varias disciplinas, incluida la hidrología, la climatología y la agronomía. Las redes de estaciones meteorológicas proporcionan datos de P y ETP, que son comúnmente usadas para la interpolación. Este trabajo analiza la distribución espacial y temporal de P y ETP en el territorio argentino de Cuenca del Plata. El análisis abarca el período 1970-2010 cuyos datos fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). El estudio se realizó tanto a escala anual como mensual. Los datos faltantes se estimaron utilizando métodos convencionales. La pluviometría estaba disponible para 94 estaciones, mientras que la ETP se estimó a partir de datos meteorológicos en 38 estaciones, utilizando el método de Penman-Monteith. Los resultados mostraron tendencias para la distribución espacial y temporal de P y ETP. La precipitación media anual osciló entre 499 mm y 2077 mm. La mayor parte del área estudiada de la cuenca del Plata en Argentina es de planicie o llanuras, donde P muestra una fuerte tendencia a aumentar de este a oeste; sin embargo, al oeste de las llanuras, en la región de los Andes, P aumenta con la altitud. El promedio anual de ETP osciló entre 899 mm y 1719 mm. Generalmente, la ETP disminuye a medida que P aumenta, incluso

si no hay una superposición total de los valores máximos y mínimos de estas dos variables. Posteriormente, en la región de Chaco Seco ubicada al oeste de la planicie, la ETP se vuelve más alta que P. El análisis de la variabilidad temporal de la precipitación anual en el período 1970-2010 mostró una clara tendencia creciente desde 1970 hasta 2000, seguida de una modesta tendencia decreciente entre 2000 y 2010. La información obtenida en este trabajo es muy importante para la gestión de los recursos hídricos y la planificación en la asignación del recurso, el modelado hidrológico, la evaluación de la recarga y la programación del riego.

Palabras Claves: Cuenca del Plata, Precipitación, Evapotranspiración, Variabilidad espacial y temporal

INTRODUCCIÓN

Los procesos básicos que incluye el ciclo hidrológico son: precipitación evapotranspiración, infiltración, percolación y escorrentía. La precipitación se genera en la atmósfera por condensación del vapor de agua; ocurre cuando las nubes, alcanzan un punto de saturación. La evapotranspiración, puede ser considerada, como el proceso combinado de evaporación desde superficies líquidas y de transpiración o vaporización del agua líquida de los tejidos de las plantas. Tanto la evaporación como la transpiración varían según la radiación, la temperatura, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. El término evapotranspiración potencial (ETP) se refiere a la cantidad de agua que podría pasar a la atmósfera si las disponibilidades de agua fuesen ilimitadas. Por tanto, la ETP se define como la tasa máxima de transferencia de agua desde la cubierta vegetal, superficies libres de agua, suelo y vegetación en unas condiciones óptimas de suministro, con el suelo y vegetación existente. La ETP se diferencia de la evapotranspiración real (ETR) en que en esta última se tienen en cuenta las disponibilidades de agua.

La ETP es una componente del balance de agua y un parámetro importante en la definición de las necesidades hídricas de los cultivos, por lo tanto tiene una importancia hidrológica y agronómica. En los procesos de evapotranspiración existen dos medios intercambiantes agua y aire, y muchos de los factores que influyen en el proceso están relacionados entre sí, ésta dependencia dificulta la tarea de analizarlos independientemente. Pueden ser agrupados en dos categorías según sean propios de la atmósfera ambiente en la vecindad de la superficie evaporante o referidos a la superficie evaporante pro-

piamente dicha. Cuando nos referimos a la ETP, nos independizamos de considerar la naturaleza y el estado de la superficie evaporante, sin embargo la estimación de la evapotranspiración potencial sigue resultando compleja debido a que se determina por una serie de variables meteorológicas de difícil evaluación por su efecto relativo como: radiación solar, déficit higrométrico, temperatura del aire, insolación, velocidad del viento y presión barométrica.

Partiendo del conocimiento de la precipitación y de la evapotranspiración mensual estimada, se puede estudiar y modelizar los caudales en el cierre de cuencas, o en secciones de control intermedias, y el balance del agua en el suelo a lo largo del año. Por tanto, los datos de precipitación y ETP son necesarios para definir la falta y excesos de agua y encuentra aplicación, entre otros, para caracterizar la hidrología de una zona, la planificación hidráulica, la evaluación del consumo de agua y las necesidades de riego de los cultivos y las clasificaciones climática. Hay que destacar además que la precipitación y la ETP son datos de entrada para la modelización en disciplinas como la Agronomía, la Hidrología la Climatología y la Conservación de suelos. Ejemplo de ellos son en Agronomía ISAREG (PEREIRA et al., 2003) y en Hidrología HEC-HMS (Hydrologic Modeling System, USACE, 2000) y SWAT (Soil and Water Assessment Tool, ARNOLD et al., 1993); CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas, CEDEX, 2003a), entre otros.

En definitiva, actualmente para planificar y gestionar el territorio se requiere del conocimiento acabado de los recursos disponibles, siendo el agua uno de los más importantes. Para que las demandas de agua sean satisfechas se requiere evaluar la asig-

nación del recurso. Es por lo tanto necesario contar con la información para conocer los volúmenes de agua disponibles para ser distribuidos en el tiempo y en el espacio, esta información se refiere tanto a la precipitación como a la evapotranspiración, consideradas como variables de entradas y salidas de las cuencas en los periodos considerados.

La Cuenca del Plata es, sin dudas, la más importante unidad geográfica Argentina, en términos estratégicos, económicos, sociales, administrativos y políticos. Es por ello que una adecuada gestión desde el conocimiento de la oferta hídrica redundará en beneficios de productividad y desarrollo junto con premisas de equidad social y sustentabilidad ambiental y eficiencia económica (HÄMMERLY et al., 2014).

Dicha cuenca es la quinta más grande del mundo y la segunda en importancia en América de Sur. Es compartida por cinco países: gran parte de Brasil; el suroeste de Bolivia; el oeste de Uruguay; todo el Paraguay y el norte y centro-este de Argentina, con regiones como la Mesopotamia, el Chaco (Húmedo y Seco) y la Pampa Húmeda, incluyendo también la Puna. Esto nos da una idea de las características bien diferenciadas de las subcuencas.

Tiene una superficie aproximada de 3.100.000 km², equivalente al 17 % de la superficie de América del Sur. La mayor parte de esta área de drenaje se encuentra en Brasil, donde alcanza 1.415.000 km², luego le sigue la Argentina con 920.000 km², Paraguay, 410.000 km², Bolivia, 205.000 km² y Uruguay 150.000 km² (PAOLI & SCHREIDER, 2000).

En su hidrografía se encuentran tres grandes sistemas: el Paraná, el Paraguay y el Uruguay, con superficies de 1.510.000 km², 1.095.000 km² y 365.000 km² respectivamente,

correspondiendo los restantes 130.000 km² a la cuenca propia del río de la Plata. El Paraná y el Uruguay concurren a formar el río de la Plata, mientras que el Paraguay tributa directamente al Paraná. Por sus cauces escurren importantes volúmenes de agua, con caudales módulos del río Paraná en Posadas del orden de los 14.000 m³/s, luego recibe los aportes del río Paraguay de unos 5.000 m³/s, lo que resultan unos 19.000 m³/s en la sección de Corrientes, para descargar en el río de la Plata un caudal de 19.700 m³/s que junto al caudal del río Uruguay de 7.000 m³/s y los aportes propios del río de la Plata conforman un caudal total de 27.000 m³/s. Los caudales específicos varían entre 1 l/s/km² hasta 21 l/s/km², mostrando la variabilidad regional de la cuenca (HÄMMERLY et al., 2016). El régimen de estos grandes ríos, difiere sustancialmente del de sus afluentes, no sólo por la magnitud, sino también por sus características propias, por lo tanto es conveniente la evaluación regional de las disponibilidades de agua.

Se estima que aproximadamente el 70% del Producto Bruto Interno (PBI) de los países que comparten la Cuenca del Plata es generado por actividades económicas realizadas dentro de la misma. Entre las actividades económicas se encuentra gran parte de la producción industrial y agrícola de los países que componen la cuenca. Además, en términos de generación de energía hidroeléctrica, es la segunda más importante del mundo, quedando atrás sólo de la cuenca del río Yangtze, en China. Cuatro de los cinco países que la componen: Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, dependen fuertemente de la energía hidroeléctrica producida en ríos como el Paraná, el Uruguay y sus afluentes (COLLISCHONN et al., 2015).

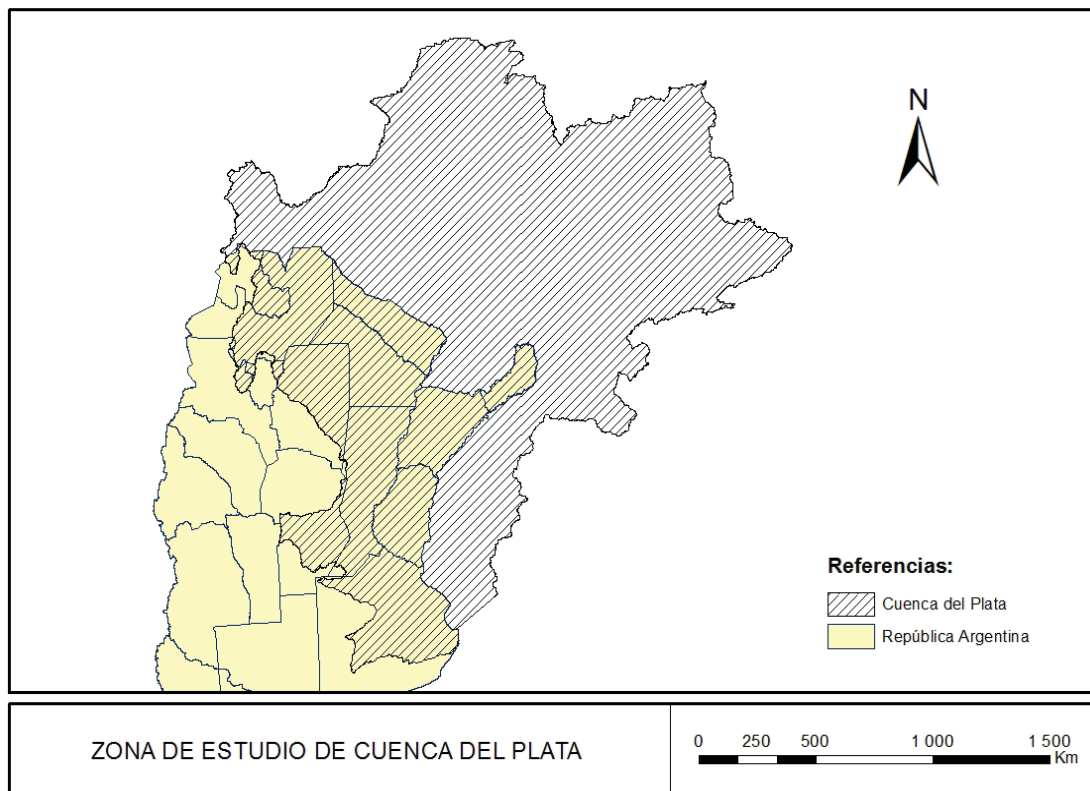


Fig. 1. Cuenca del Plata en la República Argentina y países limítrofes.

Otra actividad económica realizada en la cuenca, que es fundamental para los países de la región, y está muy relacionada con los recursos hídricos, es el transporte por vía fluvial. El río de la Plata, el río Paraná, el río Paraguay y algunos de sus afluentes se utilizan intensamente para el transporte de bienes producidos dentro y en el entorno de la cuenca. La Figura 1 muestra el área correspondiente a la porción Argentina en Cuenca del Plata.

El objetivo de este trabajo es el análisis de la distribución espacial y temporal de la precipitación y la evapotranspiración potencial en el territorio argentino de cuenca del Plata, lo que permite disponer de información confiable para ser utilizada en modelos de estimación de caudales, e incluso como línea de base para el análisis de escenarios futuros de cambio climático.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron series de datos mensuales de precipitación y de variables meteorológicas empleadas para el cálculo de la ETP, siendo el período de análisis de 40 años (1970-2010). Estas series son lo más completas posibles y confiables, y proceden de tres organismos oficiales, y de reconocido prestigio en la adquisición de datos, de la República Argentina, como se describe a continuación

Fuentes de información

Se utilizaron datos climáticos de estaciones que pertenecen a la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH), cuya localización se puede observar en la Figura 2, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN),

presentadas en la Figura 3 y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), presentadas en la Figura 4, a paso de tiempo mensual. Algunas de las estaciones posean registros sólo de precipitación, mientras que en otras se miden variables climáticas como la temperatura, la humedad relativa, las horas de sol o la velocidad del viento, a partir de las cuales se puede calcular la ETP.

El número total de estaciones pluviométricas utilizadas ha sido de 94 de las cuales 51 pertenecen a la SSRH, 25 al Servicio Meteorológico Nacional y 18 al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Resultando 13 estaciones con series completas del SMN y 11 del INTA, mientras que la mayoría de los datos pluviométricos de las estaciones que pertenecen a la SSRH comienza a partir de la década del 80 (HÄMMERLY, 2012).

El número de estaciones que han registrado otras variables meteorológicas es inferior y asciende a 38. La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación dispone solamente de 5 que finalmente no se usaron, mientras que el SMN aporta 21 de las cuales 8 poseen registros completos y al INTA le corresponden 17 de las cuales 11 no tienen faltantes. Las Figuras 2 a 4 muestran la ubicación de las estaciones de las tres fuentes.

Aunque la información analizada se refiere al período global 1970 al 2010, las diferentes estaciones y variables medidas corresponden a distintas fechas de inicio y finalización, y a la vez presentan interrupciones que han sido volcadas en gráficos de disposición de información.

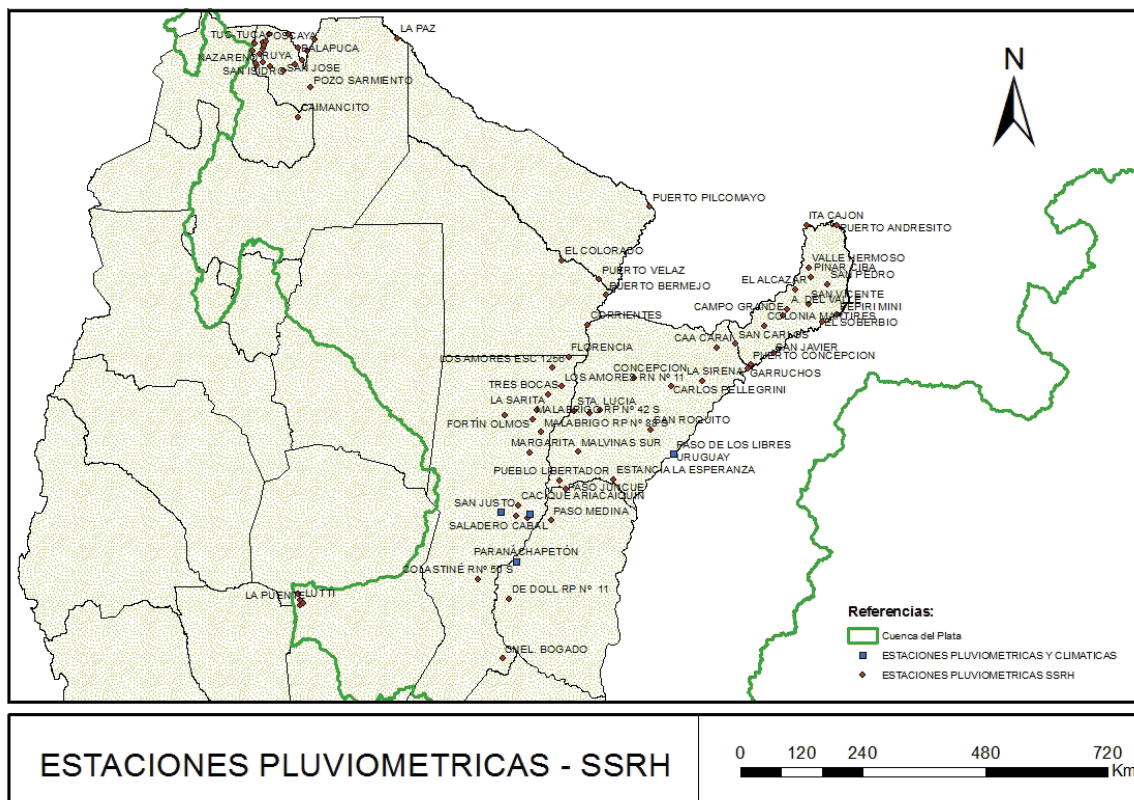


Fig. 2. Localización de las estaciones pluviométricas de la SSRH.

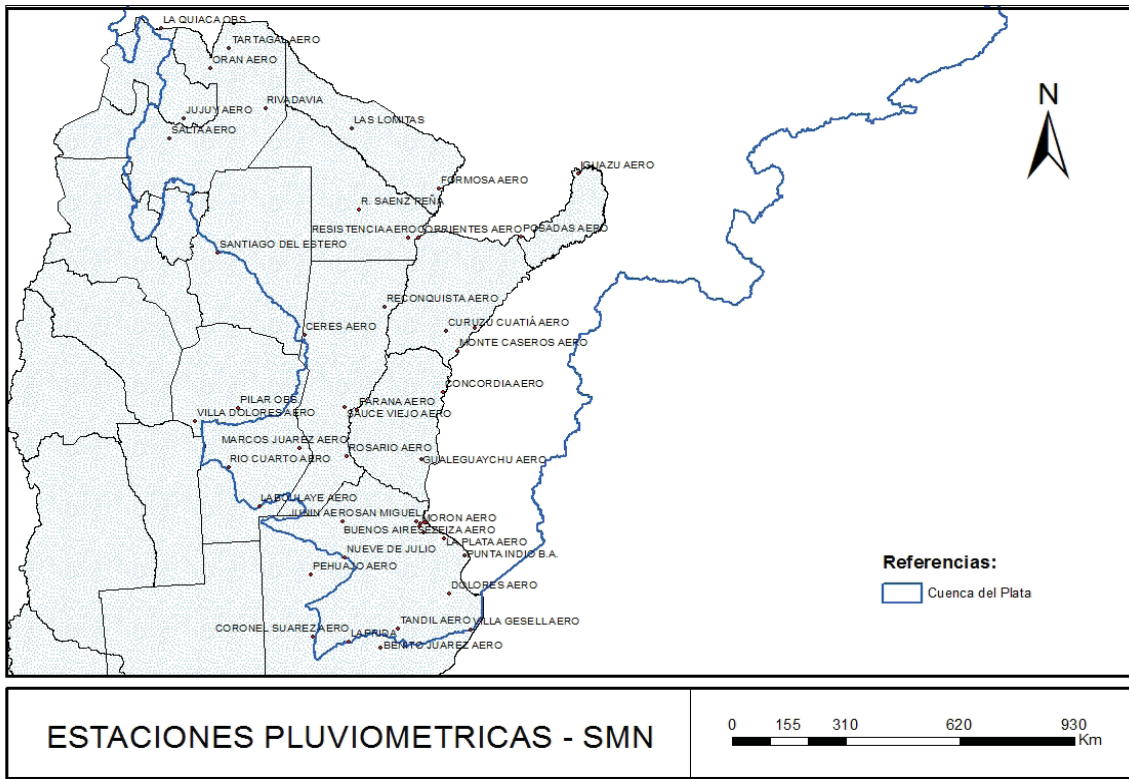


Fig. 3. Localización de las estaciones del SMN.



Fig. 4. Localización de las estaciones del INTA.

Lagunas de información y relleno de datos faltantes

En primer lugar se determinaron la cantidad de datos mensuales faltantes, y como regla general no se usaron estaciones con menos de 25 años completos. Se realizaron los diagramas de disponibilidad de datos

para la serie 1970-2010. A modo de ejemplo la Figura 5 muestra los registros de precipitación mensual para algunas estaciones pertenecientes a la SSRH en el década del 70. En estos diagramas se aprecian las lagunas de información y sirven para seleccionar períodos comunes de información entre estaciones.

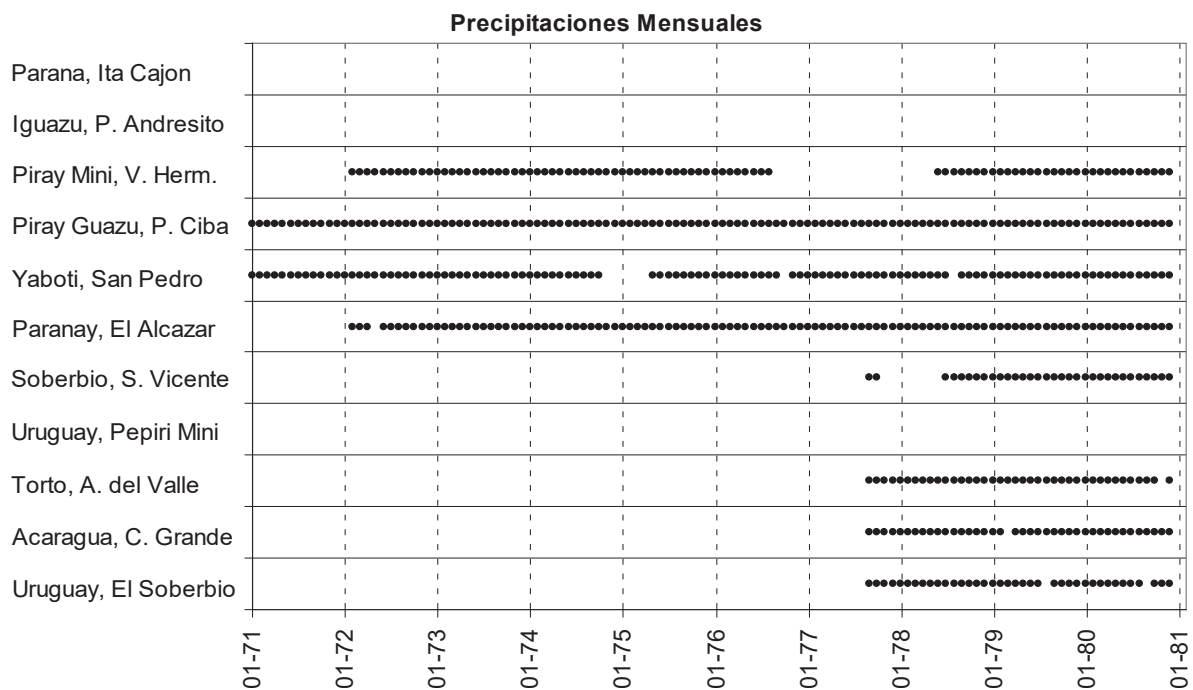


Fig. 5. Precipitaciones mensuales existentes SSRH. Período Ene 1971 a Dic 1980.

Se usaron procedimientos estadísticos apropiados para verificar la consistencia de los datos y para rellenar series con datos faltantes. Para completar las lagunas en las series de datos, se utiliza un modelo de regresión bivariado con estacionalización previa mensual de las series de datos, denominado CORMUL (CEDEX, 2003b). Este tratamiento se realizó mediante el Software CHAC desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas de España.

Estimación de la ETP

La estimación de la evapotranspiración potencial (ETP) se llevó a cabo mediante el método de Penman-Montheith, requiriéndose datos de temperatura, humedad relativa, velocidad de viento y heliofanía, los que no son comunes en todas las estaciones y una sola de estas variables que no se disponga ya limita su aplicación. Por este motivo quedaron afuera muchas estaciones que no conta-

ban con las cuatro series de datos, disminuyendo la cantidad de estaciones posibles de utilizar. El cálculo de la ETP según Penman - Montheith se realizó directamente con el programa CHAC (CEDEX, 2003a).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución areal y temporal de las precipitaciones anuales

En la Tabla 1 se presenta el listado definitivo de las estaciones empleadas, para las series de 1970-71 al 2009-10, previamente rellenadas. Las mismas fueron conformadas

en años hidrológicos de setiembre a agosto.

Fueron descartadas estaciones que no tuvieran suficientes registros y aquellas que no cumplieron los test de consistencia y homogeneidad, como dobles masas, test de Smirnov y test de Mann-Kendall.

Se aclara que si bien se requería que tuvieran al menos 25 años de datos completos, se aceptaron algunas estaciones que no tenían faltantes todo el año, sino algunos meses en varios años, con la finalidad de cubrir espacialmente la zona, tal es el caso de la estación Bragado que se mantuvo.

Tabla 1a. Estaciones de precipitación utilizadas en la modelación.

Estación	Años Completos	P Media anual (mm)	CV	CS	CK	Máx.	Mín.
Iguazú Aero	39	1883	0.24	0.79	0.71	2983	1091
Posadas Aero	39	1802	0.23	1.20	1.83	3040	1212
Cerro Azul Inta	40	1982	0.22	0.86	0.85	3146	1185
Corrientes Aero	40	1468	0.24	0.59	-0.11	2282	972
Colonia Benítez Inta	40	1362	0.23	0.30	-0.84	2010	828
R S Peña Inta	40	1011	0.22	0.22	-0.29	1484	588
Las Breñas Inta	39	1001	0.22	0.59	-0.05	1579	659
Resistencia Aero	40	1412	0.22	0.54	-0.42	2081	933
Bella Vista Inta	40	1326	0.24	0.73	0.65	2262	751
Reconquista Inta	39	1260	0.30	1.09	1.90	2487	693
P Libres Aero	40	1561	0.27	1.13	2.38	3006	861
Curuzú Cuatiá Aero	36	1375	0.27	1.14	3.01	2525	553
Monte Caseros Aero	40	1494	0.24	0.61	-0.64	2370	974
Ceres Aero	40	966	0.26	0.22	-0.43	1522	477
Rafaela Inta	40	1024	0.26	0.66	0.25	1710	639
Sauce Viejo Aero	39	1036	0.25	1.07	1.09	1779	690
Paraná Inta	40	1110	0.25	0.68	0.52	1879	689
Concordia Inta	35	1321	0.27	0.95	0.98	2295	740
C del Uruguay Inta	40	1168	0.23	0.82	0.07	1841	736
Gualedaychú Aero	40	1143	0.24	0.78	0.08	1841	785
Oliveros Inta	40	1031	0.21	0.30	-1.05	1428	713
Rosario Aero	40	1031	0.22	0.46	-0.55	1482	635
Marcos Juárez Inta	40	903	0.23	0.42	-0.14	1426	524
Laboulaye Aero	39	898	0.21	1.47	4.20	1608	595
San Pedro Inta	39	1058	0.20	-0.23	-0.32	1437	553
Pergamino Inta	39	1022	0.23	0.31	-0.71	1507	629
Junín Aero	39	1037	0.20	0.49	0.45	1577	653
Gral Villegas Inta	36	859	0.21	-0.98	2.71	1261	229
Bragado Inta	13	1052	0.21	0.15	-0.21	1552	535
Nueve de Julio Aero	40	1068	0.20	0.00	0.12	1467	531
Pehuajó Aero	40	967	0.21	0.63	1.07	1544	520

(Leyenda: "P Media" corresponde a la precipitación media anual en mm, de la serie con registros, "CV" es el coeficiente de variación adimensional, "CS" es el coeficiente de asimetría y "CK" es el coeficiente de curtosis)

Tabla 1b. Estaciones de precipitación utilizadas en la modelación.

Estación	Años Completos	P Media anual (mm)	CV	CS	CK	Máx.	Mín.
San Miguel Aero	40	1169	0.15	-0.37	0.27	1579	779
Aeroparque Aero	40	1077	0.18	-0.25	-0.43	1449	685
Castelar Inta	40	1039	0.16	0.25	0.58	1477	674
Ezeiza Aero	40	1005	0.19	0.37	0.11	1451	660
La Plata Aero	38	1054	0.20	0.29	0.28	1652	622
Punta Indio Aero	36	987	0.25	-0.21	0.24	1478	342
Dolores Aero	35	965	0.19	-0.05	0.35	1434	553
Coronel Suárez Aero	38	806	0.23	0.42	0.14	1250	424
Laprida Aero	27	845	0.21	0.45	1.11	1348	411
Tandil Aero	40	902	0.22	0.03	0.01	1347	459
Benito Juárez Aero	24	883	0.17	0.86	2.53	1405	548
Balcarce Inta	40	918	0.19	0.27	-0.25	1347	596
Puerto Bermejo	24	1256	0.30	-0.16	-0.45	1938	427
Paraná, Chapetón	31	1105	0.26	0.67	0.01	1829	645
El Toba, Margarita	27	1142	0.30	0.85	0.10	1990	666
Fortín Olmos	32	1110	0.31	0.57	-0.23	1879	532
Malabrigo, RP88	24	1249	0.29	1.19	2.46	2474	606
Saladero Cabal	25	1124	0.27	0.34	-0.15	1768	504
Los Amores, RN11	30	1348	0.24	0.57	0.15	2226	741
El Rey, La Sarita	30	1240	0.28	0.74	0.57	2195	606
Colastiné, RP50	23	999	0.17	-0.02	-0.62	1369	614
Las Garzas, 3 Bocas	25	1282	0.25	0.36	1.13	2217	563
Malabrigo, RP42	24	1232	0.26	0.77	1.15	2194	676
Pavón, Cnel Bogado	21	933	0.21	0.29	-0.65	1346	560
Cacique Araicaquin	25	1097	0.27	0.30	-0.80	1764	668
San Justo	27	1035	0.23	0.03	-0.14	1568	528
Colonia Mascias	23	1123	0.25	0.23	-0.38	1689	617
Florencia	26	1351	0.21	0.25	0.73	2047	721
Pinar Ciba	31	1843	0.24	0.66	0.39	3046	1096
Colonia Mártires	34	1958	0.23	1.48	2.46	3341	1243
Valle Hermoso	30	1807	0.22	0.68	0.19	2907	1042

(Leyenda: "P Media" corresponde a la precipitación media anual en mm, de la serie con registros, "CV" es el coeficiente de variación adimensional, "CS" es el coeficiente de asimetría y "CK" es el coeficiente de curtosis)

Tabla 1c. Estaciones de precipitación utilizadas en la modelación.

Estación	Años Completos	P Media anual (mm)	CV	CS	CK	Máx.	Mín.
Campo Grande	24	1890	0.21	0.96	1.68	3105	1119
El Alcázar	37	1894	0.23	0.40	0.16	2923	1010
San Pedro	27	2077	0.18	0.54	1.71	3275	1343
Torto, A del Valle	20	1959	0.20	0.42	0.48	3011	1188
San Vicente	23	1913	0.19	0.47	-0.12	2777	1196
El Soberbio	24	1863	0.20	1.32	3.06	3058	1188
Pepiri Mini	21	1781	0.20	0.65	1.17	2807	1148
Puerto Andresito	25	1786	0.20	0.60	0.34	2597	1128
Ita Cajón	22	1556	0.26	0.65	0.16	2553	845
Paso Juncué	24	1274	0.23	0.56	0.74	2111	769
La Sirena	25	1722	0.30	0.98	0.97	3096	891
Carlos Pellegrini	29	1356	0.28	0.60	0.54	2437	727
San Roquito	23	1270	0.27	0.30	-0.32	2068	674
Santa Lucía	32	1113	0.35	0.10	-1.04	1759	463
Batel-Batelito, Concp	32	1496	0.28	0.51	0.99	2628	594
Paso Cerrito	26	1242	0.29	0.93	1.46	2304	660
Garruchos	21	1686	0.25	1.08	2.44	3074	848
Caa Carái	21	1469	0.23	0.95	1.22	2546	929
San Carlos	23	1735	0.20	0.75	0.73	2690	1122
Corrientes, Chavarría	27	1285	0.28	0.71	0.30	2239	569
Pueblo Libertador	25	1238	0.27	0.84	1.59	2286	649
Estcia. La Esperanza	30	1296	0.27	1.23	1.76	2449	846
Malvinas Sur	33	1147	0.31	0.78	0.10	2125	605
Rivadavia	26	642	0.25	-0.42	0.42	1009	329
Salta Aero	39	744	0.20	-0.04	0.76	1018	428
Las Lomitas	40	933.7	0.18	0.86	1.62	1422	604
Río Cuarto Aero	39	856	0.19	0.22	-0.45	1231	574
Stgo del Estero	39	499	0.54	0.36	0.79	1284	80
Campo Gallo	39	691	0.27	0.78	1.93	1281	329
Caimancito	35	1063	0.24	0.51	-0.12	1035	660
Potrero del Clavillo	40	1059	0.19	0.17	0.17	1041	609
El Colorado	39	1167	0.25	1.00	1.51	2118	768

(Leyenda: "P Media" corresponde a la precipitación media anual en mm, de la serie con registros, "CV" es el coeficiente de variación adimensional, "CS" es el coeficiente de asimetría y "CK" es el coeficiente de curtosis)

Se destacan altas asimetrías positivas para la precipitación media anual en las estaciones de Colonia Mártires ($CS= 1.48$) y Laboulaye ($CS= 1.47$), acompañadas de coeficiente de curtosis elevados. El mayor coeficiente de variabilidad corresponde a Santiago del Estero con un valor de 0.54. El rango del coeficiente de variabilidad esta entre 0.15 y 0.54, mientras que el coeficiente de asimetría varía entre -0.98 en Gral Villegas y 1.48.

A las series de precipitaciones anuales, se le realizaron las gráficas de dobles acumuladas a los efectos de detectar errores presentes en los datos, en la mayoría de los casos se

mantiene una buena proporcionalidad entre las estaciones contrastadas, excepto para el caso de algunas estaciones de la prov. de Buenos Aires y de la prov. de Corrientes, además de la estación Iguazú Aero en Misiones.

Luego se analiza en cada estación la precipitación media cronológica incremental, la cual es de utilidad para el análisis de tendencias. Se adjuntan la representación correspondiente a la estación Resistencia Aero en Chaco (Figura 6), en ella se muestra para el período 1971-2010, el promedio de la serie, los valores anuales y las medias cronológicas incrementales.

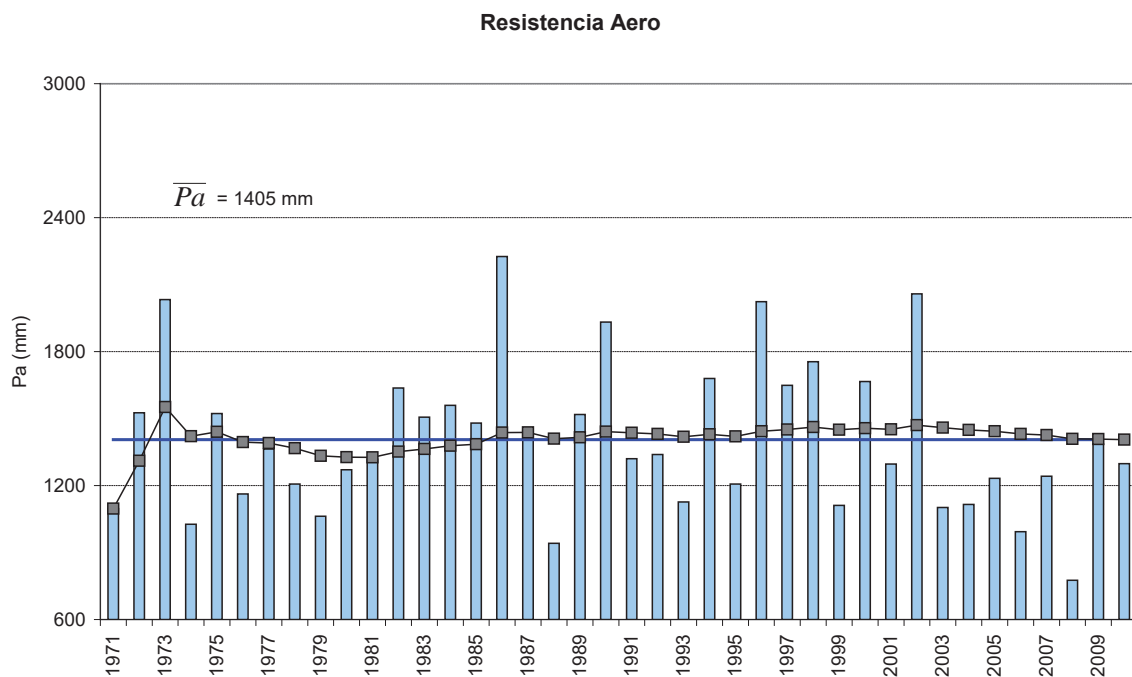


Fig. 6. Precipitación anual y medias cronológicas incrementales. Resistencia Aero. Serie 1971-2010.

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 más 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. Conviene resaltar que el análisis es exclusivamente referido al período 1970 – 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 desde 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 más marcado a partir del año 2002.

En la parte centro y sur de la prov. de Santa Fe y sur de la prov. 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.

A partir de esta información se ha realizado el trazado de isohietas anuales en mm, para el período 1970-2010 que se presenta en la Figura 7.

En términos generales la variación de la precipitación anual va disminuyendo desde las zonas más húmedas (este) hacia las más

áridas (oeste). Sin embargo, la presencia de la precordillera de los Andes, hace de barrera orográfica, logrando que las nubes descarguen su humedad, aumentando los montos de precipitación en la franja que se encuentra sobre las provincias de Salta y Jujuy. En esta zona si bien los montos de precipitación anual son elevados, la distribución en el año de la precipitación se concentra en los meses de verano, resultando los inviernos fríos y secos con una marcada estacionalidad.

En conclusión el gradiente precipitación va aumentando de este a oeste, siendo en la mitad superior de la cuenca del orden de los 2200 mm en Misiones, hasta 700 mm en el este de Formosa y el Chaco, así como en gran parte de Santiago del Estero; e incluso hacia el sur, valores inferiores a 600 mm anuales. Luego, más hacia al noroeste, debido a la barrera orográfica de la precordillera de los Andes, vuelven a aumentar hasta máximos de 1600 mm. En tanto, para la mitad inferior de la cuenca las precipitaciones anuales varían entre 1400 en el sur de Corrientes, hasta 800 mm en algunas zonas del oeste de Santa Fe, e incluso 700 mm.

En relación a la variabilidad espacial, la menor se localiza en las zonas de la Mesopotamia y el Chaco Húmedo, donde la cercanía con las grandes masas de agua que son los ríos Paraná y Paraguay, atenúan el efecto de variabilidad climática, incluso en la zona sur de la cuenca la variación es suave. A su vez, el mayor gradiente se presenta en las provincias de Salta y Jujuy, con una brusca variación, que se manifiesta en las isohietas más apretadas.

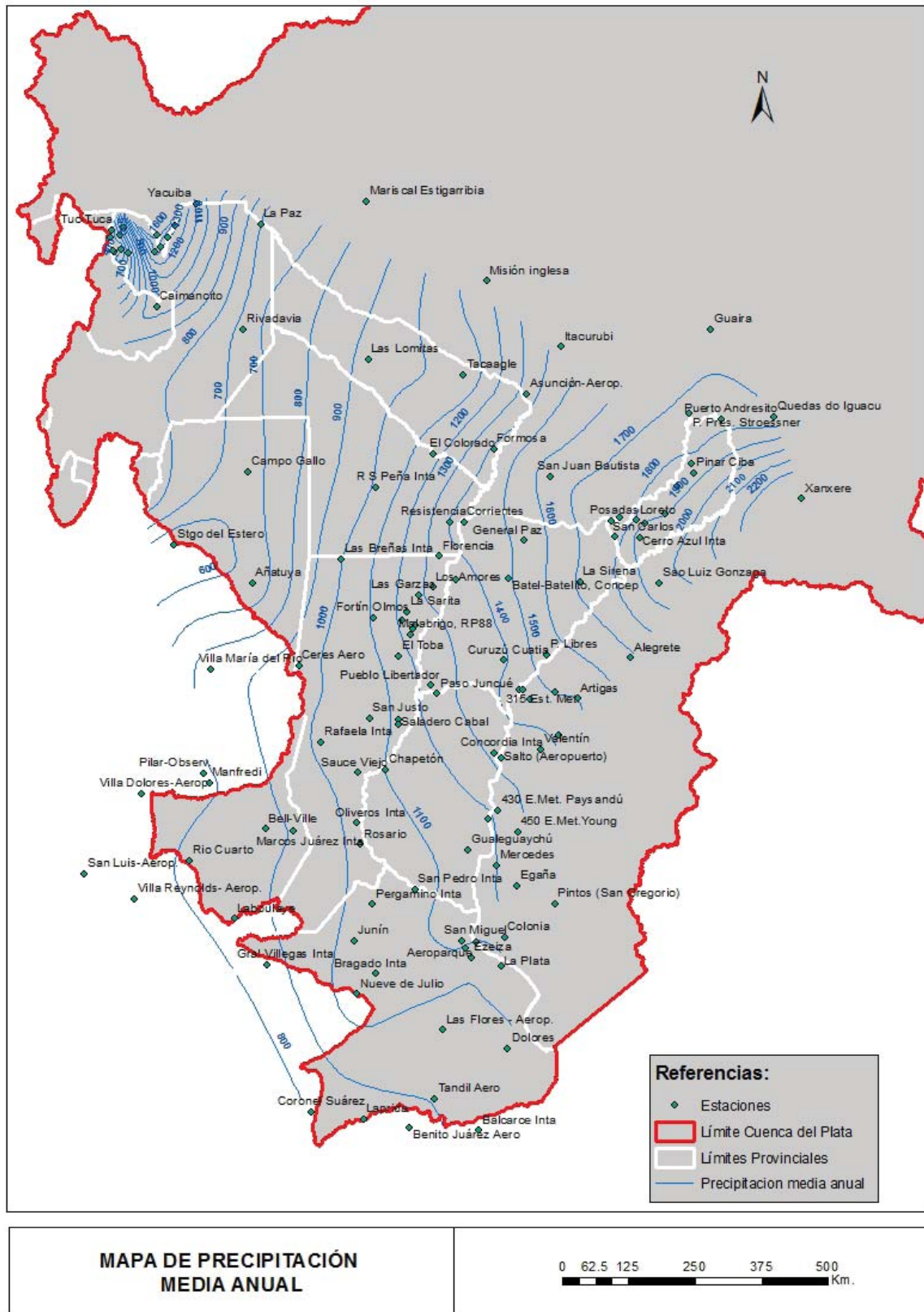


Fig. 7. Isohietas medias anuales zona de estudio. Período 1970-2010.

Distribución anual de precipitaciones mensuales

Se confeccionaron planillas con los datos de precipitación mensuales de cada estación para la serie 1970-2010 y sus correspondientes valores promedios, máximos y mínimos, de las series mensuales y anuales. Como ejemplo se incluye en el Anexo I la Tabla de la estación Resistencia Aero.

A partir de los valores medios mensuales de cada estación del período 1970-2010, se han trazado las isohietas de cada mes para cada estación. Se analiza a partir de considerar los valores de precipitación promedio de cada mes para toda la serie disponible, 1970 – 2010, y su graficación. A modo de ejemplo se adjunta la figura correspondiente a la estación Resistencia Aero en Chaco (Figura 8).

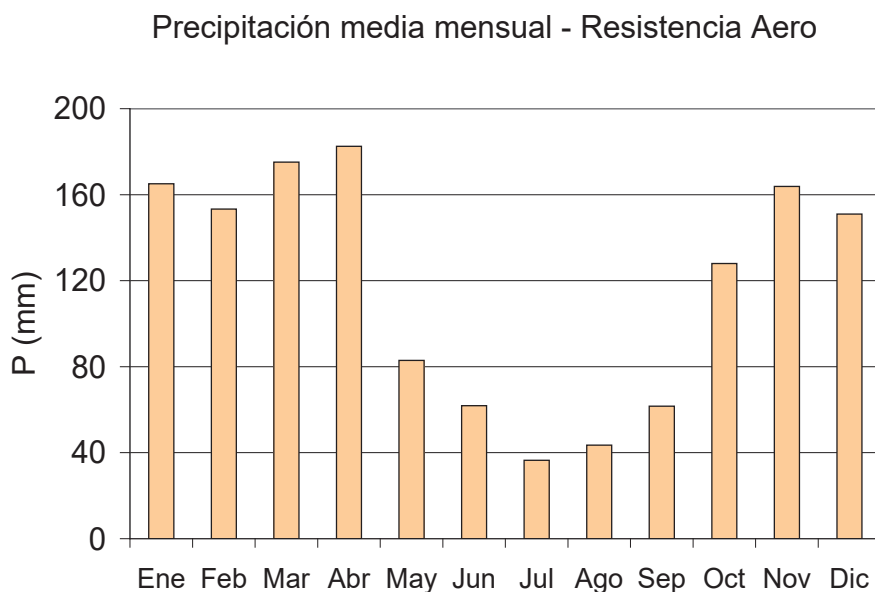


Fig. 8. Precipitación media mensual. Resistencia Aero. Serie 1970-2000.

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, por lo tanto los datos no pueden ser interpretados de un modo predictivo.

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.

Para completar la información, en el Anexo II se presentan las medias mensuales y anuales de cada estación para la serie 1970/71-2009/10.

Análisis de la información meteorológica usada para evaluar la ETP

Del mismo modo que se procedió con la información de precipitación, se analizaron

los datos mensuales faltantes de las variables temperatura, humedad relativa, velocidad de viento y heliofonía para retener únicamente las estaciones que sirvan a la determinación de la evapotranspiración areal de las cuencas. En este sentido se procedió a descartar aquellas estaciones que tenían

muchos años faltantes, que se superponían localmente o que no disponían de alguna de las cuatro variables que requiere el método de Penman-Monteith. Resultando entonces, un total de 38 estaciones posibles de utilizar. Las mismas, con sus valores medios, se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Estaciones con datos meteorológicos utilizadas.

Estación	Temperatura		Humedad Relat		Heliofanía		Veloc. Viento	
	Años Completos	Media anual (°C)	Años Completos	Media anual (%)	Años Completos	Media anual (hs)	Años Completos	Media anual (km/d)
Iguazú Aero	33	21	34	80.4	18	1885.3	34	163.5
Posadas Aero	39	21.6	39	72.6	26	2123.9	39	290.1
Cerro Azul Inta	40	21.2	40	71.1	40	2529.9	40	162.4
Corrientes Aero	40	21.2	40	74.6	30	2690.2	40	314.3
Colonia Benitez Inta	40	21.5	40	74.2	40	2620.9	40	233.6
R S Peña Inta	39	21.5	40	70.1	40	2656.2	40	214.4
Las Breñas Inta	39	28	39	65	38	2667.6	39	274.5
Resistencia A	39	21	39	75.4	27	2204.7	39	224
Bella Vista Inta	39	21.1	37	72.5	35	2499.4	39	215.3
Reconquista Inta	39	20.1	37	75.5	24	2570.3	39	219
P Libres Aero	39	19.8	39	74	27	2123.8	38	348.7
Montecase-ros Aero	40	19.6	40	74.3	33	2628.6	40	224.7
Ceres Aero	40	18.9	40	75.4	30	2647.9	39	275.5
Rafaela Inta	40	18.4	35	72.6	40	2679.9	34	282.7
Sauce Viejo Aero	39	18.7	39	76.5	22	2662.6	39	300.6
Paraná Inta	40	18.6	40	70.7	37	2618.9	40	311.4
Concordia Inta	30	18.8	28	75.4	19	2557.2	24	161
C del Uruguay Inta	40	18.1	38	70.4	39	2596.9	38	234.3
Guauguay-chú Aero	40	17.8	40	73.9	31	2315.9	40	220.1
Oliveros Inta	40	18	40	74	40	2609	40	268.9
Rosario Aero	40	17.4	40	74.7	30	2632.8	39	348.7
Marcos Juárez Inta	40	17.7	40	70	34	2600	40	216.8
Laboulaye Aero	40	16	39	71.8	33	2648.1	40	322.5

San Pedro Inta	40	17.2	40	73.1	38	2556.1	40	229.5
Pergamino Inta	40	16.7	40	70.8	40	2638	38	269.8
Junín Aero	40	15.9	40	73.9	34	2538.6	40	291.6
Gral Villegas Inta	19	15.9	11	70.4	13	2605.8	9	331.5
Pehuajo Aero	39	15.4	39	75.1	31	2611.8	39	286.1
San Miguel Aero	37	16.9	37	75.8	30	2597.9	37	212.1
Aeroparque Aero	40	17.8	40	72.5	31	2478.8	40	381.7
Castelar Inta	40	17	40	69.2	40	2633	40	198
Ezeiza Aero	39	16.6	39	73.6	23	1911.1	39	319.1
La Plata Aero	37	15.9	37	78.8	27	2541.5	36	363.6
Punta Indio Aero	34	16	34	81.5	30	2449.1	34	368.1
Dolores Aero	30	14.9	30	79.8	27	1986.1	30	253.9
Cnel Suárez Aero	31	13.5	31	73.9	30	2531.3	31	276.5
Tandil Aero	39	13.6	39	75.4	24	2297.5	40	346.4
Balcarce Inta	40	14	40	77.7	40	2327.5	35	260

Para rellenar los datos mensuales de las variables requeridas por el método se utilizó el mismo procedimiento empleado con la información de precipitación, Se destaca que la mayoría de las estaciones tenía las series casi completas, siendo la heliofanía la variable con más lagunas.

Distribución areal y temporal de la ETP anual

Los valores medios mensuales de la evapotranspiración potencial para la serie 1970/71-2009/10 en cada estación se muestran en el Anexo III.

Se mencionó anteriormente la dificultad para lograr estaciones que dispusieran de las cuatro variables necesarias para estimarla, no obstante esta complejidad para su determinación, la variabilidad que presenta en forma espacial, en el territorio argentino de cuenca del Plata, no es tan marcada, lo que de alguna manera justifica la menor cantidad de puntos de representación.

La Figura 9 presenta las isólineas de evapotranspiración potencial anuales en el

periodo 1970-2010 en la zona de estudio. En ella se observa un gradiente en aumento desde el sureste al noroeste con valores que van desde los 1000 mm, en la provincia de Buenos Aires, hasta 1700 mm en Santiago del Estero y Salta. Sin embargo en las zonas con relieve más elevado en el oeste de Salta y en Jujuy la ETP tiende a disminuir, hasta cifras del orden de 1300 mm.

Aunque los máximos de precipitación y los mínimos de ETP no se superponen totalmente, en términos generales, en las zonas de llanura, las precipitaciones más elevadas y las evapotranspiraciones más bajas corresponden al este de la Cuenca del Plata, en donde a escala anual se aprecia que $P > ETP$. La aridez presenta tendencia a incrementarse hacia el oeste, de modo que buena parte de Formosa, Chaco, Santiago del Estero y la zona más oriental de Salta presentan importantes déficits hídricos.

Si se analiza temporalmente, utilizando las series de ETP anuales de todas las estaciones, se encuentra que los valores extremos

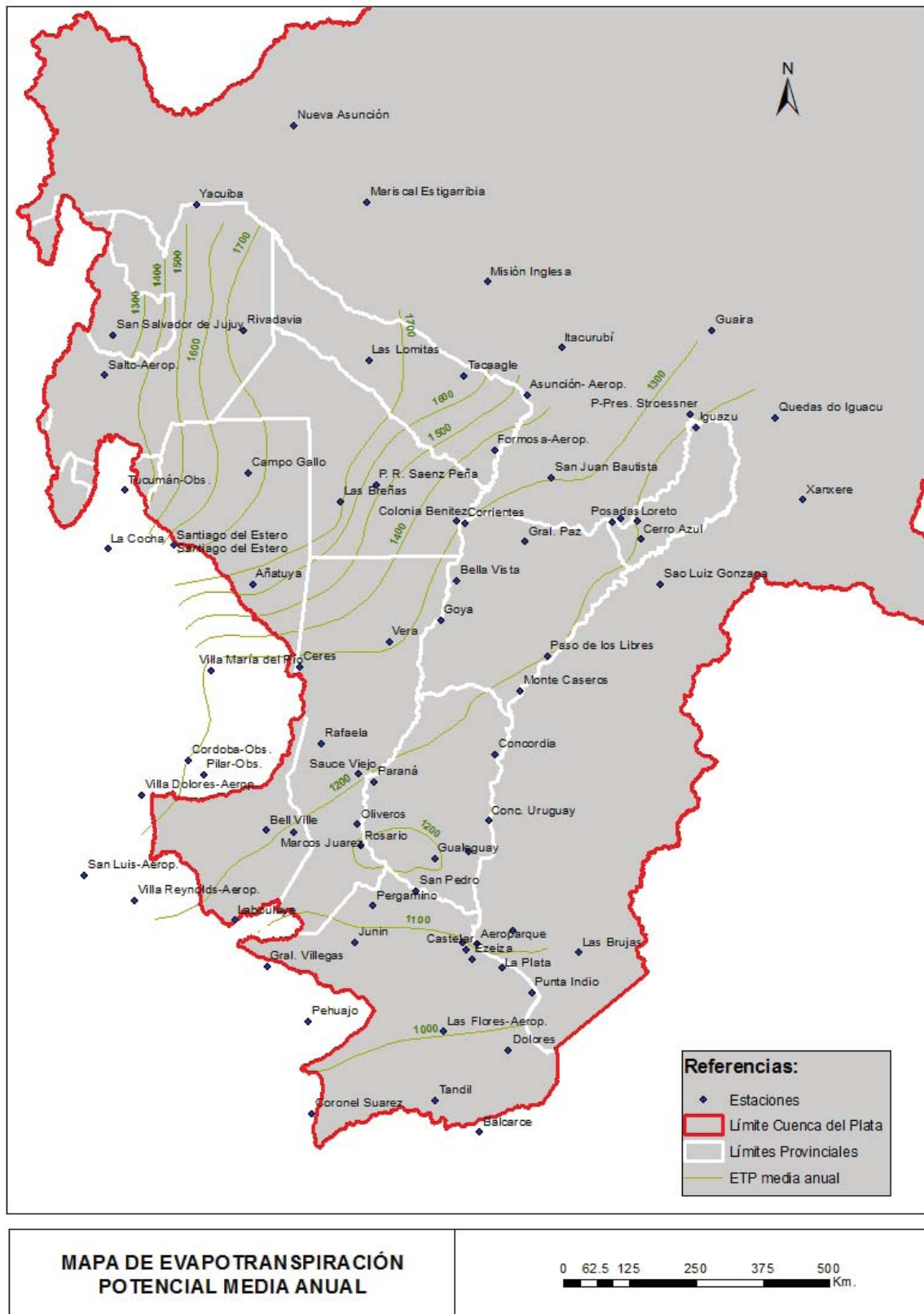


Fig. 9. Isolíneas de ETP medias anuales zona de estudio. Período 1970-2010

máximos y mínimos corresponden a valores de 2058 mm y 782 mm respectivamente, con una media de 1140 mm y un desvío estándar de 160 mm. La Figura 10 presenta, mediante un gráfico Box-Plot, la representación estadística de la serie de ETP anuales para el período 1970-2010.

En cuanto a la variación estacional, la Figura 11 muestra las fluctuaciones de cada mes para la serie de 40 años, considerando

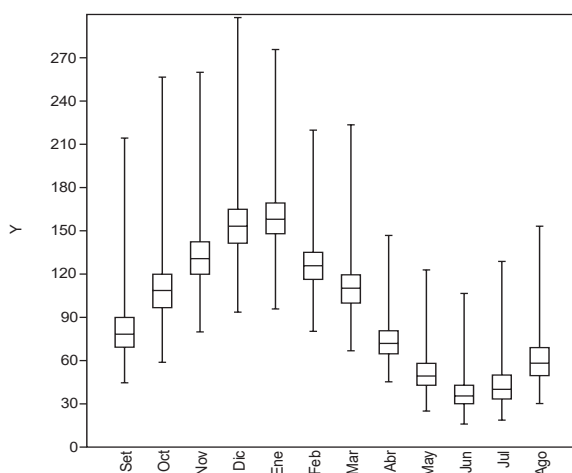


Fig. 10. ETP mensual. Período 1970-2010.

Determinar la ETP en sitios puntuales y derivar de ellos un mapa de ETP sirve de base para conocer el estado actual de ésta componente hidrológica. El aumento, o disminución de la ETP, para escenarios futuros, deberá ser considerado en la administración y aprovechamiento de los recursos hídricos, fundamentalmente para fines agrícolas, industrial y urbano.

Los resultados de este trabajo coinciden con lo presentado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) que en 2010 confeccionó mapas digitales de precipitación y evapotranspiración potencial (ETP) promedios para cada mes y promedios anuales de una serie de 40 años de registros (1960-2000).

todas las estaciones, resultando como es lógico, los mayores valores de ETP en verano y los menores en inviernos con máximas y mínimas del orden de los 270 mm y 20 mm respectivamente y un valor medio de 95 mm.

Son los análisis anteriores temporales, ya que se consideran conjuntamente todas las estaciones, independientemente de su ubicación.

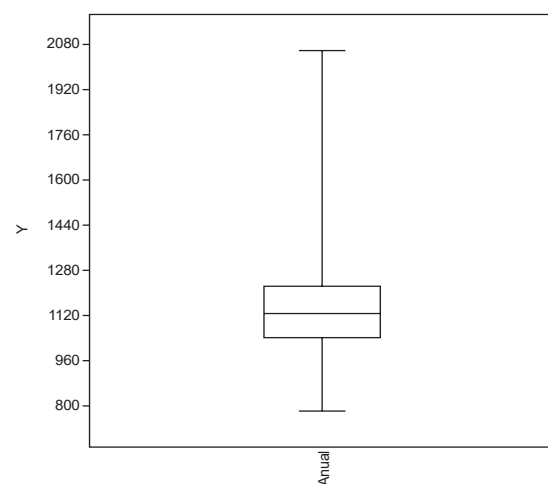


Fig. 11. ETP mensual. Período 1970-2010.

De acuerdo con esa información al restar los mapas anuales de P y ETP se desprende el mapa de balance hídrico directo, mostrado en la Figura 12. En el mismo se observa que la porción noreste del país y una franja próxima a la cordillera, tiene valores positivos, resultando mayor la precipitación que la evapotranspiración potencial en términos anuales. Por el contrario en el Chaco Seco, que es el área correspondiente al oeste de las provincias de Formosa y Chaco, este de Salta y la totalidad de Santiago del Estero, la ETP supera a la P, resultando deficitaria en lo que a volúmenes en términos anuales se analiza.

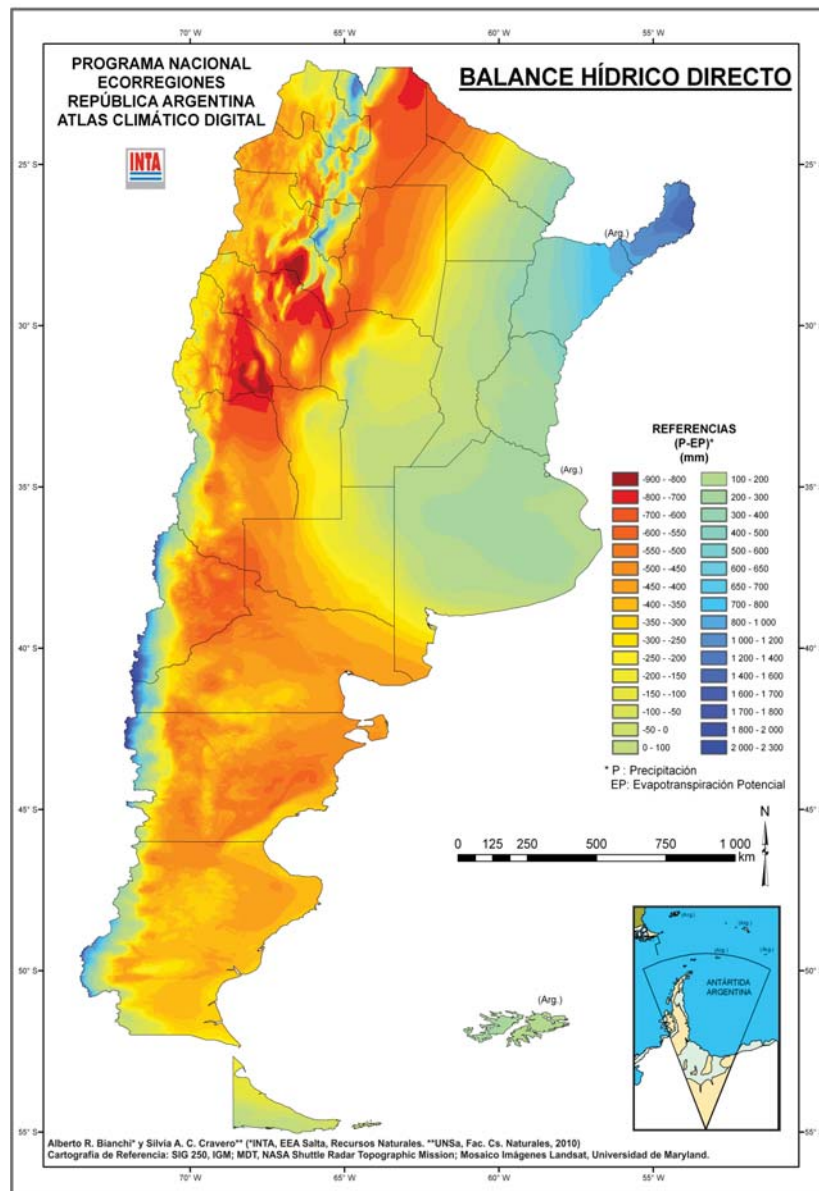


Fig. 12. Balance hídrico en Rep. Argentina. (fuente: INTA, 2010)

CONCLUSIONES / OBSERVACIONES FINALES

1. Se analizaron, para el sector argentino de Cuenca del Plata, la disponibilidad de datos y las lagunas de información en series de datos mensuales de precipitación y de variables meteorológicas durante el período 1970-2010, a partir

de la información proporcionada por la Subsecretaría de los Recursos Hídricos de la Nación (SSRH), el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Tras el relleno de datos faltantes, se pudo disponer, de modo confiable, de 94 estaciones pluviométricas y 38 estaciones con datos para esti-

- mar la evapotranspiración.
2. Del análisis realizado se desprende, que en la mayor parte de la región se observa una tendencia al aumento de precipitación anual desde los años 70 u 80 hasta el 2000 y una leve tendencia a la disminución hacia el año 2010. Pero este análisis es exclusivamente referido al período 1970 – 2010 y no hace ninguna comparación con períodos anteriores. El régimen de precipitaciones anuales presenta una tendencia a agrupar años húmedos y años secos en períodos de entre 3 a 5 años sucesivos, que se intercalan y alternan entre sí. Estos agrupamientos no son homogéneos para toda la región, pero sí se encuentra correspondencia entre las estaciones más próximas.
 3. En cuanto a la distribución espacial de la precipitación, el gradiente va aumentando de este a oeste, siendo en la mitad superior de la cuenca, la precipitación anual media de la serie 1970-2010, del orden de los 2200 mm en Misiones hasta 700 mm en el este de Formosa y el Chaco, así como en gran parte de Santiago del Estero; e incluso hacia el sur, valores inferiores a 600 mm anuales. Luego, más hacia al noroeste, debido a la barrera orográfica de la precordillera de los Andes, vuelven a aumentar hasta máximos de 1600 mm. En tanto, para la mitad inferior de la cuenca las precipitaciones anuales varían entre 1400 en el sur de Corrientes, hasta 800 mm en algunas zonas del oeste de Santa Fe, e incluso 700 mm.
 4. La evapotranspiración potencial anual media de la serie 1970-2010, aumenta desde el sureste al noroeste con valores que van desde los 1000 mm, en la provincia de Buenos Aires, hasta 1700 mm en Santiago del Estero y Salta. Sin embargo en las zonas con relieve más elevado del oeste de Salta y en Jujuy la ETP tiende a disminuir, hasta cifras del orden de 1300 mm.
 5. Aunque los máximos de precipitación y los mínimos de ETP no se superponen totalmente, en términos generales, en las zonas de llanura, las precipitaciones más elevadas y las evapotranspiraciones más bajas corresponden al este de la Cuenca del Plata, en donde a escala anual se aprecia que $P > ETP$. La aridez presenta tendencia a incrementarse hacia el oeste, de modo que buena parte de Formosa, Chaco, Santiago del Estero y la zona más oriental de Salta, es decir el llamado “Chaco Seco” presentan importantes déficits hídricos.
 6. El uso que se haga con esta información se reflejará en los resultados de las políticas locales que se implementen, pero no disponer de ella podrá condenar a la población a una inadecuada y hasta injusta asignación de recursos. Por lo tanto se puede asegurar que el conocimiento de las disponibilidades hídricas en tiempo y en espacio brinda a gestores y planificadores de los recursos hídricos la posibilidad de asignar el recurso de manera eficiente y equitativa, de manera de alcanzar los objetivos de equidad social, sustentabilidad ecológica y eficiencia económica, que promueve la gestión integrada de recursos hídricos.

REFERENCIAS

- Arnold, J.G.; Kiriny, J. R.; Sirinivasan, R.; Williams, J.R.; Haney, E.B.; Neitsch, S.L. (2011) Soil and Water Assessment Tool.

- Input/Output Documentation. Version 2012. Technical Report N° 439. Texas. Texas Water Resources Institute, 654 pp.
- Berbery, E.H.; Barros, V.R. (2002) The hydrologic cycle of the La Plata basin in South America. *Journal of Hydrometeorology*, 3(6), 630–645.
- CEDEX (2003)a Manual de Usuario CHAC. Madrid, España.
- CEDEX (2003)b Módulo de estadística aplicada a la Hidrología. Apuntes del Máster de Hidrología Superficial. Publicación interna, 140 pp.
- Collischonn, W. ; Tucci, C.E.M. (2001) Simulação hidrológica de grandes bacias. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 6, n.2.
- Collischonn, W. ; Lopes Da Silveira A.L.; Rógenes Monteiro Pontes, P.; Mainardi Fan, F.; Bravo, J.M.; Cauduro Dias De Paiva; R. (2015) Impacto das mudanças climáticas na Bacia do Prata. Produto 2. Projeto: Modelagem Hidrológica da Bacia do Prata Utilizando O Modelo Hidrológico de Grandes Bacias – MGB-IPH. Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). Porto Alegre, Brasil. 105 p.
- Hämmerly, R. (2012) Listado de información nacional potencialmente disponible para el balance hídrico a nivel Cuenca del Plata (Argentina). Informe Final Subcomponente II.1 Balance Hídrico Integrado. Contrato OEA. Santa Fe, Argentina. 75p.
- Hämmerly R.; Cacik, P.; Iturraspe, R.; Gagliardi, M.P. (2014) Balance hídrico superficial de la Cuenca del Plata en territorio argentino. Parte A del Informe Final para el Subcomponente II.1. Balance Hídrico Integrado de la Cuenca del Plata, Comité Intergubernamental Coordinador de los países que conforman la Cuenca del Plata – FICH-UNL. Inédito. 272 pp. Santa Fe, Argentina.
- Hämmerly, R.; Cacik, P.; Ingaramo, R.; Paoli, C. (2016) El uso de modelación a paso de tiempo mensual en cuencas no aforadas para el balance hídrico superficial de la Cuenca del Plata. XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Lima, Perú, 28 al 30 de septiembre de 2016.
- INTA (2010) Atlas climático digital de la República Argentina. Editores: Bianchi Alberto, Rubí Cravero y Silvia Ana Carla. Salta, Argentina.
- Krepper, C.M.; García, N.O.; Jones, P.D. (2008) Low-frequency response of the upper Paraná basin. *International Journal of Climatology*, 28, 351-360. DOI: 10.1002/joc.1535.
- Paoli C.; Schreider, M. (Ed.) (2000) El río Paraná en su tramo medio. Contribución al conocimiento y prácticas ingenieriles en un gran río de llanura. Centro de Publicaciones UNL. Tomo 1. ISBN: 987-508-121-3. 309 pp.
- Pereira, L.S.; Teodoro, P.R.; Rodrigues, P.N.; Teixeira, J.L. (2003) Irrigation scheduling simulation: the model ISAREG. En: *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Rossi G., Cancelliere A., Pereira L.S., Oweis T., Shatanawi M., Zairi A. (Eds.). Kluwer, Dordrecht, pp. 161-180.
- Tucci, C.E.M.; Clarke, R.T. (1998) Environmental Issues of La Plata Basin. *Water Resources Development*. v.14, n.2, p.157-173.
- USACE (2000). Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual. US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center. CPD-75B. 148 p.

ANEXO I. Precipitaciones mensuales y anuales en (mm). Resistencia Aero. Serie 1970-2010.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1971	152.6	85.4	189.7	144.4	101.1	12.3	57.8	83.5	34	61.5	41.2	133.1	1097
1972	198.7	68.1	202.8	186.7	92	95.2	67.5	68.5	31.6	110.5	243.1	161.1	1526
1973	441.2	143.3	256.1	199.6	153	99.8	107.3	85.2	38.1	136.9	107.1	265.8	2033
1974	121.2	192	70.1	83.1	162.9	23.2	66.7	51.3	27.4	38.1	46.1	144.9	1027
1975	50.9	158.3	376.4	181.4	59.3	68	33.8	109	89	70.9	197.3	128.3	1523
1976	265.7	103.8	222.5	65	29.8	16.4	30.2	17.6	34.9	131.7	96.7	147.9	1162
1977	245.8	107.2	116.9	98.6	139.6	21.2	51.7	58.3	12.6	86.7	232.7	192.7	1364
1978	149.7	146	34.8	56.5	106.1	68.9	85.9	7.2	49.2	150.5	199.9	152.2	1207
1979	49.6	81.4	141.1	81.4	6.5	64.9	29.4	63.5	57.6	135.2	104.5	247.7	1063
1980	92.1	78.7	166.4	114.5	114.4	90.3	9.5	59.1	59.8	153.5	237.1	95.3	1271
1981	143.8	233.1	198.4	108.2	129	76	44.7	20	29.3	106.6	171.4	57.1	1318
1982	81.8	137.8	71.6	82.6	94.8	269.1	21.9	126.4	167.4	29.4	412	142	1637
1983	295.6	142	165.5	421.5	203.6	6.8	75.1	1.8	0	69.9	80.4	44.1	1506
1984	248.1	176.6	283.2	142.3	176.2	109.9	7.5	11.1	81	134.9	138.6	50	1559
1985	72.1	276.3	235.2	371.3	108.8	38.7	65.1	51.7	107.9	50.3	19.8	82.8	1480
1986	72.5	121.7	484.8	511.5	123.5	165.8	45.5	29.3	176.1	180.7	221.4	93.1	2226
1987	176.6	268.6	58.2	242.3	65.5	47.4	133.1	41.2	27.3	55.6	201.8	129	1447
1988	189.3	75.2	93.4	148.1	4.6	40.6	2.8	44.9	66.8	119.2	92.5	64.2	942
1989	69.7	108	273.5	293	3.6	50.3	70.2	98.9	106.7	131.5	118	195.1	1519
1990	130.2	172.8	135.9	527.8	59.9	70.6	7	69.4	50.8	359.3	124.7	224.2	1933
1991	121.7	166.5	24.4	174.7	247.8	38	17.5	12	55.7	74.4	179.5	208.4	1321
1992	107.5	112.5	119.6	186.9	27.1	99.3	42	53.5	69.1	234.2	119.2	168.5	1339
1993	237.5	14.2	177.2	63.9	43.1	59.1	17.1	19.7	60.4	109.4	280.9	43.9	1126
1994	194.8	159.7	362.1	121.4	133.9	92.9	31.8	56.9	59.6	157.2	205.2	103.8	1679

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
1995	234.2	308.5	233	56.7	79.5	6.2	31.8	31.6	15.5	64.3	79.5	65.7	1207
1996	257.7	327.2	142.4	412.4	14.6	5.1	0.4	47.6	112.2	198.3	179	326.6	2024
1997	164	475.7	11.5	69.8	85.1	21.4	26.5	23.1	42.8	232	277	220.2	1649
1998	233.1	310.3	211.2	401.9	40.5	61.5	6.6	43.8	33	76.3	160.9	175.7	1755
1999	132	153.1	296.7	106.5	107.3	34.8	38.5	0.4	18.2	66	80.4	77	1111
2000	241.6	237.5	143.5	128.5	93.2	59.4	5.3	42.5	26.5	213.2	166.5	308.5	1666
2001	182.2	48.1	174.3	154.1	10.3	177.2	26	45.5	69.6	156	198	55	1296
2002	273.7	122.2	382.8	364.6	88.6	44.9	86.7	32	65.4	154.4	175.7	267.9	2059
2003	69.7	107	117.4	114.2	2.4	11.4	5.7	63.1	25.8	134.9	165.3	285.2	1102
2004	35.8	44.6	81	168.4	1.6	61.4	21.4	22	136.3	196.3	200.2	146.3	1115
2005	69.3	85.9	147	347	91.7	69.3	3.4	18.9	48.5	66.8	189.5	95.5	1233
2006	116.7	61.7	175.4	101.2	32	71.6	0.1	12.4	21.8	204	57.4	138.9	993
2007	159.3	155.2	217.4	120.7	10.2	4.9	3.2	6.5	141.3	216.2	40.6	166.2	1242
2008	64.3	79.7	43.7	36.8	10.4	98.6	2.3	33.1	88	169.8	57	92	776
2009	159	163.8	34.2	53.2	58.8	14.3	42.7	25.3	19.9	39.2	613	163	1386
2010	300.4	123.5	136	58.3	205.8	7.6	37	54	108	44.7	41.7	181.3	1298
MEDIA	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
MÁXIMO	441.2	475.7	484.8	527.8	247.8	269.1	133.1	126.4	176.1	359.3	613	326.6	2226
MÍNIMO	35.8	14.2	11.5	36.8	1.6	4.9	0.1	0.4	0	29.4	19.8	43.9	776

Nota. La ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. muestra, las medias mensuales y anuales luego de realizado el rellenamiento.

Anexo II. Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1970/71 al 2009/10. Series completas.

Estación	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Iguazú Aero	157.1	221.8	176.8	164.6	178.4	147.3	127.7	156.9	180.4	150.5	111.1	110.7	1883.2
Posadas Aero	141.9	211.2	171.1	173.8	164.5	149.6	141.8	172.8	134.9	139.5	100.5	100.7	1802.3
Cerro Azul Inta	158.4	224.6	165.4	181.0	178.6	146.9	157.2	197.0	158.9	148.8	113.7	120.0	1981.5
Corrientes Aero	70.2	141.7	172.9	155.6	169.7	146.9	171.6	187.9	91.1	67.5	41.8	51.0	1468.0
Colonia Benítez Inta	64.5	136.9	169.0	146.0	167.3	142.1	162.2	165.7	76.3	56.3	30.6	44.9	1361.7
R S Peña Inta	35.9	92.5	125.0	131.4	139.3	112.4	139.0	125.7	47.9	23.3	17.8	20.6	1010.8
Las Breñas Inta	35.4	81.7	126.0	127.2	147.0	130.0	142.7	118.3	37.3	25.2	14.2	15.5	1000.5
Resistencia A	65.5	131.4	164.7	149.0	165.0	153.3	175.2	182.5	83.0	61.9	36.5	43.5	1411.5
Bella Vista Inta	69.0	139.1	153.2	140.4	141.5	154.8	159.7	165.5	71.5	53.0	39.3	38.7	1325.9
Reconquista Inta	58.4	125.5	150.9	137.1	135.9	164.4	168.1	157.3	58.1	46.8	29.2	28.5	1260.1
P Libres Aero	110.2	158.4	146.6	122.0	142.4	159.2	155.3	187.7	125.7	97.2	85.0	70.9	1560.5
Curuzú Cuatía Aero	97.1	141.5	134.3	120.3	125.3	145.5	151.0	175.1	93.6	76.4	68.6	46.1	1374.9
Montecaseros Aero	100.2	147.0	146.8	134.3	153.9	159.6	148.8	171.8	105.9	85.3	74.4	65.8	1493.8
Ceres Aero	42.8	81.1	103.9	139.9	135.5	123.8	156.4	97.8	34.4	21.5	14.4	14.8	966.2
Rafaela Inta	47.7	85.3	115.6	136.0	124.5	130.5	160.6	106.6	46.7	30.4	19.6	20.5	1023.9
Sauce Viejo Aero	57.9	106.7	127.9	119.1	107.9	115.4	151.7	112.2	46.6	34.0	25.4	31.3	1036.1
Paraná Inta	65.6	116.7	117.8	134.8	117.3	126.7	156.8	117.5	53.1	38.8	29.5	35.5	1110.3
Concordia Inta	94.7	119.6	142.6	129.3	131.6	133.0	143.7	139.7	99.4	76.1	56.1	55.1	1321.0
C del Uruguay Inta	75.3	119.1	110.6	120.6	112.4	118.2	137.2	123.7	82.7	64.8	54.8	49.1	1168.4
Gualedaychú Aero	76.0	112.0	115.0	113.9	121.8	124.0	130.9	106.3	77.6	58.3	53.5	53.5	1142.9
Oliveros Inta	55.8	108.8	106.6	140.6	119.4	125.7	138.0	92.4	53.7	30.9	27.8	31.2	1030.9
Rosario Aero	56.4	107.3	107.3	123.1	111.2	127.5	145.9	97.7	54.2	34.1	29.6	36.1	1030.5
Marcos Juárez Inta	47.1	94.7	102.4	136.7	116.2	113.0	112.6	80.4	35.7	22.7	22.2	19.8	903.4
Laboulaye Aero	46.4	86.6	106.4	123.5	118.3	115.7	136.1	79.1	33.1	15.4	17.2	20.4	898.2

Estación	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
San Pedro Inta	62.5	114.6	111.5	111.0	120.7	124.1	129.8	91.7	61.5	48.0	43.9	38.9	1058.2
Pergamino Inta	53.0	125.6	103.0	108.1	124.7	119.9	132.3	107.2	49.6	33.2	33.1	32.5	1022.2
Junín Aero	52.2	115.9	105.0	107.1	139.2	117.6	144.0	100.3	55.9	30.7	34.0	35.1	1037.1
Gral Villegas Inta	47.0	94.3	97.6	122.8	131.4	88.2	121.0	65.1	31.2	21.9	18.4	20.5	859.3
Bragado Inta	52.0	113.1	109.7	110.9	127.2	117.9	116.2	102.0	63.9	52.8	41.5	44.6	1051.9
Nueve de Julio Aero	62.5	108.4	102.3	108.2	137.7	117.3	147.2	109.3	56.7	39.7	42.5	36.2	1067.8
Pehuajo Aero	59.8	116.4	101.4	106.1	120.6	104.5	147.0	82.5	47.7	27.8	23.6	29.8	967.2
San Miguel Aero	67.8	125.1	114.3	108.3	122.7	133.2	124.7	103.9	78.8	60.6	63.7	65.4	1168.7
Aeroparque Aero	63.9	108.4	102.8	99.5	119.1	111.5	123.4	95.1	78.5	54.2	59.1	61.4	1077.0
Castelar Inta	60.2	114.0	96.9	102.9	114.7	114.3	114.3	91.9	70.8	50.7	53.2	55.0	1038.8
Ezeiza Aero	59.6	108.2	95.8	94.1	102.8	109.8	110.5	89.1	71.8	52.5	54.1	56.9	1005.0
La Plata Aero	69.4	111.5	96.6	89.3	109.0	115.1	118.7	81.3	79.3	58.0	63.7	62.0	1053.9
Punta Indio Aero	67.4	93.9	98.5	78.5	89.9	107.3	102.1	89.6	65.4	61.4	65.9	67.6	987.4
Dolores Aero	60.1	96.3	99.2	90.0	112.0	95.9	90.5	89.9	60.5	55.1	58.8	56.7	965.1
Coronel Suárez Aero	55.4	98.1	75.7	90.6	102.1	87.1	97.2	73.6	45.8	25.3	25.2	29.9	806.1
Laprida Aero	62.3	100.4	78.1	96.6	92.7	89.3	92.9	76.3	52.2	34.6	33.6	35.6	844.6
Tandil Aero	60.0	99.4	87.3	84.8	109.0	91.5	101.5	80.6	61.0	41.9	43.1	42.2	902.2
Benito Juárez Aero	67.1	98.1	98.2	100.5	93.6	66.9	97.9	75.6	62.7	40.5	39.8	41.9	882.8
Balcarce Inta	59.5	95.8	85.4	105.5	104.2	87.3	87.6	81.8	61.6	50.5	51.6	47.0	917.8
Puerto Bermejo	62.3	144.7	148.9	113.1	134.2	117.4	144.3	176.0	70.0	58.1	47.5	39.8	1256.4
Paraná, Chapetón	56.6	120.3	119.8	128.4	112.8	132.6	158.4	117.8	61.0	39.3	26.1	32.1	1105.3
El Toba, Margarita	64.2	113.0	121.5	132.1	142.5	152.5	137.0	137.3	57.9	38.6	23.0	22.7	1142.4
Fortín Olmos	43.4	90.7	133.9	119.3	153.0	153.3	143.5	136.7	49.1	34.2	23.1	29.4	1109.7
Malabrigo, RP88	64.5	129.1	139.0	143.2	129.8	155.0	159.2	160.8	52.2	51.0	31.8	33.6	1249.0
Saladero Cabal	67.9	94.5	110.9	120.3	127.8	140.1	144.1	140.8	65.3	46.3	30.9	35.3	1124.1
Los Amores, RN11	69.3	142.7	159.3	136.6	156.7	163.8	150.4	188.9	68.0	52.7	30.2	29.1	1347.7

Estación	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
El Rey, La Sarita	59.7	106.7	146.4	131.7	148.5	170.8	162.1	157.3	57.3	44.3	29.8	25.4	1240.1
Colastiné, RP50	53.4	109.8	106.6	126.1	126.4	100.4	147.7	91.7	47.0	32.2	26.0	31.3	998.5
Las Garzas, Tres Bocas	61.3	113.9	138.3	152.5	142.3	154.7	186.1	169.5	59.1	47.7	31.5	25.2	1282.2
Malabrigo, RP42	55.7	123.8	142.8	124.4	145.2	157.0	172.3	158.1	51.5	42.6	35.2	22.8	1231.6
Pavón, Cnel Bogado	44.6	101.6	104.2	112.1	100.2	116.1	113.9	80.0	57.9	36.1	27.4	38.5	932.6
Cacique Araicaquin	49.3	116.4	103.6	131.1	133.0	130.0	133.9	135.2	56.9	41.2	27.9	38.2	1096.6
San Justo	52.1	81.0	102.7	117.1	123.8	145.0	149.6	125.5	55.9	34.6	24.7	23.0	1035.0
Colonia Mascias	57.4	111.8	107.1	130.8	127.5	123.9	144.7	145.2	59.3	51.9	30.5	32.8	1122.7
Florencia	68.4	128.9	138.7	151.6	160.7	164.4	175.0	179.7	68.2	50.1	29.4	35.9	1351.1
Pinar Ciba	148.7	223.2	160.3	171.5	158.1	148.1	137.4	168.5	165.9	144.1	100.6	116.6	1843.0
Colonia Mártires	164.6	232.6	182.6	163.1	167.5	160.8	160.0	202.3	154.5	141.1	112.9	116.0	1958.0
Valle Hermoso	155.6	216.6	145.2	158.1	158.0	156.6	139.5	160.8	154.3	143.8	97.8	120.8	1807.1
Campo Grande	155.7	229.9	180.1	161.4	170.8	150.4	127.6	181.5	151.6	151.9	119.0	109.7	1889.5
El Alcázar	155.0	218.9	177.8	154.9	167.2	144.6	159.2	168.4	152.2	157.4	114.1	124.9	1894.4
San Pedro	177.8	250.6	181.5	174.4	164.7	172.9	141.5	186.3	178.6	179.0	120.5	149.6	2077.3
Torto, A del Valle	178.5	218.7	175.0	161.2	178.3	151.9	149.3	176.3	159.3	162.3	125.1	123.5	1959.4
San Vicente	155.9	229.1	173.1	147.2	165.8	149.1	130.0	184.2	173.8	156.1	139.6	109.5	1913.3
El Soberbio	157.7	239.1	158.8	150.2	151.8	152.6	157.2	159.2	152.7	146.1	129.5	107.8	1862.6
Pepiri Mini	146.1	221.9	143.9	147.8	139.0	154.8	127.0	152.8	151.8	146.6	126.9	122.4	1780.9
Puerto Andresito	150.9	193.4	168.9	145.5	178.7	153.2	114.2	144.7	190.9	139.9	96.4	109.6	1786.3
Ita Cajón	121.0	195.7	154.4	133.8	137.9	130.1	108.2	132.2	172.3	114.9	71.9	84.0	1556.3
Paso Juncué	63.9	120.9	139.3	133.4	147.8	143.0	163.9	164.8	81.1	46.4	30.9	38.9	1274.3
La Sirena	129.8	180.2	154.8	128.3	148.6	142.5	150.4	217.1	146.4	113.4	105.7	104.6	1721.8
Carlos Pellegrini	83.1	150.9	144.6	126.2	114.3	131.0	133.6	162.3	87.8	90.4	75.8	55.5	1355.6
San Roquito	85.4	126.1	134.6	106.7	110.1	135.1	151.2	157.8	87.7	73.6	55.0	46.8	1269.9

Estación	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Santa Lucía	63.9	111.9	124.1	114.8	124.0	121.9	142.2	141.8	57.8	45.6	31.9	33.5	1113.3
Batel-Batelito, Con- cepción	84.0	165.7	157.1	113.0	124.0	175.0	157.0	199.9	91.3	101.3	65.7	61.6	1495.5
Paso Cerrito	63.5	113.1	143.5	113.4	126.0	139.7	135.1	162.1	81.9	72.8	43.8	47.1	1241.8
Garruchos	148.4	214.1	146.2	121.9	147.3	132.9	138.4	193.8	110.8	123.8	120.7	87.6	1686.0
Caa Carai	114.8	180.5	125.0	126.3	117.5	125.3	140.0	156.1	108.7	104.9	93.2	76.4	1468.5
San Carlos	143.0	221.7	159.0	159.7	149.3	158.9	125.2	188.6	126.2	122.8	93.0	87.8	1735.1
Corrientes, Chavarría	66.3	131.2	157.8	133.6	130.8	143.6	120.8	163.8	92.4	56.2	48.0	40.7	1285.3
Pueblo Libertador	58.1	131.2	129.2	141.8	147.1	131.8	156.4	160.3	71.6	42.0	33.7	34.6	1238.0
Estancia La Esperanza	74.6	131.8	122.7	131.4	128.2	141.1	153.8	160.0	82.9	80.0	46.5	42.8	1295.9
Malvinas Sur	60.0	114.6	113.1	114.5	122.3	122.5	143.8	152.4	69.7	59.4	36.9	37.5	1146.6
Rivadavia	13.8	47.5	74.7	120.4	124.1	91.8	87.6	51.2	17.3	7.5	1.9	4.5	642
Salta Aero	7.1	24.8	61.9	142.3	189.1	150.3	119.7	32.8	7.6	1.8	3.2	3.4	744.3
Las Lomitas	30	65.6	117.2	136.5	131.8	113	149.5	84.1	52.2	20.9	12.2	17.7	933.7
Río Cuarto Aero	38.6	77.1	123.1	142.3	137.9	92.9	111.2	58.4	29.8	11.9	13.6	17	856.5
Stgo del Estero	11.8	33	55.4	73.3	108.8	81.3	76.3	38.3	11.9	6.7	2.9	2.8	499
Campo Gallo	15.7	40.6	83.2	111.3	135.0	99.4	107.3	58.3	17.4	8.2	2.9	2.8	707
Caimancito	9.3	36.7	78.8	159.7	244.8	195.2	204.8	107.1	25.8	7.7	4.3	4.6	1063
Pot. del Clavillo	25.2	59.9	97.8	154.5	225.6	175.1	180.1	76.7	32.5	11.3	9.5	13.6	1093
El Colorado	52.6	114.4	150.2	145.7	123.5	125.2	138.1	134.1	84.3	40.8	29.1	28.6	1167

Anexo III. Evapotranspiración potencial media mensual y anual (mm). Período 1970/71 al 2009/10.

Nombre Estación	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Anual
Iguazú Aero	75.3	100.4	115.6	125.1	128.6	111.6	104.8	77.0	53.9	40.3	49.0	64.7	1046
Posadas Aero	91.6	120.2	136.6	153.4	153.5	131.6	121.3	89.9	66.4	51.7	60.3	77.7	1254
Cerro Azul Inta	88.2	116.5	135.9	155.4	156.1	128.7	122.0	86.0	62.9	47.5	55.1	72.6	1227
Corrientes Aero	98.9	128.2	145.1	166.6	172.3	140.3	127.3	89.2	67.9	50.8	60.1	78.9	1325
Colonia Ben Inta	96.1	127.0	142.2	163.8	166.4	136.2	124.1	85.3	63.7	47.6	56.2	74.9	1283
R S Peña Inta	106.8	137.4	148.1	164.4	166.5	138.4	125.9	86.1	65.7	50.4	62.4	84.0	1336
Las Breñas Inta	148.0	181.7	191.9	208.6	208.7	168.8	153.6	106.0	84.7	65.9	84.4	117.1	1719
Resistencia A	88.8	116.3	130.6	145.3	150.1	127.1	112.2	79.2	58.4	43.5	52.1	70.2	1174
Bella Vista Inta	91.9	122.0	139.0	159.2	161.0	131.5	121.0	82.4	61.9	46.5	54.0	72.4	1243
Reconquista Inta	86.0	115.4	134.6	156.6	160.2	129.6	115.3	76.9	55.7	40.8	47.7	66.6	1185
P Libres Aero	85.0	115.1	138.3	159.8	164.5	130.1	116.4	82.3	58.3	43.3	50.2	68.6	1212
Montecaseros Aer	86.1	115.6	134.8	156.3	161.3	128.0	114.7	74.9	52.6	38.6	46.3	65.2	1174
Ceres Aero	92.3	125.1	146.4	161.3	165.1	133.2	117.9	80.4	58.2	42.9	49.7	70.4	1243
Rafaela Inta	81.7	111.4	135.0	154.4	159.9	125.3	109.5	72.5	50.6	36.0	41.7	61.3	1139
Sauce Viejo Aero	87.5	117.7	142.3	158.8	166.5	131.5	115.5	75.0	53.7	39.0	45.9	66.5	1200
Paraná Inta	85.4	115.7	139.2	162.8	170.1	132.8	120.1	79.4	56.2	40.8	46.2	64.6	1213
Concordia Inta	76.5	106.6	130.4	155.0	160.8	124.2	112.8	72.2	48.3	34.1	38.8	56.1	1116
C del Urug. Inta	76.4	105.9	131.5	157.3	165.6	127.5	112.4	71.6	48.2	34.0	38.7	55.8	1125
Gualedaychú Aer	73.0	102.5	129.0	146.9	154.7	118.5	99.2	65.9	43.7	31.1	36.0	52.9	1053
Oliveros Inta	80.4	110.0	135.7	156.1	162.1	126.0	109.1	71.3	48.8	35.0	39.6	58.5	1133
Rosario Aero	87.8	121.3	148.8	168.3	171.2	132.7	116.3	77.6	55.8	40.2	45.3	64.5	1230
M. Juárez Inta	78.7	108.2	133.6	154.6	157.8	123.4	109.1	70.7	47.7	33.1	36.9	55.5	1110
Laboulaye Aero	80.0	111.2	139.5	164.6	163.6	127.6	108.3	69.8	45.7	31.0	34.7	54.5	1130
San Pedro Inta	75.6	102.9	129.7	153.3	154.5	121.3	105.5	68.9	46.5	33.3	37.4	54.8	1084
Pergamino Inta	82.2	109.2	134.7	158.3	157.7	123.4	107.9	71.5	47.7	34.4	39.6	59.4	1126

Nombre Estación	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Anual
Junín Aero	76.6	103.6	132.3	156.3	158.5	123.6	103.3	66.9	43.6	31.4	35.9	54.6	1087
Gral Villegas Inta	72.2	100.3	127.4	152.4	157.1	123.7	102.5	67.5	43.9	29.8	33.1	53.0	1063
Pehuajo Aero	70.8	100.2	127.2	154.6	156.4	122.8	105.0	66.7	43.2	30.2	33.3	49.4	1060
San Miguel Aero	73.2	102.5	129.8	155.7	162.1	124.3	106.2	66.4	43.4	30.8	34.2	51.2	1080
Aeroparque Aero	79.0	108.3	135.9	164.8	174.4	135.8	117.4	74.4	51.3	37.5	40.3	57.2	1176
Castelar Inta	66.7	94.7	120.3	147.5	155.3	120.0	101.9	63.9	40.8	28.1	31.1	46.9	1017
Ezeiza Aero	57.5	86.1	108.6	130.0	138.9	111.5	88.3	59.9	39.0	27.7	29.7	42.5	920
La Plata Aero	63.7	91.2	116.9	144.6	152.6	118.8	100.5	64.4	42.7	30.1	31.6	46.0	1003
Punta Indio Aero	72.8	99.8	127.9	158.9	166.7	128.2	106.8	67.6	43.8	30.5	33.5	52.3	1089
Dolores Aero	66.9	92.6	111.6	134.2	142.7	114.3	94.8	63.9	44.4	33.6	37.5	51.4	988
Cnel Suárez Aero	62.2	90.0	115.3	143.9	149.4	118.8	95.7	58.4	34.5	23.5	26.1	42.4	960
Tandil Aero	56.7	85.3	107.5	131.8	141.7	113.7	91.9	57.0	33.8	23.4	24.9	39.6	907
Balcarce Inta	56.7	81.9	105.7	133.2	140.7	111.3	92.3	56.4	34.0	22.7	24.8	38.9	899