

# ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA E HIDROMÉTRICA DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

Jorgelina Laura Reyna<sup>1</sup>; Martín Iván Nini<sup>1</sup>;

María del Valle Moréis<sup>1</sup>; Mónica Patricia D'Elia<sup>1</sup> & Marta del Carmen Paris<sup>1</sup>

**Resumen** - Los estudios realizados en un sistema hidrológico, apoyados en la recopilación y análisis de la información disponible, contribuyen al conocimiento del comportamiento del mismo y a la toma de decisiones en el diseño de obras de ingeniería, planificación y gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, es muy frecuente que las longitudes de las series temporales y su distribución espacial no resulten adecuadas a la hora de encarar los estudios, dada la escasez de datos, las dificultades originadas en su obtención y los altos costos de implementación, operación y mantenimiento de redes de medición.

Este trabajo se enmarca dentro de los objetivos propuestos en los Proyectos de Investigación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE): “Caracterización hidráulica de la red de drenaje santafesina” y “Estimación de Parámetros y Variables Hidrológicas a través de Técnicas de Teledetección y SIG en áreas de llanura” y del Proyecto de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), Universidad Nacional del Litoral (UNL): “Delimitación de Regiones Hidrológicas Homogéneas”. Se presenta aquí un análisis temporal de los registros históricos hidrométricos de las estaciones del Río Salado y sus afluentes en la Provincia de Santa Fe; y de los registros históricos pluviométricos, vinculados a dicha cuenca, y la generación de información mensual teniendo en cuenta la carencia de datos en cada período de registro.

**Abstract** - Hydrologic system studies based on the available information recorder and analysis, contribute to the knowing of the performance and the decisions in the engineering design, planning and management of the water resources. However, often the temporal series length and its spatial distribution are inadequate when the studies are coming, due to the lack of data, the difficulties of recording and the implementation, operation and maintenance high costs of the measure nets.

This reporter is a part of the investigation works proposed in the Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) Research Projects: ”Hydraulic characterization of Santa Fe

---

<sup>1</sup> Departamento de Hidrología. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina. - TE: 0054-342-4575244 (interno 167) FAX: 0054-342-4575224 - Email: [jorgelina\\_reyna@hotmail.com](mailto:jorgelina_reyna@hotmail.com), [martinnini01@hotmail.com](mailto:martinnini01@hotmail.com) [valle@fich1.unl.edu.ar](mailto:valle@fich1.unl.edu.ar), [mdelia@fich1.unl.edu.ar](mailto:mdelia@fich1.unl.edu.ar), [mparis@fich1.unl.edu.ar](mailto:mparis@fich1.unl.edu.ar)

drainage net” and “ Hydrologic parameter and variable estimation through teledetection and GIS techniques in plain areas” and the Research Project of Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), Universidad Nacional del Litoral (UNL): “Delimitation of homogeneous hydraulic regions”. An hydrometric historic recorder temporal analysis of the Salado river and tributaries in the Santa Fe, the basin pluviometric recorder and an appraisal of the monthly values taking into account the data lack in each measurement period are presented here.

**Palabras clave** - río Salado, niveles hidrométricos, registros pluviométricos, distribución temporal, longitudes de registros.

## **INTRODUCCIÓN**

La base de todo estudio hidrológico se fundamenta en la disposición de datos históricos de las variables que intervienen según el objetivo perseguido. Sin estos datos el estudio carecerá de un apoyo fundamental; se podrán hacer hipótesis para correlacionar características hidrológicas con otras cuencas, pero nunca se tendrá una base de apoyo tan exacta como si se dispusiera de una buena serie de datos históricos. Una serie de datos apropiada a los fines de estudio y proyecto, necesita como mínimo de 20 años de observaciones y más aún si se trata de cuencas irregulares. (Custodio y Llamas, 1976).

Así, la necesidad de cuantificar los recursos hídricos, para comprender el funcionamiento del agua en la naturaleza, diagnosticar la situación de una región, pronosticar comportamientos futuros, planificar o diseñar, resalta la importancia del registro de datos hidrometeorológicos.

Para concretar alguna de las actividades citadas es necesario aplicar metodologías que utilizan los datos distribuidos geográfica y temporalmente de diferentes formas.

El objetivo de este trabajo es realizar un tratamiento preliminar de la información pluviométrica e hidrométrica del centro de la Provincia de Santa Fe, puntualizando el análisis temporal en estaciones que pertenecen a la Cuenca del Río Salado y es el resultado de los trabajos de investigación propuestos en los Proyectos de Investigación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE): “Caracterización hidráulica de la red de drenaje santafesina” y “Estimación de Parámetros y Variables Hidrológicas a través de Técnicas de Teledetección y SIG en áreas de llanura” y del Proyecto de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), Universidad Nacional del Litoral (UNL): “Delimitación de Regiones Hidrológicas Homogéneas”.

Asimismo, es importante clasificar la calidad de los datos crudos de una estación de registro ya que con ello es posible asignarle un nivel de confianza que permite asociarlo a los resultados de las aplicaciones de diferentes metodologías para tratamiento y análisis futuros de la información disponible.

## **METODOLOGÍA**

A diferencia de los datos pluviométricos que son variables de entrada a un sistema hídrico y cuyos montos de intervalos mayores de análisis se obtienen por acumulación de los valores de intervalos menores, las alturas hidrométricas son variables de salida del sistema, por lo tanto no se acumulan sino que se promedian.

De este modo, y tomando como base la metodología utilizada por Zucarelli y Morresi (2001) para evaluar la consistencia de datos pluviométricos de la provincia de Santa Fe, como tratamiento preliminar de los datos, y previo al análisis temporal, se valoró el nivel de incertidumbre de las precipitaciones mensuales y anuales, y de las alturas medias mensuales para los registros de las diferentes estaciones seleccionadas.

Con la información disponible se realizó un diagrama de barras con las estaciones hidrométricas pertenecientes al departamento Las Colonias de la provincia de Santa Fe, que facilitó visualizar las longitudes de registros de los puestos y así poder seleccionar las series con períodos coincidentes para su posterior tratamiento.

### **Cálculo de las precipitaciones anuales y de las alturas hidrométricas medias anuales**

A partir de los datos disponibles a paso diario, los registros pluviométricos mensuales, que expresa la cantidad de agua caída en un mes, se obtienen por acumulación de las láminas registradas diariamente, es decir realizando la suma de los valores diarios de precipitación, y por ende, los valores anuales mediante la suma de los valores mensuales.

Por su parte, los registros hidrométricos diarios se promediaron para obtener las alturas medias mensuales y las alturas medias de un determinado año, se obtuvieron mediante el promedio de los valores medios mensuales.

Se utilizó el **Método de Feurouge** para determinar el nivel de incertidumbre de los valores totales y medios, según un estimador de confianza que tiene en cuenta la discontinuidad en los registros (datos faltantes). El Método de Feurouge es una adaptación del método original de Silva y otros (1993).

El estimador tiene la siguiente expresión:

$$ECF = \frac{Rd}{Rp} * 100 \quad (1)$$

donde:

ECF: Estimador de Confianza Feurouge

Rd: Registros disponibles en el período

Rp: Registros posibles en el período

Como criterio de confiabilidad se consideró los siguientes límites:

ECF > 80%                      incertidumbre baja – cantidad de datos adecuada

50% < ECF < 80%              incertidumbre media – cantidad de datos crítica

ECF < 50%                      incertidumbre alta – poca cantidad de datos

Por consiguiente, cada valor de precipitación y de altura hidrométrica calculado, cuenta con una estimación de confianza de la información. Siguiendo los límites anteriormente sugeridos, los valores que tienen una incertidumbre alta, dada la poca cantidad de datos, se marcan con celdas rojas; las celdas amarillas refieren a incertidumbre media producto de una cantidad crítica de datos básicos en la generación de información y las celdas verdes se relacionan con valores totales y promedios mensuales de incertidumbre baja obtenidos con una cantidad de datos adecuada.

### Distribución temporal de los registros

El análisis de la variación temporal de los datos hidrológicos observados se realiza generalmente a nivel de valores medios anuales y mensuales; y requiere la disposición de series históricas de al menos 15 años. Dicha evaluación sirve para verificar condiciones de homogeneidad temporal, seleccionar situaciones extremas para todos los estudios que involucren el paso de tiempo anual y mensual, considerando cada estación de registro (Paoli y Bolzicco, 1992).

La metodología empleada consiste en el cálculo y gráfico de valores medios del período de análisis y se complementa con la cuantificación de índices característicos.

La **curva cronológica** consiste en la representación gráfica de los valores de cada estación a lo largo de la serie de años de registros “n”, siendo éste el análisis más simple y efectivo que se puede realizar. De esta manera pueden identificarse los años en que se excede a la media anual de la serie  $X_{am}$ , ecuación (2):

$$X_{am} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{a_i}}{n} \quad (2)$$

donde:

$X_{am}$ : altura o precipitación media anual del período

$X_{a_i}$ : altura media anual ó precipitación anual, correspondiente a cada año en particular.

n: años de registro del período

Es importante analizar si se presentan secuencias de años en los cuales existen excesos o déficit. Cuando hay condiciones extremas de años muy húmedos o muy secos, se observa que los picos no son aislados, sino que se presentan en un período.

La **curva de distribución** consiste en representar los valores medios mensuales de la serie de años. La gráfica obtenida permite visualizar los ciclos anuales de los valores medios mensuales.

Las **medias deslizantes** se utilizan para el análisis de series de tiempo con el objeto de identificar falta de homogeneidad o la presencia de secuencias, tendencias o ciclos.

El análisis se realiza sobre una muestra de la variable x de tamaño n y consiste en calcular la media aritmética según la ecuación (3):

$$Xk = \frac{\sum_{i=1}^k Xa_i}{k} \quad (3)$$

donde:

Xk: altura o precipitación media anual de la submuestra k.

Xa<sub>i</sub>: altura media anual ó precipitación anual

k: tamaño de la submuestra (varía de 2 a n)

De esta manera, se calculan los promedios de tamaños de las submuestras que tienen superposición de datos. Luego se realiza la representación gráfica cronológica de las submuestras de tamaño k. Para valores de k de 3 a 7 años se pueden identificar subperíodos húmedos o secos.

Las **medias móviles**; son similares a la anterior, respecto a que toman submuestras de tamaño k; pero las medias de las submuestras se calculan sin superposición de datos.

Las **medias cronológicas incrementales**; consiste en obtener la media aritmética de las submuestras que van desde el primer valor hasta el total de años de la muestra, incorporando cada año sucesivo. La última media calculada es la media anual de la serie.

En regímenes homogéneos se nota una tendencia hacia la estabilización de la media al valor medio de la serie. Además, se puede observar si se han producido modificaciones en el régimen hidrológico, es decir decrecimiento o crecimiento en la media.

Los **índices característicos**; son indicadores que se utilizan para caracterizar el régimen de determinada variable hidrológica. Entre ellos estas: el Rango, el Índice de máxima, el Índice de mínima y el Índice de máxima-mínima:

$$Rango = Xa_{máx} - Xa_{mín} \quad (4)$$

$$\text{Índice de máxima} = \frac{Xa_{m\acute{a}x}}{Xam} \quad (5)$$

$$\text{Índice de m\acute{i}nima} = \frac{Xa_{m\acute{i}n}}{Xam} \quad (6)$$

$$\text{Índice de m\acute{a}x - m\acute{i}n} = \frac{Xa_{m\acute{a}x}}{Xa_{m\acute{i}n}} \quad (7)$$

El \acute{i}ndice de concentraci3n  $Ic$  representa la distribuci3n de los valores mensuales en medio per\acute{i}odo considerado. Este \acute{i}ndice es mayor que la unidad y se expresa en la ecuaci3n (8):

$$Ic = \frac{X_{3m\acute{a}x}}{X_9 / 3} \quad (8)$$

donde:

$Xa_{m\acute{a}x}$ : valor anual m\acute{a}ximo del per\acute{i}odo

$Xa_{m\acute{i}n}$ : valor anual m\acute{i}nimo del per\acute{i}odo

$Xam$ : media anual del per\acute{i}odo

$X_{3m\acute{a}x}$ : el monto m\acute{a}ximo de las medias mensuales de tres meses consecutivos

$X_9$ : suma de las medias mensuales de los nueve meses restantes

Estos \acute{i}ndices sirven para comparar cuencas, zonas o regiones hidrol3gicas, es decir permiten analizar la correlaci3n hidrol3gica y saber si dos cuencas son o no comparables.

Los **\acute{i}ndices estacionales** pueden realizarse para cada a\~no pero lo m\acute{a}s pr\acute{a}ctico es utilizar los valores medios mensuales de la serie.

$$Iest = \frac{X_{est}}{Xam} \quad (9)$$

donde:

$Iest$ : \acute{i}ndice estacional

$X_{est}$ : monto total de los valores medios mensuales de cada estaci3n

$Xam$ : media anual del per\acute{i}odo

Los montos totales se calcularon mediante la suma de los valores medios mensuales de los meses que conforman cada estaci3n son:

$$X_{verano} = X_{dic} + X_{ene} + X_{feb} \quad (10)$$

$$X_{oto\~no} = X_{mar} + X_{abr} + X_{may} \quad (11)$$

$$X_{invierno} = X_{jun} + X_{jul} + X_{ago} \quad (12)$$

$$X_{primavera} = X_{set} + X_{oct} + X_{nov} \quad (13)$$

## DATOS UTILIZADOS

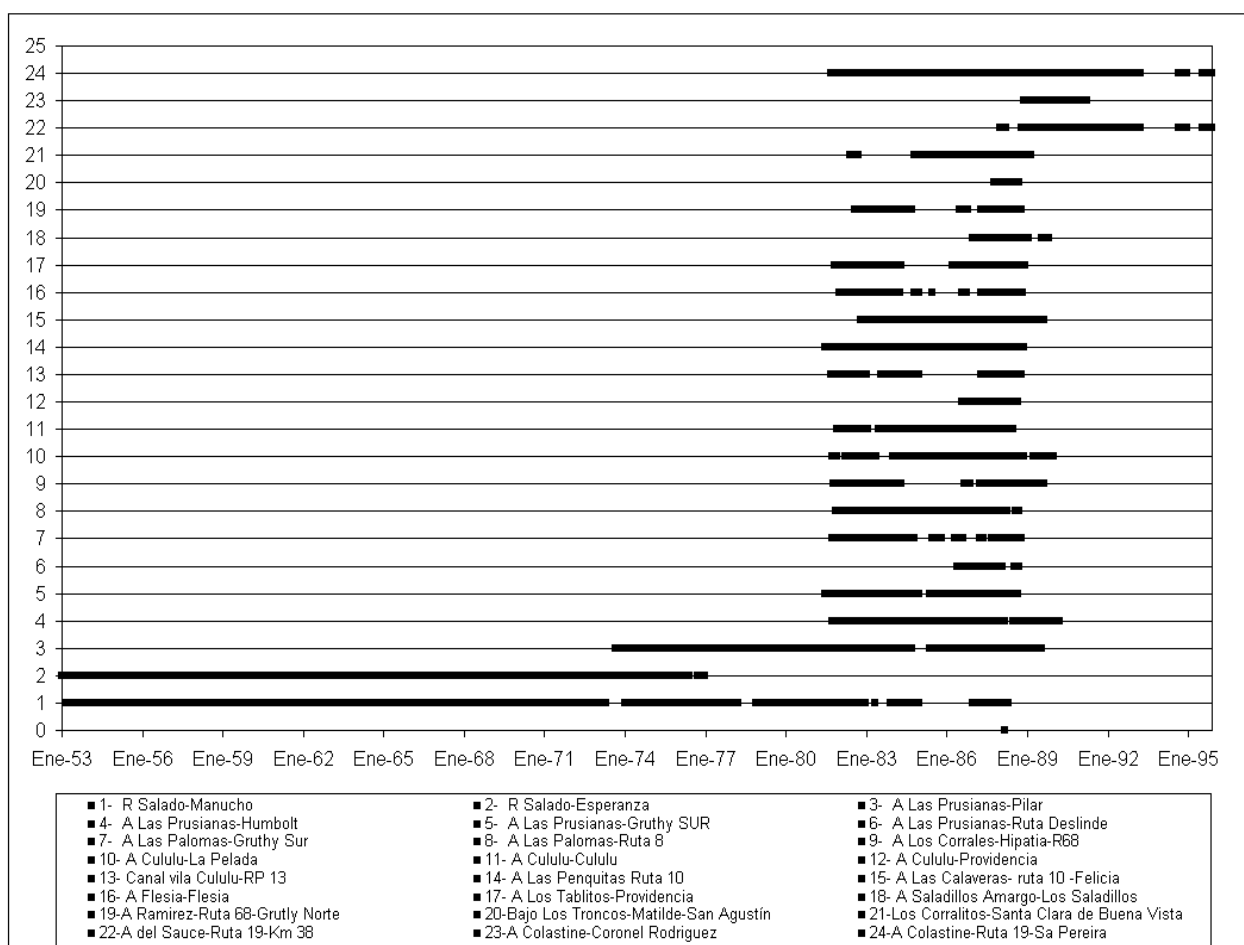
Los datos de precipitación empleados fueron suministrados por el Departamento de Comunicaciones de la Provincia de Santa Fe, a través del Centro de Informaciones Meteorológicas del Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (UNL).

Los datos hidrométricos utilizados fueron proporcionados por la Dirección Provincial de Obras Hidráulicas (DPOH) de Santa Fe.

En ambos casos los datos se transcribieron desde las planillas del observador a soporte magnético en planilla de cálculo. El análisis se concentró en las estaciones pluviométricas e hidrométricas de la cuenca inferior del Río Salado y sus afluentes en la provincia de Santa Fe. (Departamento Las Colonias, Provincia de Santa Fe).

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Como primer paso de la metodología planteada se realizó un diagrama de barras de la información hidrométrica disponible de las estaciones del departamento Las Colonias que se muestra en la Figura 1. Este diagrama se realizó con las alturas diarias.



**Figura 1.** Diagrama de barras. Serie 1953/95.  
(Departamento Las Colonias. Provincia de Santa Fe)

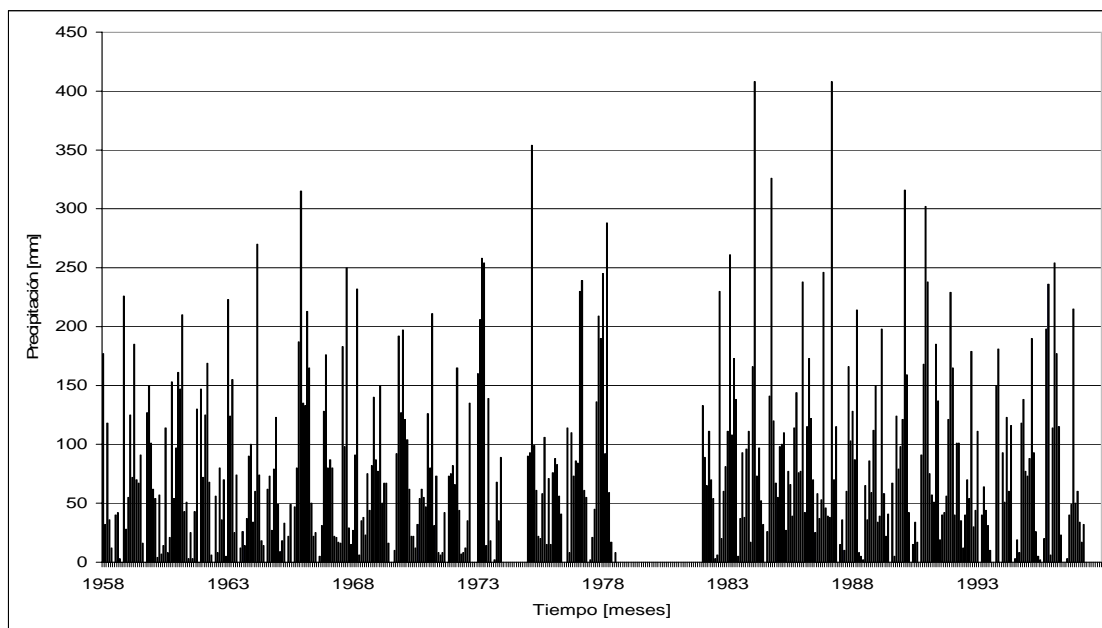
De la observación del diagrama de barras se identifican dos estaciones en que el periodo coincidente es de una extensión suficiente para poder hacer un análisis de distribución temporal. Ellas son las estaciones Manucho (Ruta Provincial N°4) y Esperanza (Ruta Provincial N°6), pertenecientes a la cuenca del Río Salado, cuyas series se extienden desde 1953/88 y 1953/76 respectivamente. Se decidió trabajar con una serie coincidente en el periodo 1954/72, en su análisis temporal para evitar los períodos con interrupciones de registro de la información.

De la misma manera se trabajó con la información pluviométrica, de la cual surgieron dos estaciones como las más convenientes para su análisis. Estas son Cululú (Lat:31°11' Lon:60°56') y Progreso (Lat:31°08' Lon:60°00'), ambas coincidentes en la extensión de sus registros que van desde el año 1958 al año 1996, con valores faltantes en los años 1974, 1979/81. Por lo que, para el análisis se decide trabajar con el primer tramo de la serie, sin considerar los años faltantes y subsiguientes, que serán rellenados en futuras etapas de la investigación encaradas para poder considerar el período completo de registro. En todos los casos (precipitaciones mensuales y alturas medias mensuales) fueron considerados valores cuyo Estimador de Confianza Feurouge (ECF) fue superior al 80%.

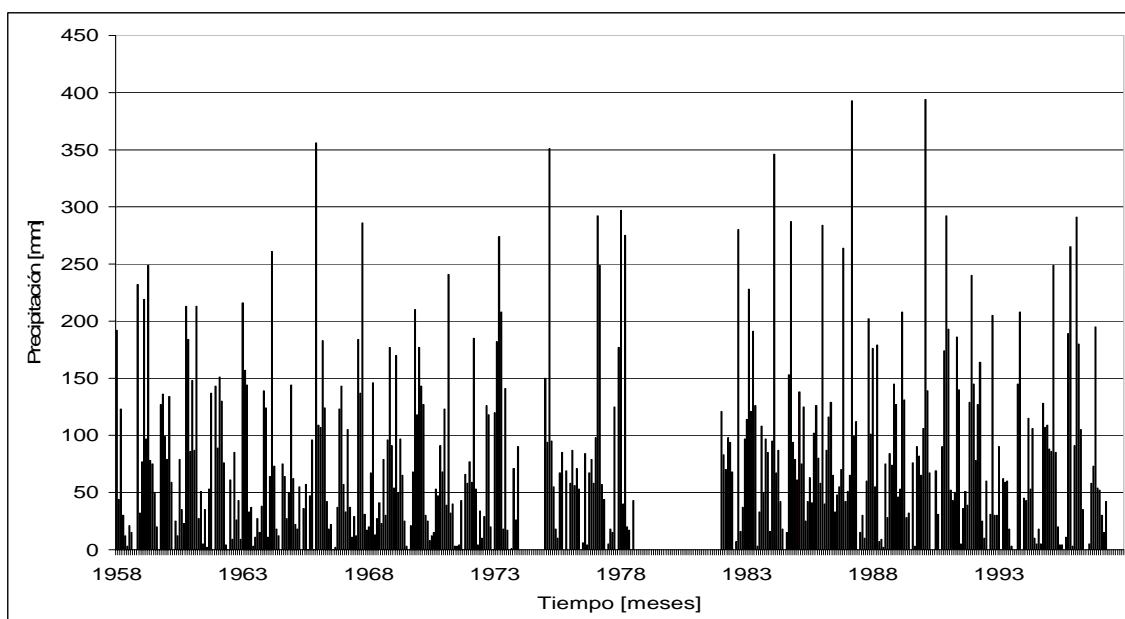
### **Análisis Temporal**

Las gráficas de precipitaciones mensuales de las estaciones Cululú (Figura 2) y Progreso (Figura 3) muestran un comportamiento similar en su variación temporal. En la curva de alturas medias mensuales cronológicas de la estación de Manucho (Figura 4) se aprecia un salto de las alturas de aproximadamente 5 metros a partir del año 73 luego de una discontinuidad en los registros. Una de las causas de este cambio brusco en los valores de altura puede deberse a un cambio en el emplazamiento de la escala hidrométrica. Esta característica no se presenta en la distribución mensual de la estación de Esperanza (Figura 5). Estas gráficas refuerzan los fundamentos de la elección del período coincidente 1958/78 de las estaciones pluviométricas y del período 1954/72 de las estaciones hidrométricas.

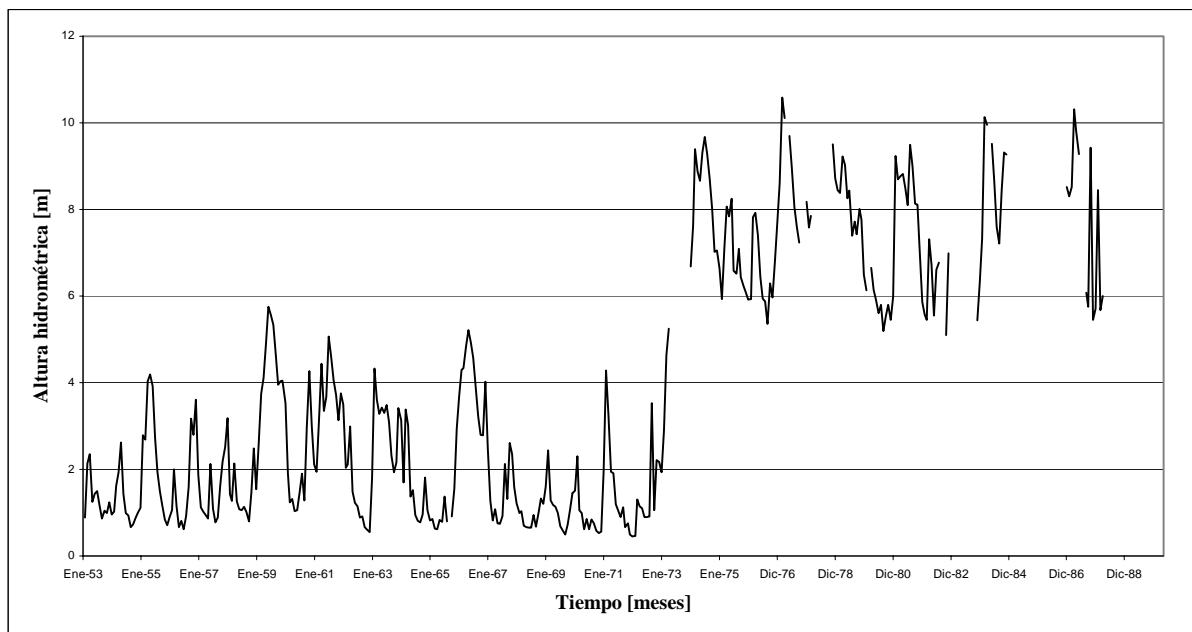




**Figura 2.** Precipitaciones mensuales de la Estación Cululú. Serie 1958/96.

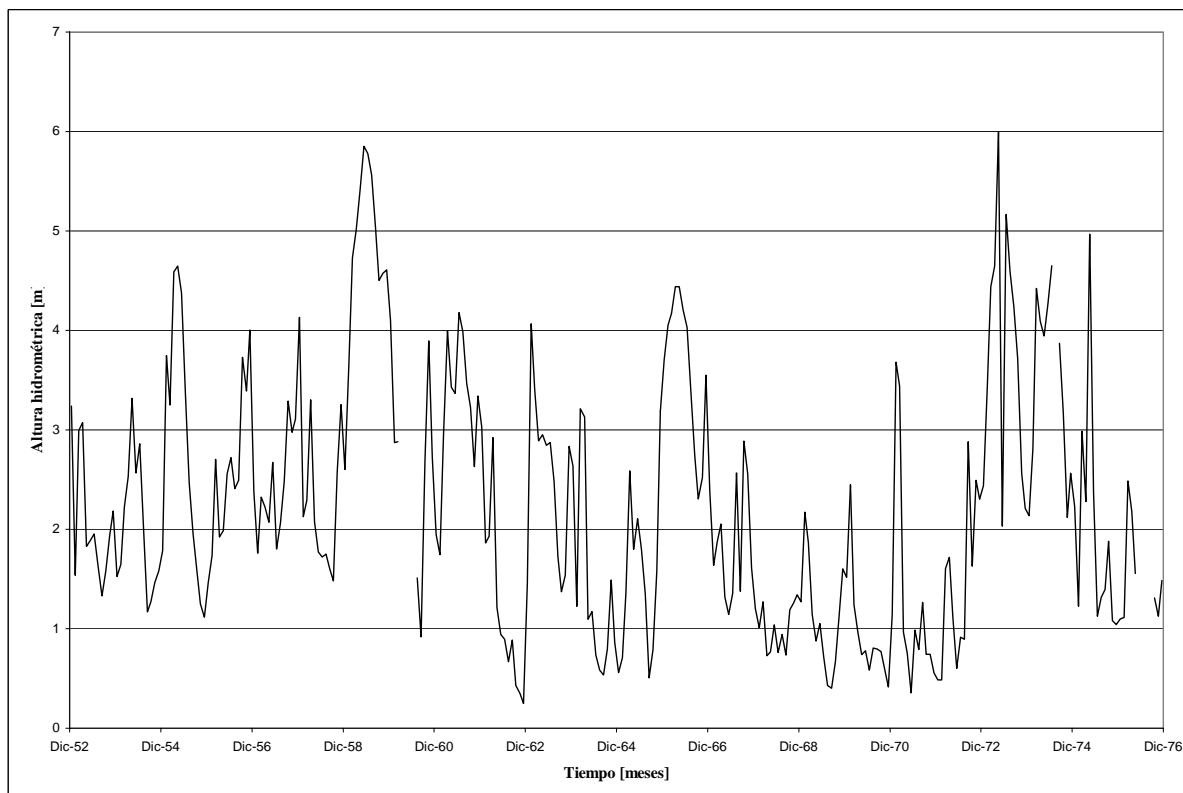


**Figura 3.** Precipitaciones mensuales de la Estación Progreso. Serie 1958/96.

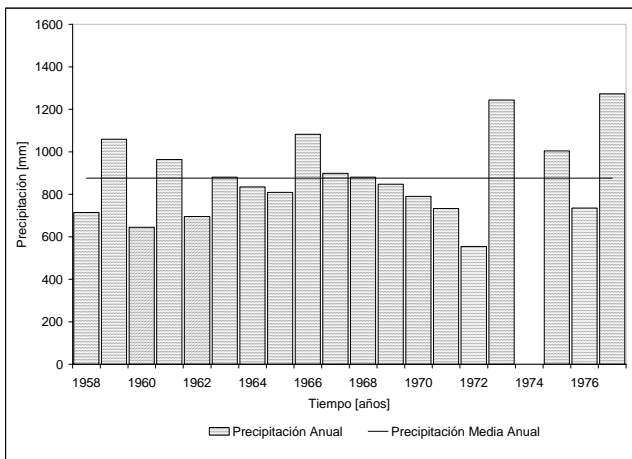


**Figura 4.** Alturas medias mensuales de la Estación Manucho. Serie 1953/88.

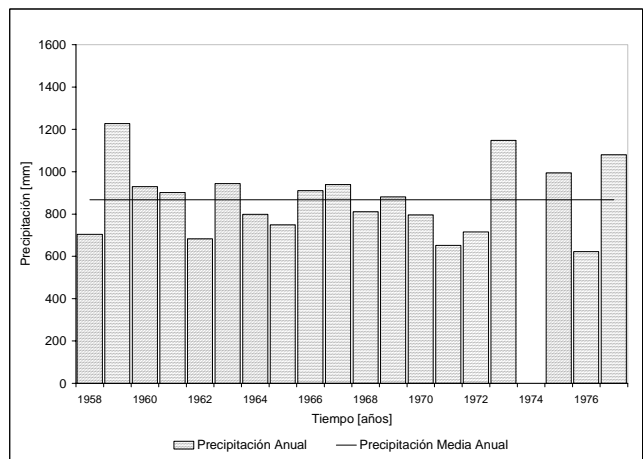
Los gráficos de las precipitaciones anuales cronológicas de las estaciones Cululú y Progreso se muestran en las Figuras 6 y 7, y las alturas medias anuales cronológicas de las estaciones Manucho y Esperanza se muestran en las Figuras 8 y 9. Se observa que las precipitaciones se encuentran por debajo de la media hasta el año 1973, a partir del cual se advierte un incremento de las mismas.



**Figura 5.** Alturas medias mensuales de la Estación Esperanza. Serie 1953/76.

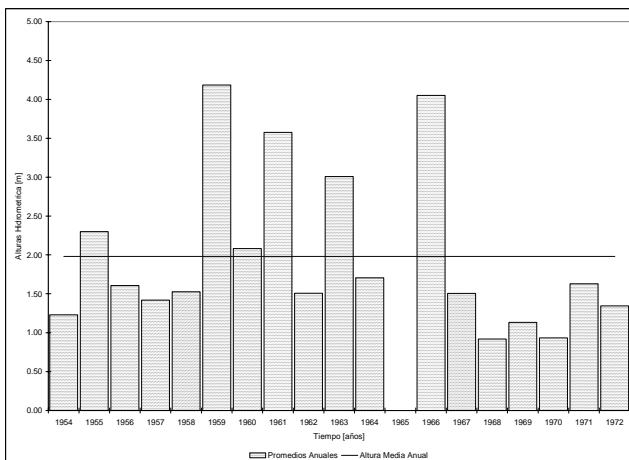


**Figura 6.** Precipitaciones Anuales Cronológicas. Estación Cululú. Serie 1958/77.

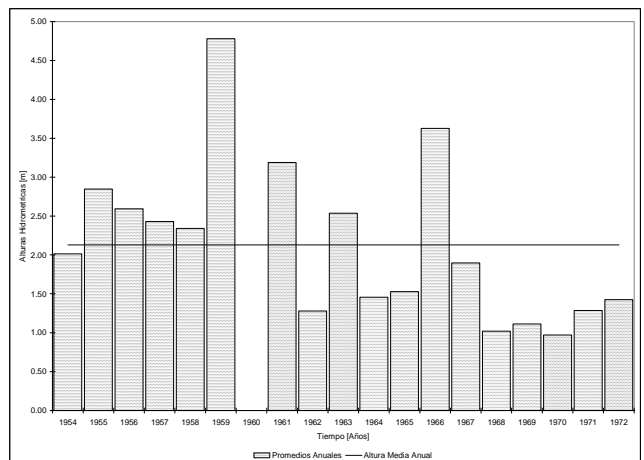


**Figura 7.** Precipitaciones Anuales Cronológicas. Estación Progreso. Serie 1958/77.

Se evidencia que a partir del año 1967 las alturas medias anuales están por debajo de la altura media anual del período (de magnitud similar en las estaciones) y hay cuatro años en que la excedencia es importante (1959-1961-1963-1966).

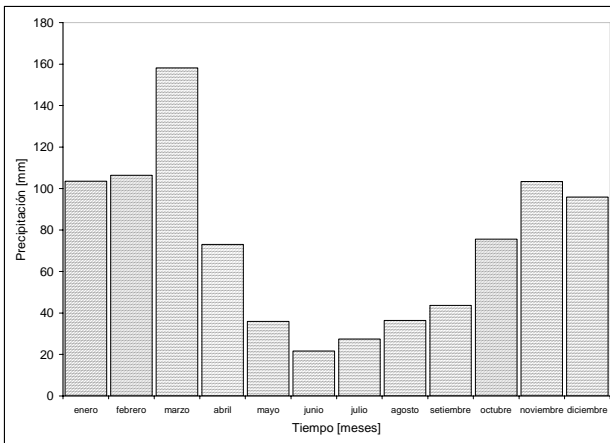


**Figura 8.** Alturas Medias Anuales Cronológicas. Estación Manucho. Serie 1954/72.

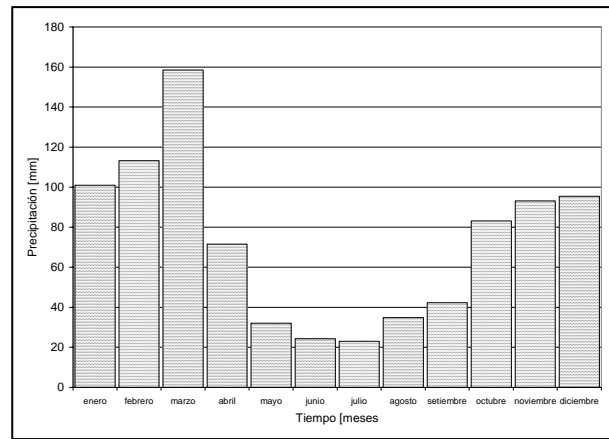


**Figura 9.** Alturas Medias Anuales Cronológicas. Estación Esperanza. Serie 1954/72.

En las Figuras 10 y 11, se representan la distribución de precipitaciones del “año medio”, donde los valores máximos se registran en los meses de verano y los valores mínimos en invierno. La distribución de alturas del “año medio” se representa en las Figuras 12 y 13 donde se observa un comportamiento homogéneo. Las alturas máximas se presentan en otoño, después de las lluvias de verano y las alturas mínimas ocurren en primavera, después del invierno.

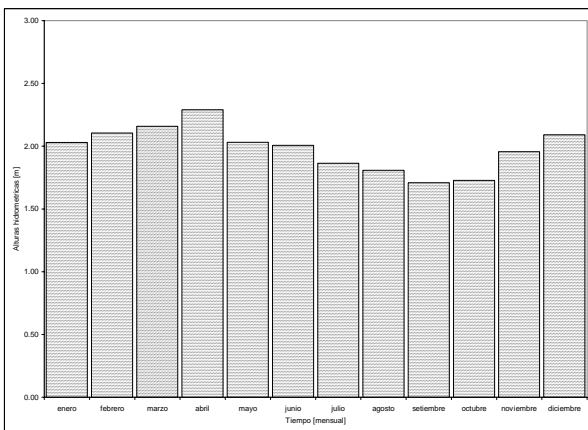


**Figura 10.** Distribución del año medio.  
Estación Cululú. Serie 1958/77.

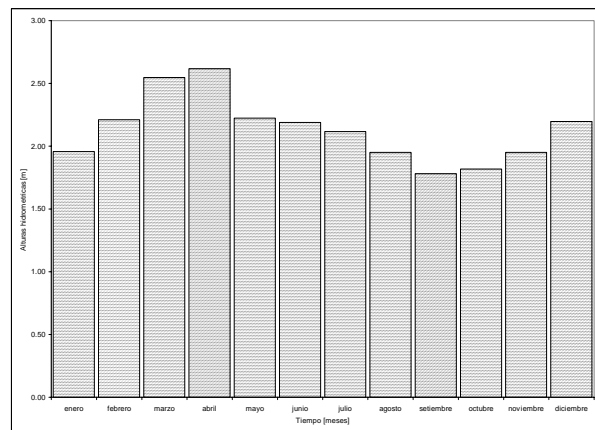


**Figura 11.** Distribución del año medio.  
Estación Progreso. Serie 1958/977

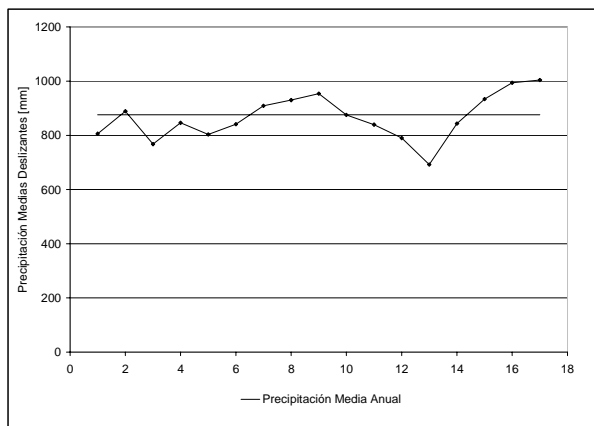
Para el cálculo de medias deslizantes y móviles (Figuras 14 a 29), se tomaron submuestras de tamaños 3, 5 y 7 años. Las medias deslizantes evidencian dos períodos generalizados, uno seco (hasta el año 1970 aproximadamente) y otro húmedo. Dentro del período seco se distinguen a su vez dos subperíodos, uno húmedo, dado al comienzo de la serie, y a continuación otro seco. En los gráficos de medias móviles también se observa dicha variación.



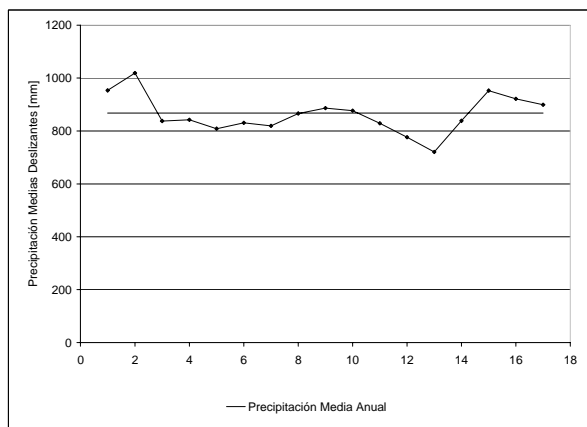
**Figura 12.** Distribución del año medio.  
Estación Manucho. Serie 1954/72.



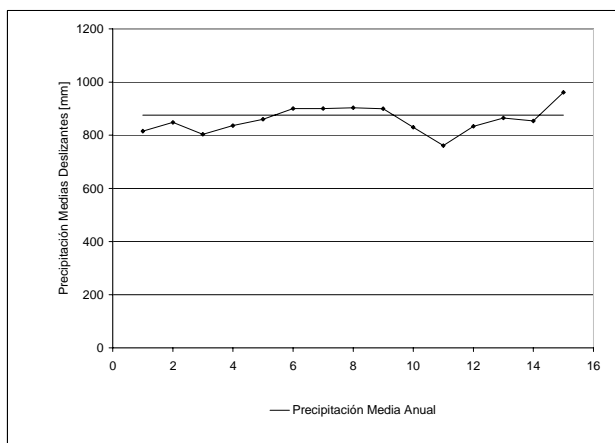
**Figura 13.** Distribución del año medio.  
Estación Esperanza. Serie 1954/72.



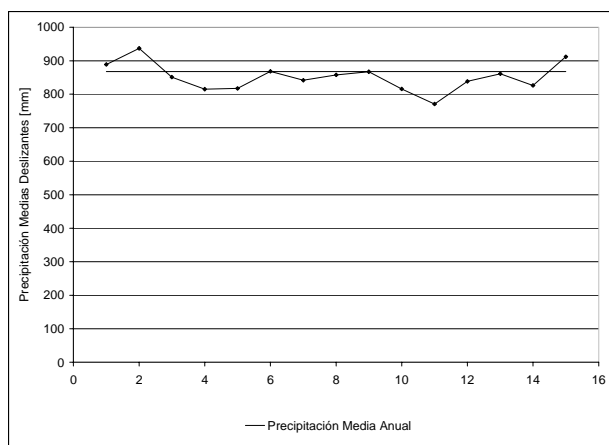
**Figura 14.** Medias Deslizantes (3 años).  
Estación Cululú. Serie 1958/77.



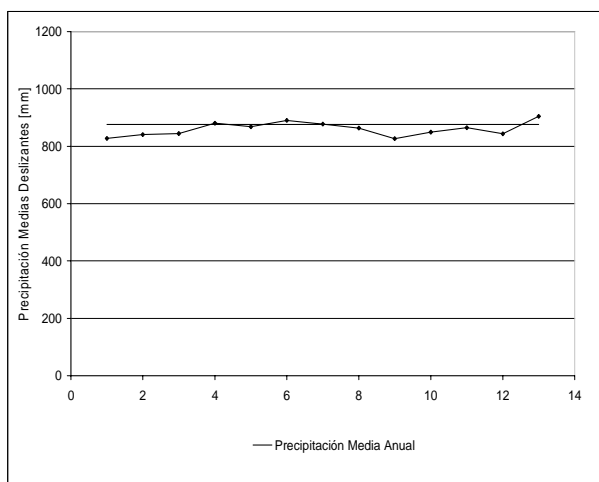
**Figura 15.** Medias Deslizantes (3 años).  
Estación Progreso. Serie 1958/77.



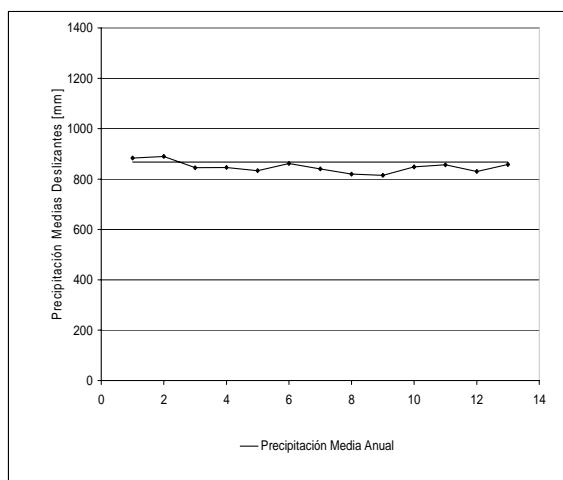
**Figura 16.** Medias Deslizantes (5 años).  
Estación Cululú. Serie 1958/77.



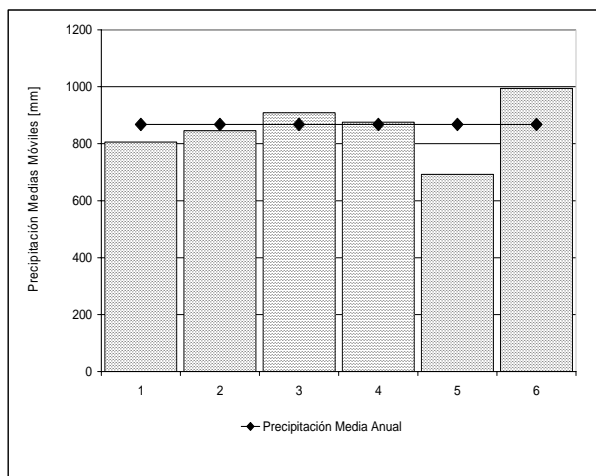
**Figura 17.** Medias Deslizantes (5 años).  
Estación Progreso. Serie 1958/77.



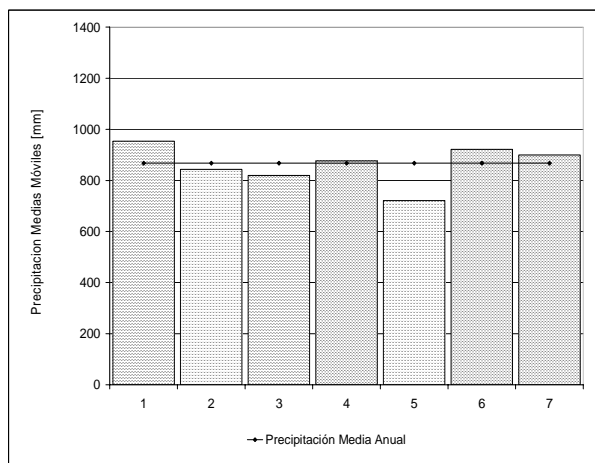
**Figura 18.** Medias Deslizantes (7 años).  
Estación Cululú. Serie 1958/77.



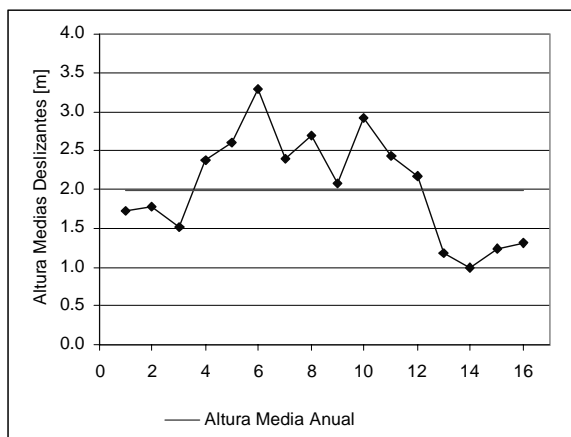
**Figura 19.** Medias Deslizantes (7 años).  
Estación Progreso. Serie 1958/96.



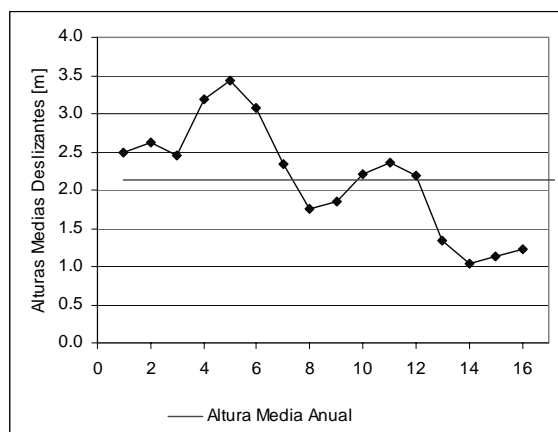
**Figura 20.** Medias Móviles (3 años).  
Estación Cululú. Serie 1958/77.



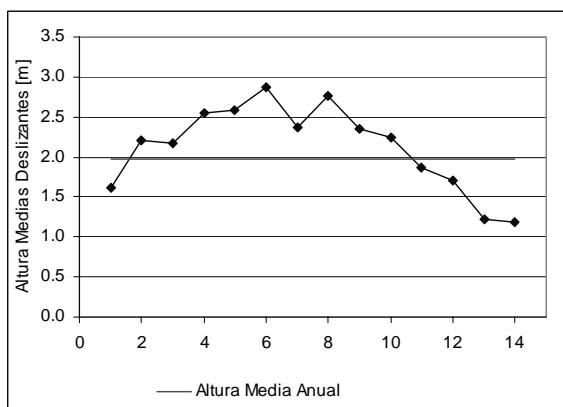
**Figura 21** Medias Móviles (3 años).  
Estación Progreso. Serie 1958/96.



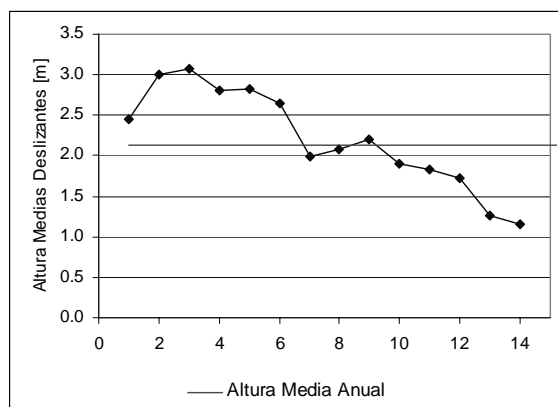
**Figura 22.** Medias Deslizantes (3 años).  
Estación Manucho.



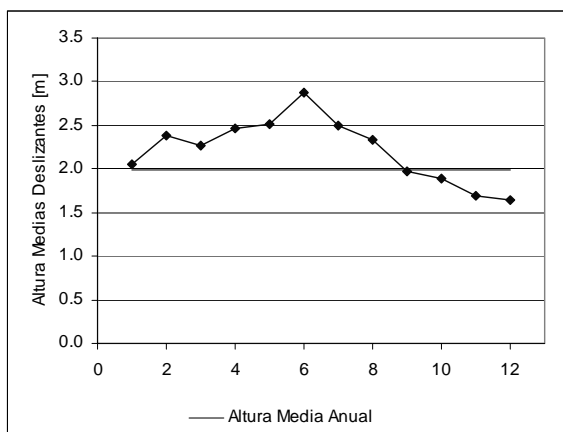
**Figura 23.** Medias Deslizantes (3 años).  
Estación Esperanza.



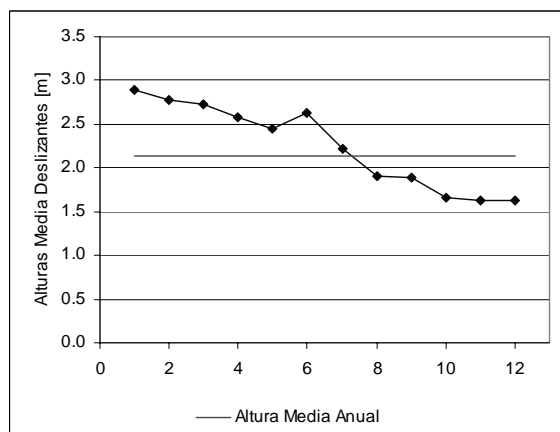
**Figura 24.** Medias Deslizantes (5 años).  
Estación Manucho.



**Figura 25.** Medias Deslizantes (5 años).  
Estación Esperanza.

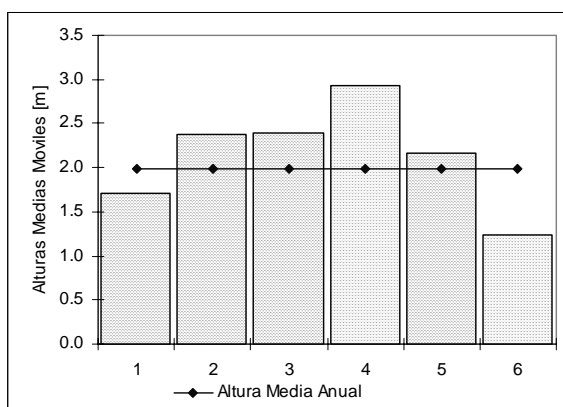


**Figura 26.** Medias Deslizantes (7 años).  
Estación Manucho.

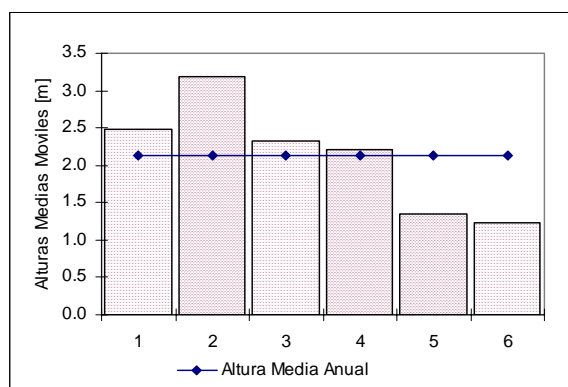


**Figura 27.** Medias Deslizantes (7 años).  
Estación Esperanza.

Las medias deslizantes marcan un cambio de un subperíodo húmedo a seco. Este cambio de régimen se evidencia en las medias móviles (Figuras 28 y 29) donde se observa que las alturas medias anuales tienden a disminuir.



**Figura 28.** Medias Móviles (3 años).  
Estación Manucho.



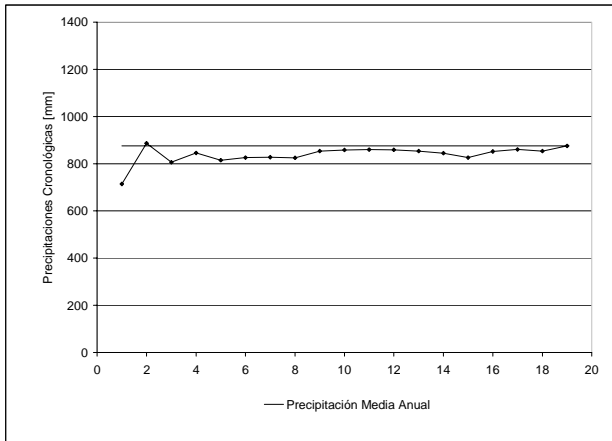
**Figura 29.** Medias Móviles (3 años).  
Estación Esperanza.

En las curvas cronológicas incrementales de las precipitaciones (Figuras 30 y 31), se observa un comportamiento homogéneo del período en el cual la media anual tiende a aumentar a la media anual del período a partir del año 1973, en ambas estaciones.

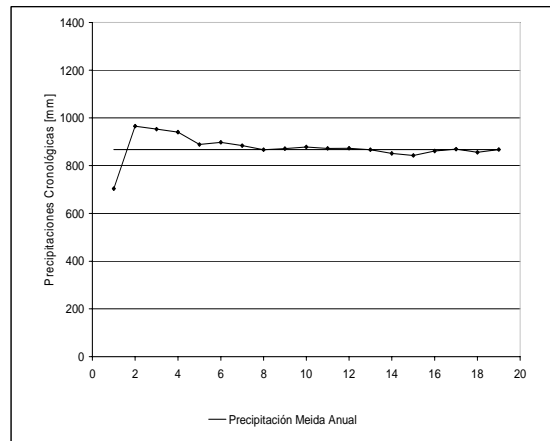
Respecto a las cronológicas incrementales de las alturas hidrométricas (Figuras 32 y 33), se identifica que en ambas estaciones la altura media anual tiende a disminuir a la media anual del período.

Estas Figuras indican que en el período analizado las alturas hidrométricas medias anuales disminuyen a partir del año 1958, en la Estación de Manucho (Figura 32) y a partir del año 1962, en la Estación de Esperanza (Figura 33). Se evidencia una mayor variabilidad en las alturas que en la precipitación, fundamentada en que las alturas hidrométricas proporcionan una cuantificación de

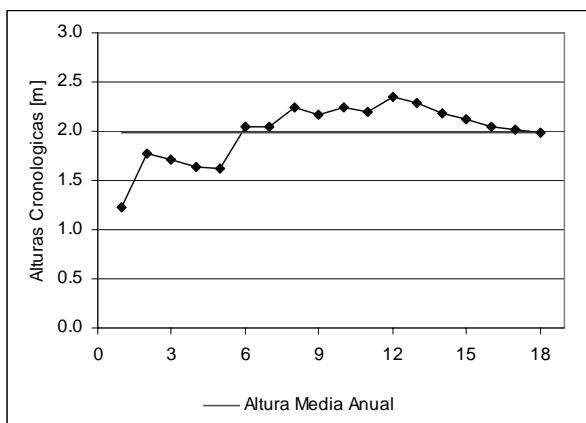
la respuesta del sistema hidrológico analizado ante una entrada manifestada como precipitación, en las etapas siguientes de la investigación se tratarán de analizar las posibles causas de este comportamiento, adoptando para ello la perspectiva sistémica que la situación merece.



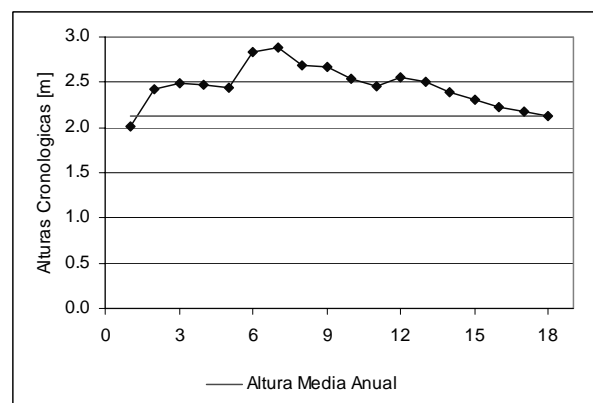
**Fig. 30:** Curvas Cronológicas Incrementales. Estación Cululú. Serie 1958/77.



**Fig. 31:** Curvas Cronológicas Incrementales. Estación Progreso. Serie 1958/77.



**Fig. 32:** Curvas Cronológicas Incrementales. Estación Manucho.



**Fig. 33:** Curvas Cronológicas Incrementales. Estación Esperanza.

En la Tabla 1 se incluyen los índices estacionales y característicos de las estaciones analizadas. Estos índices cuantifican y complementan lo observado en las Figuras anteriores dado que los órdenes de magnitud obtenidos en las estaciones son comparables entre sí. El índice de concentración me indica que en la estación Cululú y Progreso las alturas de lluvia caídas presentan cierta variabilidad en el año; y que en las estaciones Esperanza y en Manucho las alturas fueron similares todo el año (valores son cercanos a 1). Los índices estacionales establecen que las mayores precipitaciones en Cululú y en Progreso se dan en los meses de verano y otoño; y para las estaciones de Esperanza y Manucho, que las mayores alturas se dan en otoño y verano, como ya se había podido inferir en el gráfico de distribución del año medio.



**Tabla 1.** Índices característicos.

	Estación Pluviométrica		Estación Hidrométrica	
	Cululú	Progreso	Manucho	Esperanza
Promedio del período	876 [m]	868 [m]	1.98 [m]	2.13 [m]
Máximo	1272 [m]	1227 [m]	5.76 [m]	5.85 [m]
Mínimo	554 [m]	623 [m]	0.45 [m]	0.25 [m]
Rango	718 [m]	604 [m]	5.31 [m]	5.60 [m]
I de max	1.45	1.41	2.90	2.75
I de min	0.63	0.72	0.23	0.12
I max-min	2.3	1.97	12.8	23.40
I de Primavera	0.25	0.25	2.72	2.61
I de Verano	0.35	0.36	3.14	2.98
I de Otoño	0.31	0.30	3.27	3.47
I de Invierno	0.10	0.09	2.89	2.94
I de Concentración	4.10	4.12	1.14	1.22

## CONCLUSIONES

El análisis de la información disponible en las estaciones del centro de la provincia de Santa Fe, permite afirmar que la mayoría de las estaciones poseen insuficientes longitudes de años de registro y discontinuidad de datos.

Sólo las estaciones pluviométricas Cululú y Progreso, y las estaciones hidrométricas Manucho y Esperanza sobre el río Salado cumplen con los requisitos de longitud de observaciones y período coincidente para aplicar la metodología propuesta. No obstante, presentan distintos niveles de carencia de observaciones diarias, los que se clasificaron con un estimador de confianza; que representa una incertidumbre baja, dado que poseen un porcentaje mayor al 80% de registro de datos.

El análisis temporal de las precipitaciones en las estaciones Cululú y Progreso, determina que ambos puntos de observación poseen regímenes pluviométricos homogéneos dado que presentan similar comportamiento en la variación de las precipitaciones anuales. Respecto del análisis temporal de las alturas hidrométricas, también se verifica un comportamiento homogéneo de las estaciones Manucho y Esperanza verificándose en ambas, coincidencia en los años de excesos y déficit respecto de la media anual del período. A partir del año 1962 las alturas hidrométricas disminuyen, marcando un subperíodo seco en el período de análisis considerado, que coincide con el mismo subperíodo seco que puede apreciarse en el análisis de las precipitaciones, marcando la correlación que se da entre dichas variables, en la zona en estudio. Se observa sin embargo, que las precipitaciones se

encuentran por debajo de la media hasta el año 1973, a partir del cual se advierte un incremento de las mismas.

Las mayores precipitaciones y alturas se presentan en los meses de verano, comportamiento que se acompaña cuantitativamente con los índices característicos.

Se sugiere ampliar este inventario con otras fuentes de datos (empresa Evaluación de Recursos S.A. (EVARSA), Consejo Federal de Inversiones (CFI), Instituto Nacional del Agua (INA), entre otros) para controlar y homogeneizar la información disponible en los distintos organismos y de esta forma continuar este análisis tanto para el rellenamiento de series incompletas como mediante la consideración de períodos posteriores al analizado, como base para estimaciones de evaluación, diseño y manejo, propendiendo a la integración de los resultados en la cuenca inferior del río Salado.

Se recomienda e insiste, tanto en el mantenimiento de las redes de medición existentes como en la implementación de nuevas estaciones de observación de acuerdo a un diseño que optimice la representatividad espacio-temporal de los registros obtenidos, poniendo especial énfasis a la toma de conciencia de los decisores políticos y grupos interesados sobre la importancia de contar con registros históricos confiables y continuos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Dirección Provincial de Obras Hidráulicas, al Departamento de Comunicaciones de la Provincia de Santa Fe y al Centro de Informaciones Meteorológicas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas por haber facilitado los datos básicos para la realización de este trabajo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. (1976). *“Hidrología Subterránea”*. Capítulo 7.1. Tomo I. Primera Edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. España.
- PAOLI, C Y BOLZICO, J. (1992). “Presentación y tratamiento de información hidrometeorológica; aspectos generales y particulares para datos pluviométricos”. Publicaciones FICH. UNL. E+D. (01/92). Santa Fe. Argentina.
- SILVA ALVES M. M.; RABELO ALVES PATRUS, M. L.; ANDRADE PINTO, E. J. (1993). “Análisis de Consistencia de datos pluviométricos da Bacia do Alto Sao Francisco”. Revista Ciencia y Tecnología. Brasil.
- ZUCARELLI, G.; MORRESI, M. (2001). “Red pluviométrica en la provincia de santa fe en el período 1956-1990”. Revista del Curiam. Vol. 7 N° 1. Primer semestre 2001. Páginas 17-23.