

ANALISIS DE TENDENCIA Y PERIODICIDAD DE LAS
PRECIPITACIONES DE QUITO

Por

Sergio Radrigán V. (*)

Francisco Verni M. (**)

RESUMEN

Se presenta un análisis estadístico realizado a la serie anual de precipitaciones de Quito con el propósito de investigar tendencia y periodicidad.

El estudio efectuado por medio de promedios móviles y correlación serial permite detectar la existencia de una tendencia oscilatoria de la serie con un período del orden de 19 años.

La predicción de la tendencia de corto plazo utilizando un modelo armónico lograría explicar un 20% de la varianza total en relación a un modelo clásico estático.

(*) Jefe Departamento Ingeniería Civil ENDESA
Profesor Escuela de Ingeniería U. Católica de Chile

(**) Ingeniero División Estudios Hidrológicos ENDESA

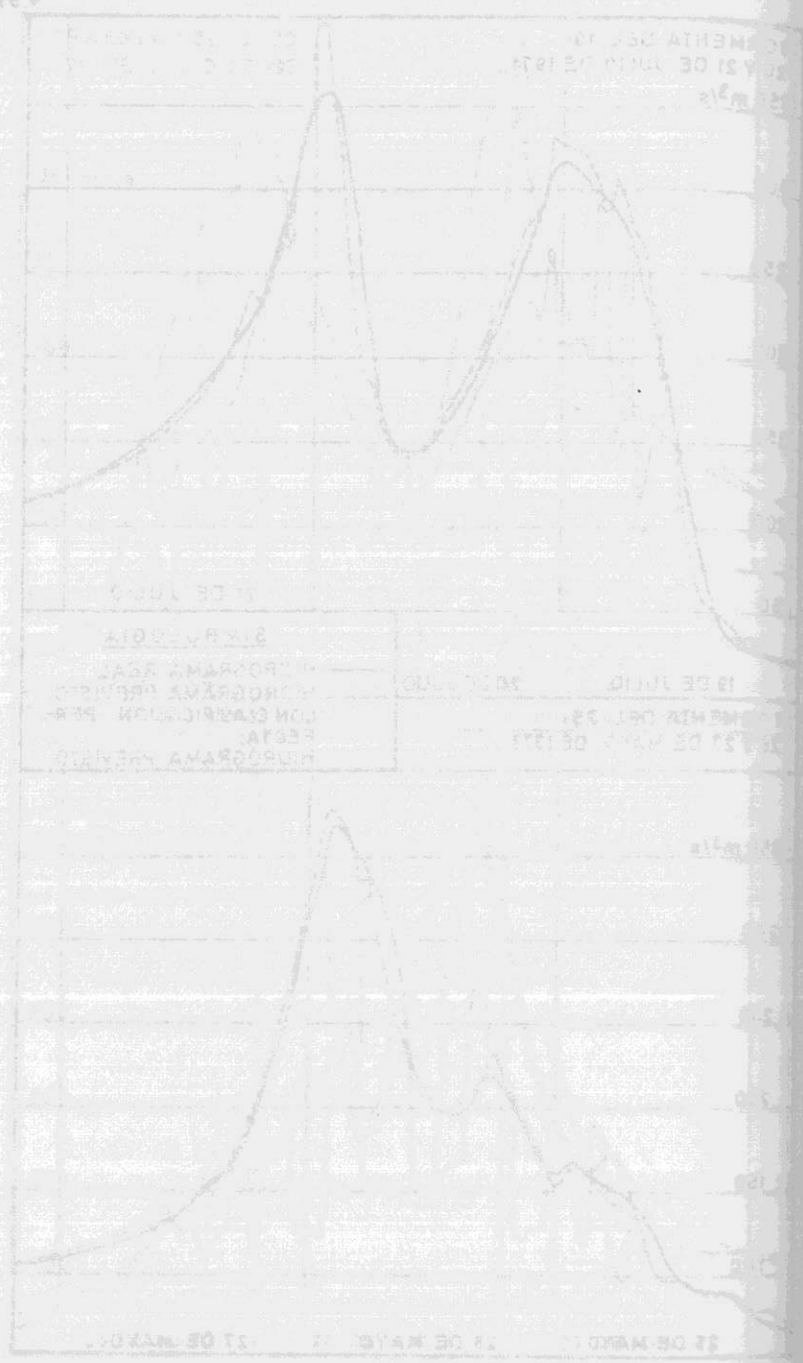


Figura 1. Precipitaciones anuales de Quito (1940-1980).
Figura 2. Precipitaciones anuales de Quito (1940-1980).

El conocimiento sistemático de los factores hidrometeorológicos es de fundamental importancia en el desarrollo de diversas actividades que de un modo u otro están afectadas por las variaciones de dichos factores.

Los cambios que se presentan en forma más o menos regular en los parámetros que definen el clima inciden muchas veces negativamente en ciertas actividades económicas. Especialmente importante es la variación que experimentan las precipitaciones, origen del agua que es curriará por los ríos, en actividades específicas como el riego y la generación de energía hidroeléctrica.

El presente trabajo corresponde a parte de un estudio realizado con el objeto de caracterizar el régimen de precipitaciones e investigar la existencia de períodos de precipitaciones y sequías en el Ecuador.

2. ESTADÍSTICA PLUVIOMÉTRICA DISPONIBLE

La estadística pluviométrica más larga y confiable disponible en Ecuador corresponde a la del Observatorio de Quito, que se extiende desde 1981 hasta la fecha, abarcando 87 años calendarios completos hasta 1977.

3. METODOLOGÍA EMPLEADA

Dos factores interesa analizar en las series de tiempo de las precipitaciones y que pueden incidir en uno o varios períodos de sequía o exceso de precipitación: el relacionado con la tendencia en el tiempo y la periodicidad o persistencia de valores extremos.

Para el primer caso se ha estimado conveniente analizar la serie por medio de promedios móviles, tomando diversas longitudes.

Para el segundo caso se ha utilizado correlación serial o autocorrelación, aplicada a la serie de precipitaciones anuales y la serie de promedios móviles de 5 años, esta última con el propósito de eliminar una parte de la aleatoriedad propia de la serie y poder detectar

persistencia de valores extremos.

4. ANÁLISIS DE TENDENCIA MEDIANTE PROMEDIOS MÓVILES

Un análisis preliminar de los datos pluviométricos sugirió la idea de realizar un análisis de comportamiento secuencial en el largo plazo de la serie de datos anuales.

En efecto, el análisis de los promedios móviles de 5, 10 y 20 años respectivamente acusan fuertemente la existencia de una variación cíclica en el comportamiento de los datos.

En la figura N° 1 se ha llevado en un mismo gráfico la serie anual y los promedios móviles de 5 años. Se puede apreciar que los promedios móviles presentan una oscilación persistente con un período aproximado de 20 años.

En la figura N° 2 se han llevado los promedios móviles de 10 y 20 años de la estadística y que corresponden en mejor forma a la "resonancia" del período buscado. El promedio móvil de 10 años, que correspondería a la semi-onda de un período de 20 años, tiene una variación cíclica bastante acusada. En cambio, el promedio móvil de 20 años, que correspondería al período de 20 años, muestra un suavizamiento bastante grande y una tendencia secular de gran regularidad.

5. ANÁLISIS MEDIANTE CORRELACION SERIAL

Una técnica que permite analizar series de tiempo es la correlación serial o autocorrelación.

Se define el coeficiente de correlación serial de orden K para una serie de tiempo $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ como:

$$R_K = \frac{\frac{1}{N-K} \sum_{i=1}^{N-K} X_i X_{i+K} - \frac{1}{(N-K)^2} \left(\sum_{i=1}^{N-K} X_i \right) \left(\sum_{i=1}^{N-K} X_{i+K} \right)}{\left[\frac{1}{N-K} \sum_{i=1}^{N-K} X_i^2 - \frac{1}{(N-K)^2} \left(\sum_{i=1}^{N-K} X_i \right)^2 \right]^{1/2} \left[\frac{1}{N-K} \sum_{i=1}^{N-K} X_{i+K}^2 - \frac{1}{(N-K)^2} \left(\sum_{i=1}^{N-K} X_{i+K} \right)^2 \right]^{1/2}} \quad (1)$$

4.102 donde N es la longitud de la serie. Para $K = 0$ se deduce $r_0 = 1$ y para

$$K > 1, -1 \leq r_K \leq 1.$$

Dicho de otra manera, el coeficiente de correlación serial o de autocorrelación de orden K representa el coeficiente de correlación de la serie correlacionada con si misma y desfasada en K valores.

Por medio del coeficiente de correlación serial se puede analizar si una serie es oscilatoria o no. Se puede demostrar que para una serie con una componente determinística armónica como la indicada:

$$X_i = A \operatorname{sen} \frac{2 \pi i}{T} + Y_i \quad (2)$$

en que A y T son respectivamente la amplitud y el período y Y_i es una componente aleatoria, el coeficiente de correlación serial de orden K está dado por la expresión:

$$R_K = \frac{A^2}{2 \operatorname{Var}(X)} \operatorname{sen} \frac{2 \pi}{T} K \quad (3)$$

donde la variancia de X, $\operatorname{Var}(X)$, queda definida por:

$$\operatorname{Var}(X) = \frac{A^2}{2} + \operatorname{Var}(Y) \quad (4)$$

Se puede observar en (3) que R_K varía con un período similar a la variable X_i , lo cual permitiría detectar periodicidad en la serie de tiempo.

En la figura N° 3 se presenta el correlograma de la serie anual de precipitaciones. En ella se aprecia una cierta persistencia de valores aunque no en forma muy categórica.

En la misma figura se ha superpuesto el correlograma de la serie de promedios móviles de 5 años. Se puede observar una clara oscilación de la serie con un período de alrededor de 19 años.

6. MODELO DE PREDICCIÓN EN EL CORTO PLAZO

Los resultados obtenidos de los análisis realizados sugirieron la idea de utilizar un modelo armónico de predicción en el corto plazo y compararlo con un análisis estático de la serie.

Por medio de técnicas de ajuste se obtuvo una relación como la indicada en (2) para la serie anual, descontando la tendencia de largo plazo y tomando como base un período de 19 años.

La correlación muestral entre la curva del modelo y los datos resultó ser:

$$r^2 = 0.216$$

lo cual indica la importancia del residuo aleatorio Y_i .

El análisis de distribución del residuo aleatorio dio los siguientes parámetros estadísticos:

Desviación típica	=	195 mm
Kurtosis	K =	3,7
Sesgo	S =	0,34

En resumen, la distribución es levemente sesgada a la derecha y levemente más centralizada que la distribución normal.

Para comparar el modelo desarrollado con el análisis clásico estático, se hizo al estudio de distribución de la estadística observada, la cual dio los resultados:

Media	$\bar{X} =$	1 230 mm
Desviación típica	$\sigma'_x =$	221 mm
Kurtosis	K =	3.2
Sesgo	S =	0.38

En resumen, esta distribución es también levemente sesgada a la derecha y prácticamente con igual centralización que la distribución normal.

Aparentemente si se comparan las desviaciones típicas, el modelo armónico no mejora la predicción de un modelo estático. Sin embargo, si bien alcanza a explicar un 20% del fenómeno, lograría una explicación mucho mejor en el corto plazo.

Así, por ejemplo, el modelo armónico permite predecir para el período 1981-1985 una precipitación anual de probabilidad 50% del orden de 1 000 mm al año en cifras redondas. En cambio, el procedimiento

4.104. clásico estático daría una precipitación anual de probabilidad 50% de 1 230 mm al año. Si se desea englobar las precipitaciones dentro de una probabilidad 95% de ocurrencia, el modelo permitiría predecir un rango entre un máximo de 1 350 mm y un mínimo de 600 mm al año. El análisis clásico arrojaría para estas condiciones un máximo de 1 660 mm y un mínimo de 800 mm al año.

CONCLUSIONES

Del análisis realizado a la serie anual de precipitaciones de Quito se puede concluir que ella presenta una tendencia oscilatoria.

Esta característica de la serie hace posible ajustar un modelo armónico que permite mejorar la predicción de la tendencia en el corto plazo, comparada con un modelo clásico estático.

En resumen, si bien la varianza explicada por el modelo alcanza a sólo un 20% del total, la predicción en el corto plazo mejora en el sentido de poder vislumbrar en el tiempo una persistencia de valores extremos.

AÑO	P (mm)	AÑO	P (mm)
1891	1 329,1	1935	1 347,2
1892	1 429,5	1936	985,3
1893	1 617,3	1937	1 178,2
1894	999,0	1938	1 405,1
1895	936,4	1939	1 154,1
1896	1 222,4	1940	1 057,3
1897	1 402,7	1941	1 087,1
1898	1 425,1	1942	1 076,2
1899	1 331,9	1943	1 536,7
1900	1 170,7	1944	1 062,6
1901	1 370,3	1945	1 080,9
1902	1 137,0	1946	986,7
1903	1 060,4	1947	1 259,3
1904	1 246,9	1948	1 016,1
1905	1 062,7	1949	1 153,2
1906	1 022,5	1950	1 667,3
1907	1 261,0	1951	1 470,1
1908	1 429,8	1952	1 237,7
1909	1 338,1	1953	1 654,3
1910	1 197,3	1954	1 384,0
1911	1 206,3	1955	1 354,0
1912	1 107,9	1956	1 108,5
1913	1 582,9	1957	1 184,7
1914	1 020,9	1958	1 022,5
1915	1 467,4	1959	1 092,9
1916	1 367,5	1960	889,9
1917	1 905,4	1961	1 044,2
1918	1 371,6	1962	1 073,4
1919	1 251,8	1963	1 265,8
1920	899,7	1964	1 017,3
1921	1 314,6	1965	1 277,4
1922	1 004,9	1966	988,9
1923	876,8	1967	905,1
1924	1 279,4	1968	1 259,1
1925	1 270,8	1969	1 366,3
1926	692,2	1970	1 174,6
1927	1 424,5	1971	1 452,8
1928	1 489,5	1972	1 407,5
1929	1 337,9	1973	1 082,7
1930	1 180,8	1974	1 272,1
1931	1 179,1	1975	1 548,6
1932	1 467,4	1976	1 041,6
1933	1 345,5	1977	915,9
1934	1 505,5		

PRECIPITACIONES ANUALES DE QUITO
ANALISIS DE LARGO PLAZO

FIGURA N° 1

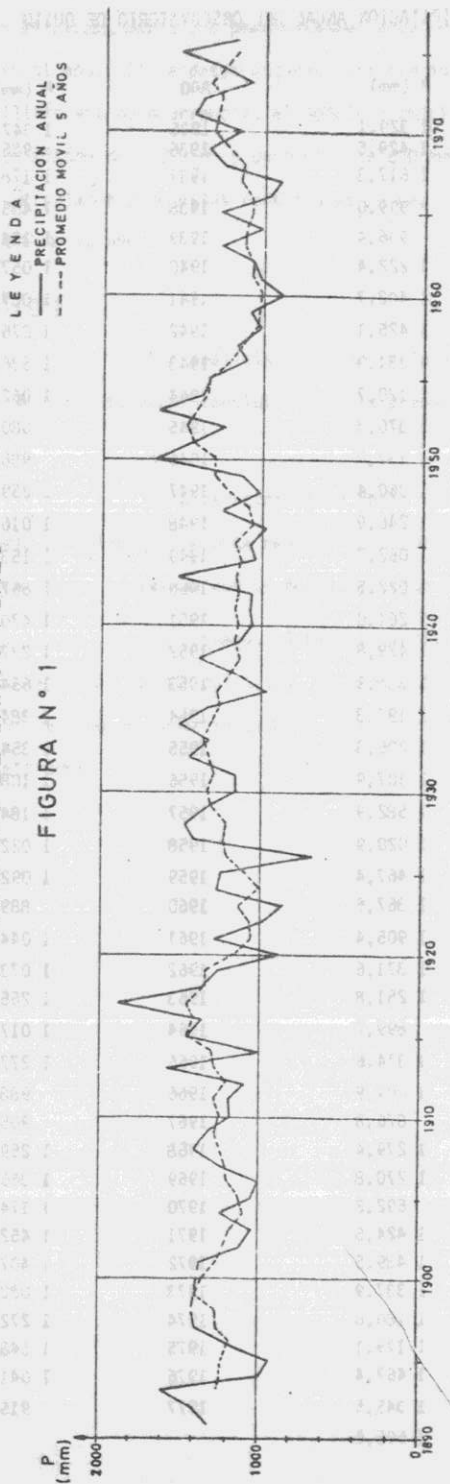
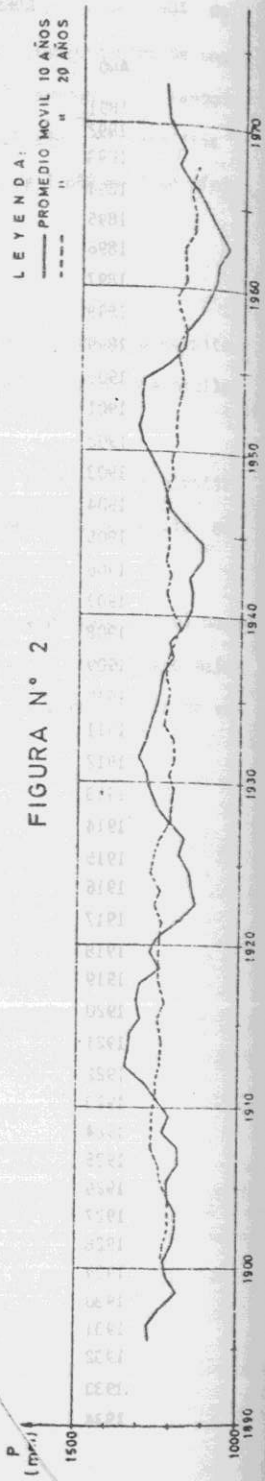


FIGURA N° 2



PRECIPITACIONES ANUALES DE QUITO
ANALISIS DE LARGO PLAZO

FIGURA N° 3

