

Regionalización de los Caudales Máximos Instantáneos Anuales de la Cuenca del Río Santa

Regionalization of the Annuals Instantaneous Maximum Flows of the River Santa Basin

Toribio Marcos Reyes Rodríguez¹

RESUMEN

Las ecuaciones regionalizadas para los caudales máximos instantáneos anuales de la cuenca del río Santa se generaron usando los registros de las estaciones hidrométricas de: Recreta, Pachacoto, Querococha, Olleros, Quilleay, Chancos, Llanganuco, Parón, Colcas, La Balsa, Cedros, Quitaraesa, Chuquicara y Condorcero. Las ecuaciones generadas para los caudales máximos instantáneos anuales para la cuenca del río Santa, están en función del área tributaria y el periodo de retorno para las sub cuencas cuyas áreas están entre 48 Km² a 10400 Km².

Las ecuaciones regionalizadas generadas para los caudales máximos instantáneos anuales son:

- 1) $Q = 0.978A^{0.726} (1 + 0.561 \log (T))$
- 2) $Q = 0.308A^{0.726} (3.173 + 1.78 \log (T))$
- 3) $Q = 1.592A^{0.726} (\log (T))^{0.336}$
- 4) $Q = 0.0826A^{1.037} T^{0.158}$

Palabras clave: caudal máximo instantáneo anual, área tributaria y período de retorno

ABSTRACT

The equations for the annual instantaneous maximum flows of the river Santa basin were generated using the data of the hydrometric stations of: Recreta, Pachacoto, Querococha, Olleros, Quilleay, Chancos, Llanganuco, Parón, Colcas, La Balsa, Cedros, Quitaraesa, Chuquicara and Condorcero. The equations generated for the annual instantaneous maximum flows for river Santa basin are in function of the sub basin area and of the return period whose areas varies between 48 Km² to 10 400 Km². The equations generated for the maximum instantaneous annual caudal for the river Santa basin are:

- 1) $Q = 0.978A^{0.726} (1 + 0.561 \log (T))$
- 2) $Q = 0.308A^{0.726} (3.173 + 1.78 \log (T))$
- 3) $Q = 1.592A^{0.726} (\log (T))^{0.336}$
- 4) $Q = 0.0826A^{1.037} T^{0.158}$

Key words: maximum instantaneous annual caudal, area of the basin and return period

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. treyes2@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El área de la cuenca del río Santa es igual a 11565.22 Km², el perímetro igual a 899.251 Km y el coeficiente de Gravelius igual a 2.34

El exceso del agua produce inundaciones, deslizamientos de suelos, aluviones en forma esporádica pero con fuertes impactos negativos, físicos y socioeconómicos para las personas más vulnerables porque sus viviendas están ubicadas en zonas ribereñas y marginales debido a sus precarias economías.

En la cuenca del río Santa, la cantidad del agua varía espacial y temporalmente. En los meses de Enero a Marzo se presentan los caudales máximos en las quebradas y ríos que ocasionan daños a la infraestructura hidráulica: puentes, defensas ribereñas, viviendas, alcantarillas, etc.; también ocasionan deslizamientos y huaycos que dañan a las carreteras, canales de riego, etc. Estos eventos hidrometeorológicos combinados con otros eventos geológicos producen impactos negativos sobre el medio ambiente, la economía local y regional, y con fuertes impactos negativos sobre la calidad de vida de la población más vulnerable.

Las ecuaciones de regionalización que se generaron servirán como medios de planificación y de diseño de las infraestructuras hidráulicas como puentes, bocatomas, defensas ribereñas, prevención y mitigación de desastres, etc. en diferentes puntos de la cuenca del río Santa. Igualmente servirán para la evaluación y valoración de los impactos ambientales producidos por los caudales máximos extremos. Igualmente servirán como referente para investigaciones similares en el contexto nacional e internacional.

Para realizar el presente trabajo técnico se utilizó como soporte teórico las siguientes referencias:

(Ministerio de Transportes de Brasil, 2005), los caudales máximos instantáneos anuales de dos cuencas y sus áreas tributarias están relacionadas mediante la ecuación:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^{\left(\frac{a}{T-2a} + 0.5\right)}$$

Donde:

Q₁, Q₂ = caudales máximos instantáneos anuales de las cuencas 1 y 2 respectivamente en m³/s

A₁, A₂ = áreas tributarias de las cuencas 1 y 2 en Km²

T = periodo de retorno en años

a = parámetro regional (a dimensional) para cada región

(Linsley, 2004), para la regionalización de los caudales máximos instantáneos anuales, propone el análisis regional de frecuencias, para lo cual recomienda los siguientes pasos:

1. Se determina el caudal pico promedio anual (Q_p) para T=2.33 años
2. Se halla Q_p = aA^b donde a y b son parámetros regionales por determinar y A el área de la cuenca
3. Luego los caudales máximos instantáneos anuales para cada periodo de retorno se dividen entre Q_p, es decir:

$$q(i, T) = \frac{Q(i, T)}{Q_p}$$

4. Se halla una función:

$$q(i, T) = f(T)$$

5. Luego se tiene la ecuación regional para los caudales máximos instantáneos anuales:

$$Q(i, T) = aA^b f(T)$$

(La Organización Meteorológica Mundial, 1995), para la regionalización de las crecidas recomienda utilizar la crecida índice:

$$q(i, T) = \frac{Q(i, T)}{Q_p}$$

Luego, recomienda hallar la ecuación para la crecida índice y relacionar los parámetros físicos o climatológicos de la cuenca

(Fair, 2005), hace referencia a la fórmula de Fuller para el cálculo de crecientes máximas instantáneas anuales del tipo:

$$Q = CA^{0.8}(1 - 0.8 \log(T))$$

- Q = caudal máximo instantáneo anual
- C = constante que varía de 25 a 200 (sistema inglés), de 0.327 a 2.62 (sistema métrico)
- A = área drenada en millas cuadradas
- T = periodo de retorno (años)

(Verkade, 2007), en trabajos realizados en Holanda

encontró para los caudales máximos instantáneos anuales de una estación hidrométrica ecuaciones del tipo:

$$Q = a(\ln(T)) + b$$

Donde:

Q = caudal máximo instantáneo anual (m³/s)
a, b = constantes para la estación hidrométrica
T = período de retorno (años)

(Paoli, 2005), al estudiar las crecidas del río Paraná llegó a la conclusión que el método de los fractales tiene una variabilidad menor que log-Pearson tipo III, según se incluya o no el evento extremo y se varíe la longitud de la serie, es decir, la expresión de log-Pearson tipo III tiende a sobreestimar la recurrencia de los valores altos.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Los materiales y equipos más importantes que se utilizaron en el trabajo de investigación fueron:
2. Carta de la cuenca del río Santa digitalizada
3. Registros hidrométricos de la cuenca del Santa
4. Software: **SPSS 15.0, MINITAB 15.0, EVIEW 6.0, HIDROBAS 3.2, HIDROESTA y SMADA 6.0**

Para la realización del trabajo de investigación se siguió la siguiente metodología:

1. Recopilación de los registros hidrométricos de las estaciones de: Recreta, Pachacoto, Querococha, Olleros, Quillcay, Chancos, Llanganuco, Parón, Colcas, La Balsa, Quitaraesa, Chuquicara y Condorcerro.
2. Completación de los registros hidrométricos en caso de estar incompletos, utilizando técnicas de regresión lineal o múltiple, para lo cual se utilizaron los software: **SPSS 15.0, MINITAB 15.0, EVIEW 6.0, HIDROESTA, HIDROBAS 3.2 y SMADA 6.0**
3. Realización del análisis probabilístico de los registros utilizando el software **SMADA 6.0 y EVIEW 6.0**
4. Después se obtuvo ecuaciones regionalizadas del tipo:

$$1) Q = aA^b T^c$$

Donde:

Q = caudal máximo instantáneo anual (m³/s)

a, b, c = parámetros regionales por determinar

T = período de retorno (años)

A = área de la sub cuenca (Km²)

$$2) Q = aA^b(c+d(\log(T)))$$

Donde:

Q = caudal máximo instantáneo anual (m³/s)

a, b, c, d = parámetros regionales por determinar

T = período de retorno (años)

A = área de la sub cuenca (Km²)

$$3) Q = aA^b$$

Donde:

Q = caudal máximo instantáneo anual (m³/s)

a, b = parámetros regionales por determinar

$$4) Q = aA^b(\log(T))^c$$

Donde:

Q = caudal máximo instantáneo anual (m³/s)

a, b, c = constante regional

A = área drenada (Km²)

T = período de retorno (años)

- 5) Ecuación tipo Füller:

$$Q = CA^{0.8}(1 + 0.8 \log(T))$$

Donde:

Q = caudal máximo instantáneo anual (m³/s)

C = constante regional

A = área drenada (Km²)

T = período de retorno (años)

RESULTADOS

Información hidrométrica disponible

Tabla 1. Registro de caudales máximos instantáneos anuales de la cuenca del Santa

Año	Recreta	Pachacoto	Querococha	Olleros	Quillcay	Chancos	Llanganuco
1953 – 1954	18.40	27.00	6.94	30.06	21.12	29.00	9.90
1954 – 1955	38.20	41.00	7.95	33.09	30.63	34.87	7.20
1955 – 1956	23.50	23.00	6.50	28.70	23.92	30.85	6.20
1956 – 1957	23.00	26.30	6.77	29.54	23.66	37.00	8.80
1957 – 1958	21.50	24.20	6.39	27.94	22.86	33.60	5.88
1958 – 1959	38.00	23.50	6.26	35.85	30.55	28.50	6.40
1959 – 1960	25.78	25.40	8.90	33.24	25.07	34.60	7.20
1960 – 1961	21.48	26.60	8.00	37.26	22.85	34.60	4.20
1961 – 1962	37.60	36.00	9.40	31.94	30.38	36.30	8.80
1962 – 1963	34.10	34.96	7.56	26.73	28.91	40.50	8.28
1963 – 1964	27.01	24.40	5.88	36.42	25.68	27.70	5.45
1964 – 1965	21.97	15.88	9.10	28.76	23.11	29.70	4.45
1965 – 1966	17.08	23.60	6.52	38.38	20.33	22.30	5.45
1966 – 1967	29.09	34.00	9.80	23.60	26.66	32.30	5.93
1967 – 1968	8.80	17.90	4.93	20.28	14.51	21.22	4.45
1968 – 1969	13.20	18.16	3.98	29.84	17.83	27.20	5.45
1969 – 1970	39.90	33.00	6.87	29.32	31.32	28.90	5.85
1970 – 1971	40.00	31.28	6.70	24.00	31.36	60.00	5.86
1971 – 1972	53.55	57.00	8.90	38.40	31.10	37.22	5.57
1972 – 1973	26.96	23.58	5.80	28.80	19.68	34.00	8.63
1973 – 1974	40.35	41.00	7.48	42.00	31.50	31.16	4.45
1974 – 1975	27.65	18.15	10.72	48.00	26.00	48.00	6.65
1975 – 1976	31.26	21.58	10.21	47.84	29.00	40.59	5.98
1976 – 1977	25.19	25.70	8.97	36.05	30.00	37.52	5.86
1977 – 1978	11.90	21.50	8.13	26.42	17.04	45.72	6.40
1978 – 1979	23.10	27.00	8.96	37.76	26.50	44.00	6.76
1979 – 1980	6.17	17.16	4.89	31.88	12.11	56.00	6.57
1980 – 1981	54.70	52.00	9.40	30.80	40.30	42.40	8.97
1981 – 1982	38.80	34.89	10.78	33.40	36.20	44.20	8.97
Media	28.22	28.47	7.68	32.63	25.87	36.21	6.57
Desv. estándar	11.96	9.92	1.79	6.53	6.33	8.98	1.55
C. asimetría	0.33	1.30	-0.08	0.63	-0.10	0.84	0.53

Fuente: Hidrandina, 2007

Tabla 2. Registro de caudales máximos instantáneos anuales de la cuenca del Santa

Año	Parón	Colcas	Cedros	La Balsa	Quitaraesa	Chuquicara	Condorcero
1953 – 1954	2.95	15.82	13.71	750.70	60.44	180.00	907.80
1954 – 1955	2.54	17.20	8.58	1093.10	64.00	188.00	928.50
1955 – 1956	2.34	18.40	8.70	574.54	55.36	187.11	1137.40
1956 – 1957	4.15	14.00	6.57	376.04	60.24	119.00	727.30
1957 – 1958	3.25	13.67	11.68	627.28	65.72	112.86	896.50
1958 – 1959	3.75	14.72	11.55	257.60	69.44	265.36	887.50
1959 – 1960	2.75	14.20	5.15	592.00	62.69	200.14	1110.00
1960 – 1961	3.25	22.74	15.07	700.00	66.05	175.28	1330.00
1961 – 1962	2.75	27.40	17.96	712.24	45.20	263.33	788.30
1962 – 1963	2.45	23.40	14.24	562.00	60.00	245.27	1260.00
1963 – 1964	3.35	16.85	7.18	570.00	45.00	207.04	588.00
1964 – 1965	1.86	15.72	12.13	435.00	33.34	178.17	923.20
1965 – 1966	2.37	18.70	9.10	324.80	38.60	148.37	482.00
1966 – 1967	2.37	28.50	17.19	830.00	53.00	278.00	925.00
1967 – 1968	2.20	18.70	8.41	218.00	38.40	93.88	403.00
1968 – 1969	2.91	27.20	11.04	272.00	84.40	123.02	922.00
1969 – 1970	2.60	26.40	12.81	535.60	35.70	274.94	1186.00
1970 – 1971	3.06	22.75	10.16	613.74	59.21	270.80	1535.80
1971 – 1972	2.85	15.41	10.25	404.00	63.20	266.50	723.10
1972 – 1973	3.53	22.67	19.00	392.20	59.80	285.60	442.00
1973 – 1974	2.36	34.00	9.50	688.60	81.60	230.00	1131.40
1974 – 1975	2.19	39.00	16.00	534.40	77.00	600.00	900.00
1975 – 1976	2.81	19.00	10.92	540.00	54.60	328.60	610.40
1976 – 1977	2.83	26.00	10.00	458.30	48.14	396.00	1130.00
1977 – 1978	3.11	30.00	7.88	360.80	40.84	95.20	966.90
1978 – 1979	4.23	24.00	21.56	618.00	62.00	291.60	730.00
1979 – 1980	3.88	11.62	5.56	205.20	30.40	110.80	336.00
1980 – 1981	3.82	23.53	11.16	1051.30	72.20	440.00	715.20
1981 – 1982	3.18	13.76	8.30	780.00	42.70	188.74	945.00
Media	2.95	21.22	11.43	554.39	56.18	232.54	881.67
Desv. estándar	0.61	6.71	4.07	222.00	14.30	110.98	285.00
Coef. asimetría	0.46	0.77	0.75	0.58	0.00	1.45	0.05

Fuente: Hidrandina 2007

Caracterización temporal de los caudales máximos instantáneos anuales

Según el análisis de tendencia y autocorrelación realizado con el software EVIEW 6.0, ninguno de los registros hidrométricos de la cuenca del río Santa presenta tendencia ni autocorrelación. Sin embargo, la estación hidrométrica de Chancos en el período 1967 – 1982 presenta una aparente tendencia creciente; la estación hidrométrica de Llanganuco en el período 1953 – 1969 presenta una

tendencia aparente decreciente y una tendencia aparente creciente en el período 1969 – 1982; la estación hidrométrica de Parón en el período 1966 a 1982 presenta una aparente tendencia creciente y finalmente la estación hidrométrica de Colcas en el período 1953 – 1973 presenta una aparente tendencia creciente y en el período 1973 – 1982 presenta una tendencia decreciente aparente; pero la prueba raíces unitarias de Dick – Fuller descarta estas apariencias.

Según el *análisis de rachas* realizado con el software MINITAB 15.0, los registros de los caudales máximos instantáneos *no presentan tendencia, oscilación, agrupamiento (clustering) ni mezcla (mixture)*; indicando que los registros históricos son aleatorios y proceden de una misma población. Según el *análisis wavelet* realizado se pudo determinar ciclicidades de 1 año y múltiplos de 4 a 5 años para los caudales máximos instantáneos anuales de la cuenca del río Santa.

En las estaciones de Recreta, Pachacoto, Olleros, Chancos, Llanganuco, Parón, Colcas, Cedros, La Balsa, Quitarcasa, Chuquicara y Condorcerro que representan el 85.71 % de las estaciones consideradas, los caudales máximos instantáneos anuales presentan coeficiente de asimetría positiva; y sólo en las estaciones de Querococha y Quillcay presentan una ligera asimetría negativa

(ver tabla 1 y 2). Implica que con menor frecuencia se presentan eventos mayores que la media, sin embargo, estos eventos de poca frecuencia son los peligrosos y pueden ocasionar daños de fuerte impacto en las infraestructuras, viviendas, etc.

Prueba de la bondad de ajuste a una distribución teórica de probabilidades de los caudales máximos instantáneos anuales

Los caudales máximos instantáneos anuales de cada estación hidrométrica en análisis se ajustaron a las distribuciones de probabilidades de máximos extremos, usando el software Hidroesta, Eview 6.0 y Smada 6.0, la prueba estadística que se utilizó fue la de KOLMOGOROV al 5 % de significancia, los resultados se indican en la tabla 3:

Tabla 3. Distribución de probabilidad de mejor ajuste

Estación hidrométrica	Distribución de probabilidad	Valor crítico	Valor calculado
Recreta	Log normal -3	0.2525	0.0904
Pachacoto	Log normal -3	0.2525	0.0887
Olleros	Gamma - 3	0.2525	0.1276
Quillcay	Log normal - 3	0.2525	0.0792
Chancos	Gumbel	0.2525	0.0499
Llanganuco	Log normal - 3	0.2525	0.0993
Parón	Gamma -3	0.2525	0.0642
Colcas	Log normal -3	0.2525	0.0913
Cedros	Log normal -3	0.2525	0.0486
La Balsa	Log normal - 3	0.2525	0.0486
Quitarcasa	Gamma -3	0.2525	0.090
Condorcerro	Log normal - 3	0.2525	0.1074

Períodos de retorno de los caudales máximos instantáneos anuales de las estaciones hidrométricas de la cuenca del río Santa

Con las distribuciones teóricas de probabilidades de mejor ajuste seleccionadas en el paso anterior se calcularon los caudales máximos instantáneos anuales y los períodos de retorno correspondientes

(ver tabla 4); los períodos de retorno se escogieron en base al resultado del *análisis wavelet* que indica que los caudales de mayor magnitud ocurren para múltiplos de 4 a 5 años.

Tabla 4. Caudales máximos instantáneos anuales versus período de retorno

Estación	Área Km ²	Periodo de Retorno (años)					
		2	5	15	25	50	100
Recreta	290	27.56	38.64	46.96	50.44	54.82	58.87
Pachacoto	202	26.05	34.86	45.33	50.41	57.62	65.22
Querococha	63	7.46	9.2	10.83	11.52	12.42	13.29
Olleros	174	31.9	37.9	43.34	45.57	48.41	51.09
Quillcay	250	25.61	30.93	35.17	36.79	38.78	40.57
Chancos	210	34.73	42.67	50.88	54.56	59.48	64.37
Llanganuco	86	6.33	7.75	9.16	9.78	10.71	11.42
Parón	48	2.91	3.44	3.89	4.08	4.3	4.51
Colcas	235	20.47	26.59	32.25	34.61	37.62	40.47
Cedros	115	10.85	14.44	17.96	19.49	21.5	23.47
La Balsa	4260	532.98	726.94	903.62	976.8	1070.68	1160.11
Quitaracsa	385	54.94	67.89	79.32	83.96	89.81	95.28
Chuquicara	3180	215.59	315.18	418.31	464.42	526.22	587.57
Condorcerro	10400	874.5	1111.15	1303.74	1378.27	1469.98	1553.64

Generación de ecuaciones para los caudales máximos instantáneos anuales en la cuenca del río Santa

Empleando los programas MINITAB 15.0, SPSS 15.0 y EVIEW 6.0 se generaron las ecuaciones para los caudales máximos instantáneos anuales, adecuadas para la cuenca del río Santa:

1) Ecuación de Cobb Douglas:

$$Q = aA^b T^c \text{ y } Q = aA^b (\log(T))^c$$

$$Q = 0.0826A^{1.037} T^{0.158}$$

$$R=0.979$$

$$Q = 1.592A^{0.726} (\log(T))^{0.336}$$

$$R=0.969$$

2) Ecuación de Füller generalizada:

$$Q = aA^b (c + d \log(T))^c$$

$$Q = 0.308A^{0.726} (3.173 + 1.78 \log(T))$$

$$R=0.968$$

$$Q = 0.978A^{0.726} (1 + 0.56 \log(T))$$

$$R=0.963$$

3) Ecuación potencial: $Q = aA^b$

Donde:

Q = caudal máximo instantáneo anual en m³/s

a = parámetro regional que una función del período de retorno

b = parámetro para cada cuenca

A = área de la cuenca en Km²

Tabla 5. Valores de a y b para la cuenca del río Santa

T (años)	a	b	R
2	0.0944	1.023	0.98
5	0.1109	1.036	0.981
15	0.1288	1.041	0.979
25	0.1374	1.041	0.979
50	0.1493	1.041	0.977
100	0.1599	1.041	0.976

Los valores de a y b se generalizan con las siguientes ecuaciones:

$$a = 0.0833 + 0.0167 \ln(T)$$

$$R = 0.99$$

$$b = \exp\left(0.04157 - \frac{0.03638}{T}\right)$$

$$R = 0.99$$

También b se ajusta a la función inversa:

$$b = 1.042 - \frac{0.0373}{T}$$

$$R = 0.994$$

DISCUSIÓN

Los caudales máximos instantáneos anuales no presentan tendencia, oscilación, agrupamiento (clustering) ni mezcla (mixture); indicando que los datos no han sufrido intervención de agentes externos, es decir, no han estado sujetos a perturbaciones extrañas al fenómeno natural. Tampoco presentan auto correlación total ni parcial, es decir, los datos son independientes del tiempo. Mediante el análisis wavelet se pudo determinar ciclicidades de 1 año y múltiplos de 4 - 5 años.

En el 85.71% de las estaciones hidrométricas analizadas los caudales máximos anuales tienen asimetría positiva y sólo en el 14.29 % de las estaciones hidrométricas analizadas tienen un ligero sesgo negativo, lo cual implica que los caudales máximos instantáneos anuales de mayor recurrencia son menores o iguales a la media.

Las ecuaciones más significativas que se generaron para los caudales máximos instantáneos anuales en la cuenca del río Santa en función de las variables explicativas: área de la subcuenca y el periodo de retorno son:

Ecuación tipo Cobb Douglas

$$Q = 0.0826A^{1.037} T^{0.158}$$

$$R = 0.979$$

$$Q = 1.592A^{0.726} (\log(T))^{0.336}$$

$$R = 0.969$$

En las ecuaciones [20] y [21] se observa que los caudales máximos instantáneos anuales son más sensibles al área de la sub cuenca que al periodo de retorno según los exponentes del área y del periodo de retorno

Ecuaciones tipo Füller

$$Q = 0.308A^{0.726} (3.173 + 1.78 \log(T))$$

$$R = 0.968$$

$$Q = 0.978A^{0.726} (1 - 0.56 \log(T))$$

$$R = 0.968$$

Las ecuaciones son válidas para áreas de las cuencas comprendidas entre 48 Km² a 10400 Km²

CONCLUSIONES

1. Los caudales máximos instantáneos anuales de las estaciones hidrométricas de la cuenca del río Santa son consistentes, homogéneas, independientes del tiempo, sin tendencia y de ciclicidades anuales y múltiplos de 4 - 5 años.
2. Las ecuaciones obtenidas para los caudales máximos instantáneos anuales de la cuenca del río Santa en orden de importancia son:

Para cuencas mayores a 500 Km² hasta 10400 Km²

$$Q = 0.978A^{0.726} (1 + 0.56 \log(T))$$

$$Q = 0.308A^{0.726} (3.173 + 1.78 \log(T))$$

$$Q = 1.592A^{0.726} (\log(T))^{0.336}$$

Para cuencas de 48 Km² a 500 Km²

$$Q = 0.0826A^{1.037} T^{0.158}$$

Donde:

Q = caudal máximo instantáneo anual (m³/s)

A = área tributaria de la cuenca (Km²)

T = periodo de retorno (años)

1. Para sub cuencas con áreas menores de 48 Km² no son recomendables las ecuaciones

generadas porque **sobreestiman** los valores de los caudales máximos instantáneos anuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fair Maskew, Gordon. 2005. Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales. México. Editorial Limusa, pp. 210-213

Ministerio de Transportes de Brasil. 2005. Manual de Hidrología Básica para Estructuras de Drenaje. Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes, Brasil. segunda edición, Río de Janeiro, pp. 20-85.

Linsley Ray, Kohler Max. 2004. Hidrología para Ingenieros. México. Segunda edición, pp. 291-292

Organización Meteorológica Mundial. 1995. Guía de Prácticas Hidrológicas. Washington, USA. pp. 168-174.

Paoli Carlos, Cacik Pablo. 2005. "Aplicación de Fractales a Crecidas en el Río Paraná". Santa Fe, Colombia. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (UNL),

Verkade Jan. 2007. The Value of Flood Warning Systems. Holland. Delft University of Technology, Delft.

