



Bulletin de l'Institut français d'études andines
ISSN: 0303-7495
secretariat@ifea.org.pe
Institut Français d'Études Andines
Organismo Internacional

Heredia-Calderón, Edison A.

Una metodología de análisis regional de frecuencia de lluvias intensas adecuada para zonas bajo los efectos de "El Niño"

Bulletin de l'Institut français d'études andines, vol. 27, núm. 3, 1998
Institut Français d'Études Andines
Lima, Organismo Internacional

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12627329>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's homepage in redalyc.org

UNA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS REGIONAL DE FRECUENCIA DE LLUVIAS INTENSAS ADECUADA PARA ZONAS BAJO LOS EFECTOS DE “EL NIÑO”

*Edison A. HEREDIA-CALDERÓN**

Resumen

Existe evidencia de que las series hidrológicas de máximos en regiones afectadas por el evento ENOS son series compuestas por poblaciones mixtas. Las distribuciones de probabilidad clásicas no son suficientes para describir este proceso. El presente artículo presenta una metodología regional apropiada para tratar el análisis de frecuencia de los extremos hidrológicos en regiones afectadas por “El Niño” basada en una distribución de probabilidad de doble componente TCEV.

Palabras Claves: *Análisis de frecuencia, regionalización, distribución probabilística de doble componente, tiempo de retorno, Ecuador.*

MÉTHODOLOGIE D’ANALYSE RÉGIONALE DE FRÉQUENCE DE PLUIES ADAPTÉE AUX ZONES SOUMISES À L’INFLUENCE DE “EL NIÑO”

Résumé

Il est admis que les séries hydrologiques de maximum dans les régions soumises à l’influence du phénomène El Niño sont composées de populations mixtes, que les fonctions de distribution classiques ne parviennent pas à décrire de façon satisfaisante. Le présent travail propose une méthodologie d’analyse des fréquences des événements hydrologiques extrêmes des régions affectées par El Niño basée sur une distribution de probabilité à deux composants TCEV (Two Component Extreme Value)

Mots-clés : *Analyse de fréquence, régionalisation, lois de distribution composites, période de retour, Équateur.*

A REGIONAL RAINFALL FREQUENCY ANALYSIS METHODOLOGY SUITED FOR AREAS UNDER THE EFFECTS OF “EL NIÑO”

Abstract

There is evidence that hydrological series of maxima in regions affected by the ENSO event are composed of mixed populations. Single classical distributions are not enough to describe the process at hand. This paper presents a regional methodology to deal with the

* Ph.D., Master in Water Resources, INAMHI, Iñaquito 700 y Corea, Quito- Ecuador. Telefax +(593-2)469-932.

frequency analysis of hydrologic extremes in regions affected by "El Niño" event founded in a two component extreme Value TCEV probability distribution.

Key words: *Frequency analysis, regionalization, two component extreme value, return period, Ecuador.*

INTRODUCCIÓN

Los extremos hidrológicos y, en particular, las precipitaciones intensas causantes de inundaciones son eventos naturales que han existido desde la antigüedad.

En el presente siglo, han sido muchos los eventos de este tipo en todo el mundo. En los últimos años, los daños producidos por los extremos hidrológicos se han incrementado. Éstos han producido mayores daños debido al crecimiento poblacional y la urbanización en sitios de potencial peligro.

Muchos de estos eventos en el litoral ecuatoriano están asociados con la presencia del fenómeno de El Niño. En este punto cabe preguntarse ¿qué podemos hacer frente a este problema?, ¿cuál es la manera de disminuir los efectos catastróficos que afectan a la propiedad y salvaguardar las vidas humanas? El problema se puede enfrentar mediante medidas estructurales y no estructurales. En ambos casos necesitamos dar una respuesta más realista a la previsión del riesgo hidrológico para el diseño de las obras de infraestructura.

En el presente trabajo se presenta una metodología que intenta dar una respuesta a este problema por medio del análisis de frecuencia. El trabajo se basa en la metodología desarrollada en Italia por Gabriele & Arnell (1991) y en las aplicaciones desarrolladas para el noroccidente de Italia por Heredia-Calderón (1997).

Existen varios aspectos que deben ser considerados en la metodología que se presenta a continuación. Los más importantes son dos. El primero se refiere al uso de una distribución de probabilidad compuesta y el segundo a la utilización de técnicas de tipo regional para suplir la escasez de datos suficientes.

1. JUSTIFICACIÓN

En las series de precipitaciones máximas anuales existen a menudo valores mucho mayores a los otros. Estos valores son llamados en términos estadísticos OUTLIERS. En estadística, estos valores son a menudo eliminados de las series porque se presume sean el producto de errores en los datos. En las aplicaciones de tipo hidrológico, en cambio dichos valores requieren de un análisis más cuidadoso.

Tomemos por ejemplo el caso de la costa ecuatoriana. Los valores de precipitaciones intensas que se presentan bajo la influencia del ENSO, si bien pueden tener una tipología común a los eventos que se presentan en condiciones normales, sus valores son muchos mayores debido al calentamiento del océano y, por consiguiente, al aumento en la disponibilidad de aire húmedo que se mueve desde el océano hacia el continente.

La metodología presentada fue desarrollada y aplicada para el área mediterránea italiana. Si bien el área mediterránea no se ve influenciada directamente por el fenómeno de "El Niño", observaciones de tipo hidro-meteorológico muestran que, en esa zona, los datos obtenidos de los procesos hidrológicos extremos, tales como precipitaciones intensas y caudales de crecida, parecen provenir también de poblaciones compuestas. En el caso de caudales de crecida en los ríos, este fenómeno viene muchas veces atribuido al origen de las aguas, es decir al hecho de que éstas pueden ser producto de precipitaciones intensas o producto de los deshielos de los nevados. Cuando se analizan las precipitaciones intensas, la interpretación no es tan evidente pero recientes observaciones de los campos de precipitación y el uso de modelos determinísticos a área limitada (LAM) confirman la hipótesis de que los eventos extremos de lluvias en muchas partes del planeta, a menudo provienen de tipos de evento diversos. Es decir que las series de precipitaciones máximas anuales son en muchos casos compuestas.

Si tomamos una serie de datos históricos correspondientes a varios años de registro, y de estas series eliminamos los valores correspondientes a los años en los cuales se presentó El Niño, los datos de precipitaciones más intensas relacionados a la presencia de la "anomalía" del ENSO pueden interpretarse como una serie independiente de la otra. En la figura 1 se muestra un ejemplo de registro de precipitaciones intensas de 6 horas de duración; la estación pluviométrica fue tomada al azar de la red de estaciones de la costa ecuatoriana.

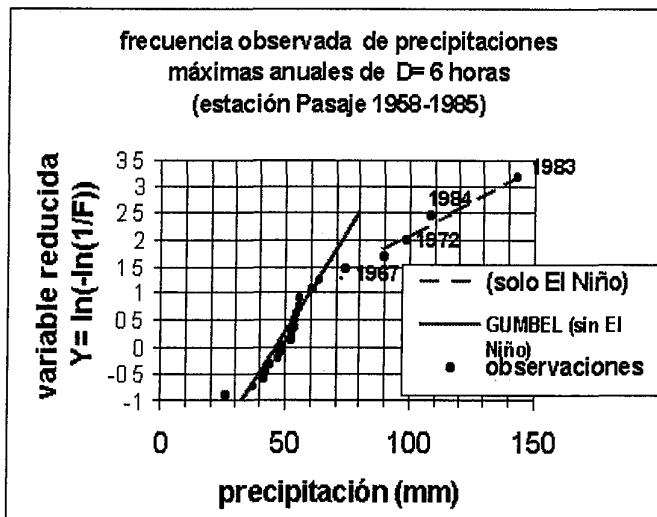


Fig. 1 - Las precipitaciones máximas anuales de diferentes duraciones en la costa ecuatoriana son mucho mayores en los años en los cuales la anomalía de "El Niño" está presente. En la figura se puede ver la frecuencia observada de las precipitaciones intensas en la estación Pasaje en la costa del Ecuador. Tanto la estación pluviométrica como la duración de la lluvia fueron seleccionadas de manera aleatoria, sin embargo, Pasaje es una estación de buena calidad y representativa de buena parte de la costa.

2. EL MÉTODO

La metodología que se propone puede ser aplicable a las condiciones de la costa ecuatoriana bajo las siguientes hipótesis de trabajo:

1. La distribución de probabilidad a dos componentes puede ser aplicable al problema de la previsión de las lluvias o caudales de proyecto en la costa ecuatoriana.
2. El problema de la escasez de datos puede ser resuelto utilizando un procedimiento de tipo regional.

El procedimiento de Regionalización es plausible en el caso de las precipitaciones intensas porque las células convectivas de precipitación son igualmente probables en toda región homogénea de la costa ecuatoriana. Esto se justifica por el hecho de que las células de lluvia intensa ocurren de manera aleatoria en el espacio y dependen de la formación de la actividad convectiva en las nubes, pudiendo en consecuencia producirse en cualquier sitio con condiciones morfológicas similares que está bajo la influencia del ENSO. Bajo esta hipótesis, la información contenida en los datos a nivel regional dan lugar a una serie equivalente de extensión mucho mayor que el de una única serie. Además, el uso de un procedimiento regional permite estimar las solicitudes de proyecto para un periodo de retorno determinado, aún en sitios no instrumentados, dentro de una zona o región homogénea.

El método de Regionalización mediante técnicas de tipo "Flood Index" y con el modelo a doble componente TCEV están construidos bajo las siguientes hipótesis:

Las series de lluvias máximas anuales son consideradas como homogéneas.

Es posible definir regiones homogéneas (climatológica y/o geográficamente)

Una *región homogénea* es un grupo de sitios con datos provenientes de una misma distribución de frecuencia con cuantil:

$$X_i(F) = \mu_i X'_i(F)$$

donde $X_i(F)$ = inversa de la función densidad acumulada (CDF) local

μ_i = media de la población en el sitio i (valor índice)

$X'_i(F)$ = inversa de la CDF regional

3. DEFINICIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN A DOBLE COMPONENTE TCEV

La distribución TCEV está compuesta por una componente base y una componente extraordinaria. La CDF está dada por Rossi *et al.* (1984).

$$F_X(x) = \exp \left\{ -\Lambda_1 \exp \left[-\frac{x}{\theta_1} \right] - \Lambda_2 \exp \left[-\frac{x}{\theta_2} \right] \right\}$$

con parámetros $\Lambda_1 > 0$ y $\Lambda_2 > 0$, que representan las frecuencias relativas de las dos componentes. Los parámetros θ_1 y θ_2 que representan los valores medios de las dos componentes.

La CDF está también dada por

$$F_Y(y) = \exp\left\{-\exp[-y] - \Lambda_* \exp\left[-\frac{y}{\theta_*}\right]\right\}$$

con $Y=(X/\theta_1 - \ln \Lambda_1)$ y los parámetros adimensionales

$$\begin{aligned}\theta_* &= \theta_2/\theta_1 \\ \Lambda_* &= \Lambda_2/\Lambda_1^{1/\theta_*}\end{aligned}$$

mientras que la CDF regional de la TCEV es:

$$F_{X'}(x') = \exp\left[-\Lambda_1 e^{-\eta \cdot x'} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\frac{\eta}{\theta_*} x'}\right] \text{ con } \mu = \eta \cdot \theta_1 \text{ y } x' = x/\mu \text{ (lluvia índice)}$$

Beran *et al.* (1986) define además la probabilidad que el valor de X provenga de la componente extraordinaria como:

$$p_2 = -\frac{\Lambda_*}{\theta_*} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(-1)^j}{j!} \Lambda_* j \Gamma\left(\frac{j+1}{\theta_*}\right)$$

4. RELACIÓN DE LA LLUVIA ÍNDICE CON LA DURACIÓN

Heredia-Calderón (1997), analizando datos de precipitación en la región noroccidental de Italia, encontró que la lluvia índice respeta una ley de escala (*scale invariance*) con la duración. Una función es asintóticamente ‘escala invariable’ si la siguiente expresión se cumple:

$$\begin{aligned}E[h\lambda_D] &\underline{=} E[g(\lambda) h_D] \\ E[h\lambda_D] &\underline{=} g(\lambda) E[h_D]\end{aligned}$$

donde h_D y h_{ID} son las alturas de precipitación de duraciones D y ID respectivamente, el símbolo $E[\cdot]$ es el operador valor esperado y el simbolo “ $\underline{=}$ ” significa igual distribución de probabilidad.

La ley de escala es de la forma $g(\lambda) = \lambda^\theta$. Mandelbrot (1983) a esta ley como “asymptotically scaling”. Para el área Ligure Italiana, ésta corresponde a

$$\frac{E[h_D]}{E[h_{24}]} = 1.01 \left(\frac{D}{24} \right)^{0.369}$$

La ley de escala se verifica con dos propiedades, la línea recta en la gráfica log-log de los valores de escala y una variación lineal del exponente con el orden de los momentos. Las dos propiedades fueron verificadas por los datos.

5. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA LLUVIA ÍNDICE

El estudio de la distribución espacial de la lluvia índice fue elaborado mediante el análisis de la desviación del valor índice en cada sitio respecto al valor regional (media regional).

Heredia-Calderón (1997), consideró esta desviación como compuesta por una componente determinística que depende de factores observables y de una parte aleatoria que representa los factores no observables y los errores de las mediciones. Las variables dependientes deben considerar los factores físicos que determinan la distribución espacial de las precipitaciones, tales como la distancia al mar, la topografía y el relieve y la altitud, además de considerar la dinámica del fenómeno que se analiza.

6. CONCLUSIONES

Se presenta una metodología para el análisis regional de frecuencia que utiliza una distribución de probabilidad con dos componentes.

El uso de la distribución compuesta permitiría modelar de manera satisfactoria los procesos provenientes de diversos tipos de eventos. Mientras la aplicación de un procedimiento de regionalización permite suplir la insuficiencia de datos.

Se propone la aplicación de esta metodología para el estudio de tormentas y caudales de crecida en las zonas de la costa ecuatoriana que están bajo la influencia del “Fenómeno El Niño”.

La curva de frecuencia regional puede ser considerada como independiente de la duración y la lluvia índice se puede describir mediante una “ley de escala” (*scale invariance*).

Referencias citadas

- BERAN, M., HOSKING, J.R., & ARNELL, N., 1986 - Comment on Two Component Extreme Value distribution for flood frequency analysis. *Water Res. Res.*, **22**(2): 263-266.
- GABRIELE, S. & ARNELL, N., 1991 - A hierarchical approach to regional flood frequency analysis. *Water Resour. Res.*, **27**(6): 1281-1289.
- HEREDIA-CALDERÓN, E., 1997 - "Distribuzione Spazio-temporale delle precipitazioni Intense e Coefficienti di Raggiungimento Areale per Eventi Rari", Tesis Doctoral (en italiano), Febrero 1997, Padova (Italia), 106p.
- HEREDIA-CALDERÓN, E. A. & SICCARDI, F., 1997 - Regional analysis of short duration precipitation annual maxima in Liguria (Italy). in: *International Conference on Regionalization in Hydrology*, TU Braunschweig, Lower Saxonia: 105-108; Germany: IAHS Publication, March 10-14 (IN PRESS).
- MANDELBROT, B. B., 1983 - *The fractal geometry of nature*; New York: W. H. Freeman.
- ROSSI, F., FIORENTINO, M. & VERSACE, P., 1984 - Two Component Extreme Value distribution for flood frequency analysis. *Water Res. Research*, **20**: 847-856.