

Ocurrencia de crecidas en dos cuencas hidrográficas ubicadas en vertientes opuestas en Costa Rica

Marvin E. Quesada

Universidad de Costa Rica

Peter R. Waylen

Universidad de Florida, Estados Unidos de América

La diversidad topográfica y climática existente en Costa Rica posibilita el estudio de la variabilidad temporal de los caudales máximos o crecidas que se producen en dos cuencas hidrográficas. La cuenca del río Candelaria, ubicada en la vertiente Pacífica, y la cuenca del río Sarapiquí, localizada en la vertiente Caribe, tienen regímenes de precipitación y caudal muy diferentes. La variación de las características de los caudales máximos que se registran en ambas cuencas hidrográficas se ilustra con base en distribuciones de probabilidad. La cuenca del río Candelaria muestra una reducción de los caudales durante años de la fase cálida del ENOS (El Niño/Oscilación del Sur), especialmente durante el periodo de pos-veranillo; una situación contraria sucede durante los años de la fase fría. Mientras tanto, en la cuenca del río Sarapiquí no se nota tal reducción durante años cálidos. Sin embargo, en los años fríos parece existir una mayor probabilidad de incremento en los caudales máximos en diciembre, asociado con el periodo de mayor influencia de frentes fríos provenientes de Norteamérica. Asimismo, cuando se aumenta el nivel crítico (umbral) para el análisis de caudales extremos, la frecuencia de las crecidas disminuye considerablemente, mientras que las funciones de distribución de probabilidad de sus magnitudes y fechas continúan siendo iguales. La reducción en la frecuencia y los parámetros de las distribuciones son predecibles con base en las propiedades estadísticas de los eventos que están por encima del nivel crítico más bajo.

Palabras clave: cuencas hidrográficas, ENOS, distribución de probabilidades, crecidas e inundaciones, Costa Rica.

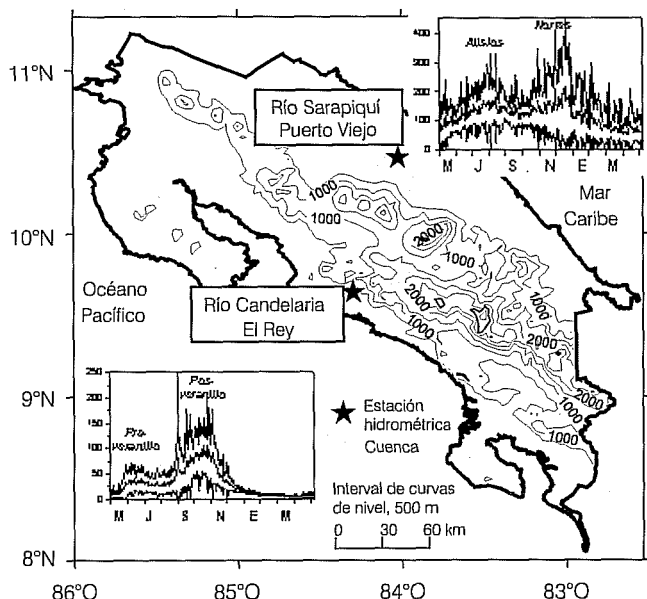
Introducción

Las condiciones hidrometeorológicas en Costa Rica son muy variadas, tanto estacional como espacialmente (Waylen *et al.*, 1996). Hay una gran influencia de la circulación hemisférica y de efectos locales que van desde cinturones de presión global hasta vientos locales. La variabilidad en los regímenes hidrológicos está influenciada directamente por las variaciones en los patrones de precipitación, los cuales dependen de la región geográfica y de la estación. El conocimiento del comportamiento de los caudales es vital para la economía y la infraestructura del país. El

propósito de esta investigación es analizar las magnitudes y frecuencias de los picos máximos y las crecidas estacionales en dos cuencas ubicadas en vertientes opuestas del país (ilustración 1). Además, se investiga la relación con las dos fases del ENOS (El Niño/Oscilación del Sur) en el océano Pacífico ecuatorial.

Las dos cuencas, Sarapiquí (820.9 km²) y Candelaria (661.4 km²), se diferencian tanto climática como topográficamente y están separadas por una cadena montañosa. Los datos de los caudales utilizados fueron recolectados por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Ilustración 1. Localización de las dos cuencas hidrográficas en el contexto topográfico de Costa Rica, y los regímenes (promedios diarios +/- una desviación estándar) de los ríos Candelaria y Sarapiquí.



Patrones de circulación global asociados con los caudales

La condición ístmica de Costa Rica está influenciada por patrones de circulación atmosférica global. De igual forma, la topografía, con elevaciones hasta los 3,820 metros sobre el nivel del mar, produce dos regímenes de precipitación distintos, con las consiguientes diferencias en los caudales de las dos cuencas (ilustración 1). La variabilidad hidrometeorológica depende de: 1) la zona de convergencia intertropical (ZCIT) del Pacífico, que cambia estacionalmente (Hastenrath, 1988); 2) los vientos alisios del noreste (Magaña *et al.*, 1999); 3) los vientos del suroeste que soplan sobre la vertiente Pacífica (Hastenrath, 1988); 4) la penetración de frentes fríos (nortes) provenientes de Norteamérica (Schultz *et al.*, 1998); 5) las tormentas tropicales y huracanes del Caribe (Vargas y Trejos, 1994), y 6) el ENOS (Waylen *et al.*, 1996; Enfield y Alfaro, 1999). De las diferentes clasificaciones de los años de ENOS, se ha utilizado la clasificación de Cavedes y Waylen (1991).

En la cuenca del río Candelaria se pueden identificar dos periodos estacionales a través del año hidrológico (ilustración 1). Al inicio de la estación lluviosa, los suelos tienen un déficit hídrico y con las primeras lluvias se recargan, de ahí que el escurrimiento sea menor y

se produzca una mayor infiltración. El periodo lluvioso se interrumpe (Magaña *et al.*, 1999) por un periodo de veranillo (disminución de lluvias a mitad del año), de ahí que existan dos periodos de caudales altos. El primero (pre-veranillo) va de mayo a mediados de julio y el segundo (pos-veranillo) se extiende desde agosto hasta noviembre, y presenta promedios superiores de caudal. Los picos altos se dan en octubre, que es cuando los suelos están saturados y la ZCIT produce grandes cantidades de precipitación sobre el flanco Pacífico.

En la cuenca del río Sarapiquí, pese a existir un periodo continuo de lluvias a través del año, se manifiestan también dos picos estacionales de caudales. Uno en julio y agosto, que se relaciona con una mayor intensidad de los vientos alisios; y otro, en diciembre y enero (en ciertos años también en febrero, marzo y abril), que coincide con la penetración de frentes fríos (nortes). Ambos producen intensas precipitaciones.

Metodología

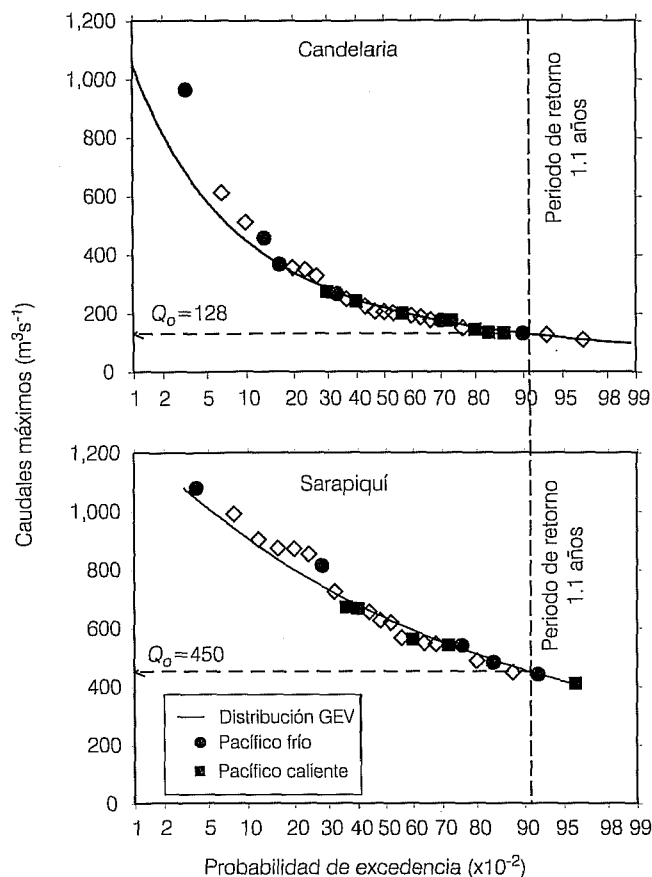
Se hizo una comparación geográfica de la ocurrencia y magnitud de los caudales máximos en las estaciones existentes. Ya que ambas cuencas muestran caudales extremos muy diferentes (ilustración 2), por lo cual no es posible definir un nivel crítico común, sin embargo niveles idénticos pueden ser aplicados en distribuciones de frecuencia para definir los cuantiles de los caudales correspondientes a crecidas anuales de ciertos periodos de retorno (Birikundavyi y Rousselle, 1997). Los análisis iniciales se hicieron para periodos de 1.1 años, a fin de asegurarse una muestra grande. No obstante, se utilizaron periodos de retorno mayores en los análisis subsiguientes, permitiendo que el nivel crítico fuera una variable aleatoria (Ashkar y Rousselle, 1983). Estos análisis muestran que las características de las crecientes máximas que exceden los nuevos niveles son predecibles a partir de las características de aquellos mayores que el caudal de 1.1 años.

Para determinar la probabilidad de caudales máximos se ha empleado un modelo propuesto por Jenkinson (1955), basado en el estudio pionero de Fisher y Tippett (1928), llamado distribución generalizada de valores extremos (GEV). La GEV se trata de una distribución de probabilidad acumulada dada por:

$$F(X \leq x) = \exp\left[-\left\{1 - \kappa(x - \xi)/\alpha\right\}^{(1/\kappa)}\right], K \kappa \neq 0$$

$$F(X \leq x) = \exp\left[-\exp\left\{-(x - \xi)/\alpha\right\}\right], K \kappa = 0$$
(1)

Ilustración 2. Caudales máximos en las cuencas de los ríos Candelaria y Sarapiquí, y cálculos de los caudales en un periodo de retorno de 1.1 años.



Los parámetros pueden ser estimados por el método de los "momentos-L" (Hosking *et al.*, 1985). El parámetro ξ está relacionado con la moda de los datos y α , con la varianza. El valor de κ está controlado por el comportamiento de una distribución normal; $\kappa=0$ indica un comportamiento similar al de la distribución Gumbel; $\kappa<0$ indica una cola más delgada, y $\kappa>0$ una cola más gruesa. Otras circunstancias por las cuales se seleccionó dicha distribución son: 1) existen las bases teóricas para su aplicación; 2) es comúnmente usada y recomendada (National Research Council, 1988); 3) los parámetros se estiman fácilmente y son apropiados para muestras pequeñas (Vogel y Fennessey, 1993), y 4) la distribución tiene una flexibilidad considerable, la cual se puede ajustar a diversas formas de colas.

Los caudales estacionales pueden ocurrir en aquellos periodos en que se excede un cierto umbral, Q_0 , es decir una serie de duración parcial, o "eventos" de inundación.

Las ventajas potenciales de esta técnica son: 1) en un ambiente donde la lluvia genera inundaciones, es posible que un río pueda exceder un nivel crítico más de una vez al año, y 2) en un ambiente donde se experimenta una alta variabilidad interanual en la lluvia, las crecientes máximas en un año seco podrían no constituir un caudal de importancia práctica.

La probabilidad del número de eventos en el año, $m(t)$, se determinó por medio de la distribución de Poisson,

$$P\{m(t) = i\} = \frac{\exp\{-\Lambda(t)\} \cdot \Lambda(t)^i}{i!} \quad (2)$$

Ambos ríos experimentan dos periodos (pre y pos-veranillo, o alisios y nortes) claramente definidos (ilustración 1), que están separados en el tiempo y representan periodos de crecidas. El número promedio de eventos por año, Λ , se estima como la suma de dos procesos generadores de éstos (Λ_1 y Λ_2). Se debe tomar en cuenta también que el número de eventos está controlado por los periodos estacionales, o tiempo, t . La frecuencia de los eventos, o la "intensidad" de eventos (Rasmussen y Rosbjerg, 1991) está determinada por medio de una distribución normal en cada estación. Con esta distribución se parte del hecho de que hay un periodo más probable de ocurrencia de eventos que está asociado con cada proceso y con alguna variabilidad en el tiempo, la cual declina la probabilidad en una forma continua.

Para describir las probabilidades de ocurrencia de los eventos debidos a dos procesos diferentes, $F(t)$, se utilizó la siguiente representación mixta (Leytham, 1984):

$$F(t) = p_1 [N_1(\mu_1, \sigma_1)] + p_2 [N_2(\mu_2, \sigma_2)] \quad (3)$$

La distribución de probabilidad normal, N , se utiliza para describir las fechas de los eventos (en días desde abril 30) en cada una de las dos estaciones (1 y 2). Los parámetros, μ , σ , y p representan el promedio y desviación estándar de las fechas, y la frecuencia relativa, en cada estación, $p_1 + p_2 = 1.0$, y:

$$\Lambda(t) = \Lambda(365) \cdot F(t) \quad (4)$$

La distribución de probabilidad Pareto Generalizado (Rosbjerg *et al.*, 1992) se usa para describir la magnitud de los eventos por encima del nivel crítico ($x = Q - Q_0$) como:

$$F(X \leq x) = 1 - \left\{ 1 - k \left(\frac{x}{\delta} \right) \right\}^{\left(\frac{1}{k} \right)} K \quad k \neq 0$$

$$F(X \leq x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\delta} \right)} K \quad k = 0$$

(5)

en donde los parámetros han sido estimados por el método de los momentos de la siguiente forma:

$$\delta = 0.5\mu \left(\mu^2/\sigma^2 + 1 \right)$$

$$k = 0.5 \left(\mu^2/\sigma^2 - 1 \right)$$

Los modelos estadísticos señalados anteriormente se utilizaron para estimar los caudales máximos y las crecidas periódicas.

Resultados

Crecidas máximas anuales

En el río Candelaria (ilustración 2) hay una mayor probabilidad de crecidas máximas altas durante los años de la fase fría de ENOS, mientras que durante la fase cálida, los caudales son más bajos y más constantes de un año a otro. Por medio de la aplicación del GEV, en la cuenca del río Sarapiquí, se obtienen caudales superiores a 400 m³/seg, dada su área y ubicación en la vertiente Caribe. En general existe una asociación débil entre el

ENOS y las características de los picos máximos en la vertiente Caribe, mientras que en la vertiente Pacífica sucede lo contrario (cuadro 1).

Caudales altos estacionales

En primera instancia, el nivel crítico, Q_c , es equivalente al caudal máximo de 1.1 año en ambas cuencas (128 y 450 m³/seg). Taesombut y Yevjevich (1978) recomiendan una regla práctica para definir un periodo en días, entre eventos sucesivos, igual al área de la cuenca (km²) para asegurar su independencia. Los eventos en ambos ríos han sido seleccionados para demostrar ese criterio (12 días) y las descargas en eventos consecutivos indican que no existe una correlación en sus magnitudes.

Por medio del parámetro de la distribución de Poisson (cuadro 2) se visualiza que en el río Candelaria el número

Cuadro 1. Parámetros de la distribución del valor extremo generalizado de los caudales máximos anuales en las cuencas de los ríos Candelaria y Sarapiquí.

Candelaria Tipo (a os)	N m. a os	ξ	α	κ
Total	29	187.2	78.0	-0.388
Fríos	6	270.1	173.5	-0.140
Calientes	7	163.5	44.0	+0.089
Otros	16	192.7	79.7	-0.210
Sarapiquí				
Total	24	573.5	147.4	+0.010
Fríos	4	567.7	192.7	+0.410
Calientes	6	573.2	102.3	+1.080
Otros	14	626.9	158.1	+0.184

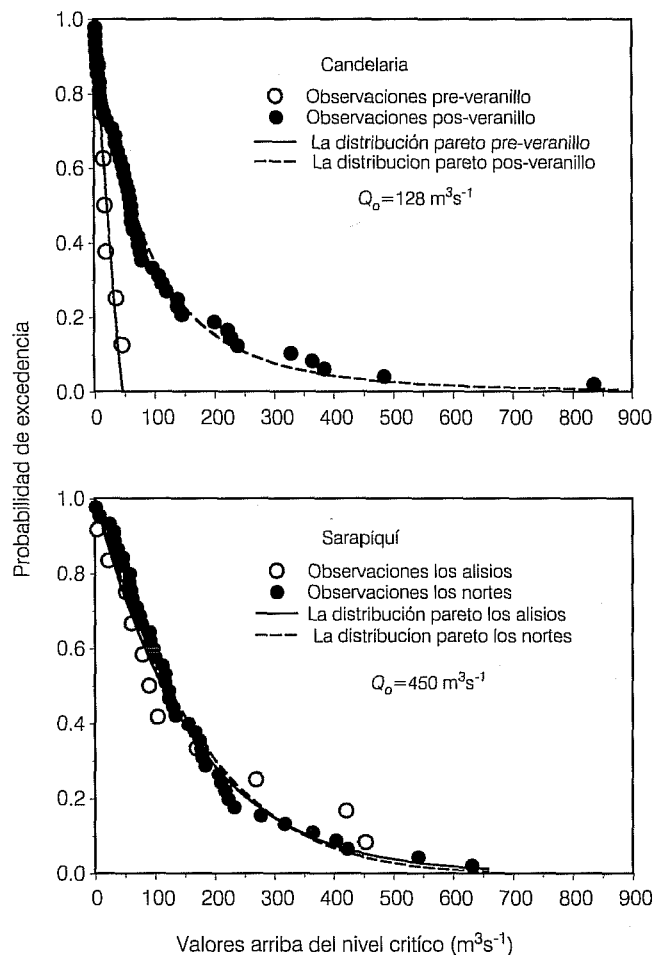
Cuadro 2. Promedio del número de eventos por tipo de año en las cuenca del río Candelaria y del río Sarapiquí.

Candelaria Tipo (a os)	N m. a os	Eventos anuales Λ	Eventos en pre veranillos Λ_1	Eventos en pos veranillos Λ_2
Total	29	2.10	0.24	1.86
Fríos	6	3.67	0.67	3.00
Calientes	7	1.29	0.29	1.00
Otros	16	1.89	0.06	1.81
Sarapiquí Tipo (a os)	N m. a os	Eventos anuales Λ	Eventos durante alisios Λ_1	Eventos durante nortes Λ_2
Total	24	2.46	0.46	2.00
Fríos	4	2.50	0.00	2.50
Calientes	6	3.25	1.25	2.00
Otros	14	2.54	0.46	2.08

de crecidas en los años de la fase fría es superior durante el periodo pos-veranillo. Durante la fase cálida, la frecuencia de los eventos se reduce. El número de eventos en la cuenca del río Sarapiquí durante los años fríos es similar a los años normales, aunque existe la probabilidad de encontrar crecidas altas en los meses de diciembre y enero. En la fase cálida, el número de crecidas aumenta, especialmente durante los meses de julio y agosto.

Ambas cuencas muestran una marcada estacionalidad en la intensidad de los eventos (ilustración 3). En la cuenca del río Candelaria, la probabilidad de eventos durante la fase cálida es más baja, y el periodo de los veranillos, más largo. El río Sarapiquí muestra una mayor probabilidad de tener eventos en años cálidos durante los meses de fuerte influencia de los alisios y durante los frentes fríos tardíos. En cambio, durante los años fríos existe una mayor probabilidad de tener caudales altos en diciembre con la penetración de nortes intensos. La

Ilustración 3. Magnitud de eventos en las estaciones diferentes en ambas cuencas.



cuenca del río Candelaria usualmente presenta sus mayores caudales en el periodo de pre-veranillos y en el periodo de pos-veranillos (ilustración 4). Por su parte, la cuenca del río Sarapiquí presenta altos caudales durante los alisios, y los nortes.

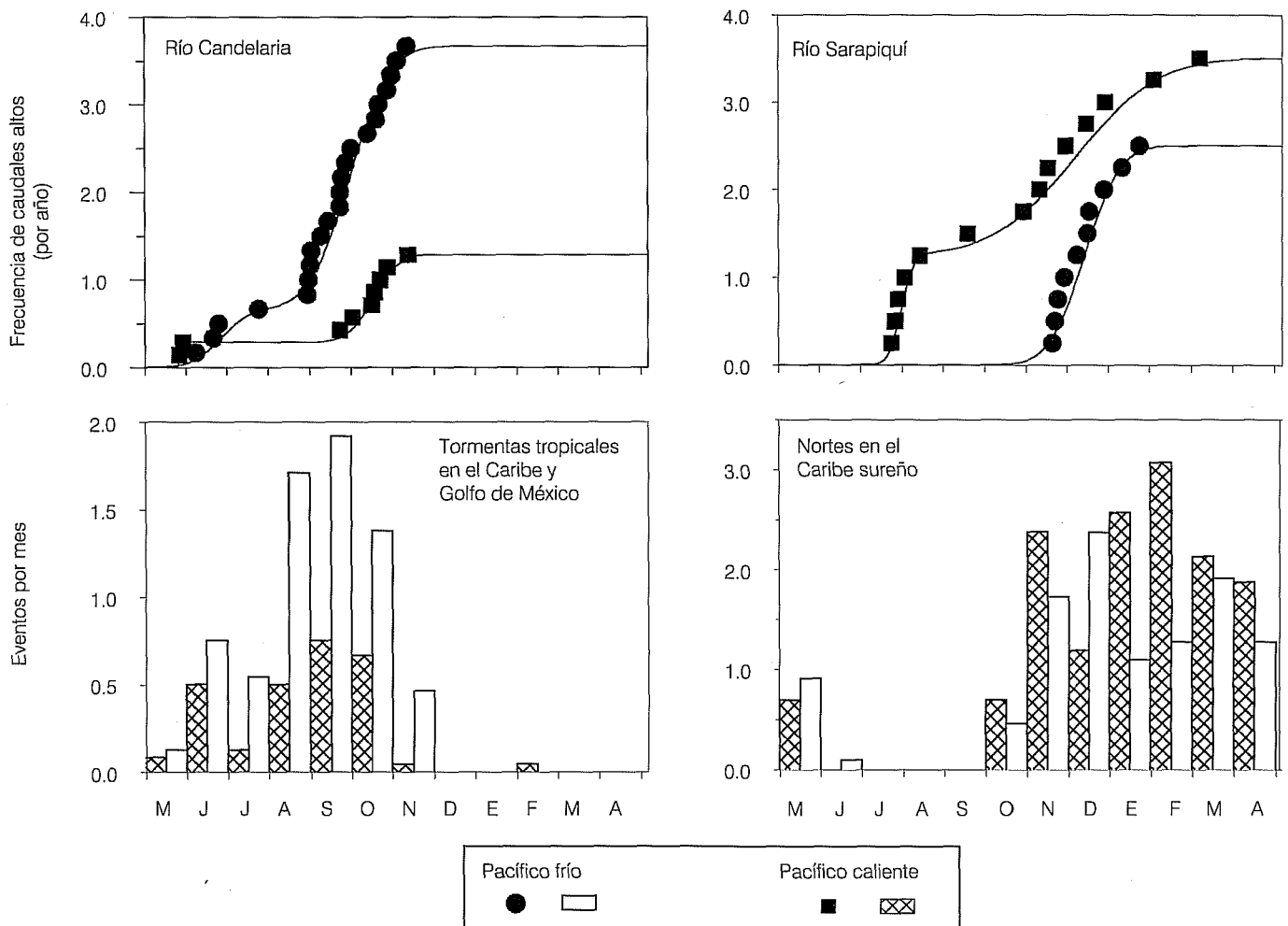
Propiedades de las crecidas y cambios del nivel crítico

Todas las características estadísticas dependen del nivel crítico seleccionado, pero es posible hacer una estimación de las características de los niveles más altos usando las ecuaciones citadas anteriormente. Hay poco interés práctico en las inundaciones que exceden el nivel mínimo, pero dado el limitado número de datos de registro, se muestran aquellos pocos casos que exceden los niveles altos en la distribución de probabilidades. Por lo tanto, es recomendable usar el mayor número de eventos que exceden cierto umbral para estimar crecidas asociadas con niveles mucho más altos y menos frecuentes.

Las fechas de los caudales máximos son independientes de las magnitudes para ambas cuencas. Sólo en el río Sarapiquí, la fecha promedio durante el periodo de influencia de los vientos nortes (día 203) parece estar estadísticamente relacionada con el umbral seleccionado. Tal dependencia implica una reducción práctica en el tamaño de la muestra para efectos de pronóstico, pero no varía la temporada en que se presentan las crecidas. Las ilustraciones 5 y 6 muestran la probabilidad de excedencia en cuanto a la magnitud de los caudales, utilizando periodos de retorno a niveles críticos de 1.2, 1.4, 1.8 y 3.0 años. Los datos registrados señalan un mejor ajuste en la distribución. Tanto lo observado como lo ajustado se ajusta bien a la curva. Ambas cuencas presentan altas magnitudes de caudales durante la segunda parte del año hidrológico (pos-veranillo: cuenca Candelaria; nortes: cuenca Sarapiquí). Tanto los valores observados como los ajustados con un nivel de confianza del 90% se modelan muy bien a la realidad.

Por medio de la distribución de Poisson se puede estimar la probabilidad del número de las crecidas por año. Al utilizar un nivel crítico determinado es posible calcular el número de crecidas por estación. En la cuenca del río Candelaria se nota que la frecuencia de las crecidas en los pre-veranillos es menor, mientras que en los pos-veranillos incluso pueden ocurrir hasta cuatro eventos a un nivel crítico de 1.2 años, pero conforme aumenta dicho nivel, ocurre una reducción en el número de eventos, tal es el caso para el nivel crítico de 3.0 años, donde sólo es posible observar dos eventos. Por su parte, la cuenca del río Sarapiquí muestra una mayor frecuencia de eventos

Ilustración 4. Frecuencia de caudales en los años de aguas cálidas y frías en ambas cuencas.



para ambos periodos, aunque éstos son superiores durante la influencia de los nortes. Sin embargo, para los niveles críticos de 1.8 y 3.0 sólo se observan hasta dos eventos al año.

Discusión y conclusiones

Las condiciones hidrometeorológicas de Costa Rica son muy complejas, dada la ubicación del país y la serie de patrones atmosféricos que influyen a lo largo del año, los cuales provienen del océano Pacífico, del mar Caribe y de la parte continental de Norteamérica. Asimismo, la variabilidad anual de las condiciones oceánico-atmosféricas en el océano Pacífico ecuatorial es determinante en la variación de las crecidas máximas en las cuencas de los ríos Candelaria y Sarapiquí. Durante

los años de El Niño, los vientos alisios adquieren más intensidad y persistencia sobre la vertiente del Caribe. Esto ocasiona que los caudales se reduzcan y se extienda el veranillo a mediados del año en el río Candelaria. De igual forma, los caudales del río Sarapiquí aumentan durante los meses de julio y agosto, y se reducen con los frentes fríos tempraneros de diciembre (nortes).

Todo lo contrario parece ocurrir durante los años de la fase fría del ENOS, al incrementarse los caudales en la cuenca del río Candelaria, especialmente en el periodo de pos-veranillo, lo cual se debe a la poca influencia de los vientos del noreste sobre la vertiente Caribe y al aumento de la influencia en forma indirecta de las tormentas tropicales y huracanes provenientes del mar Caribe (Vargas y Trejos, 1994). De esta forma, esta cuenca puede verse afectada por estos eventos sinópticos en los meses

Ilustración 5. Magnitud de los caudales en diferentes periodos de retorno en la cuenca del río Candelaria. Las líneas no son estimadas de los puntos, pero se basan en las características de las distribuciones al nivel de 1.1 años.

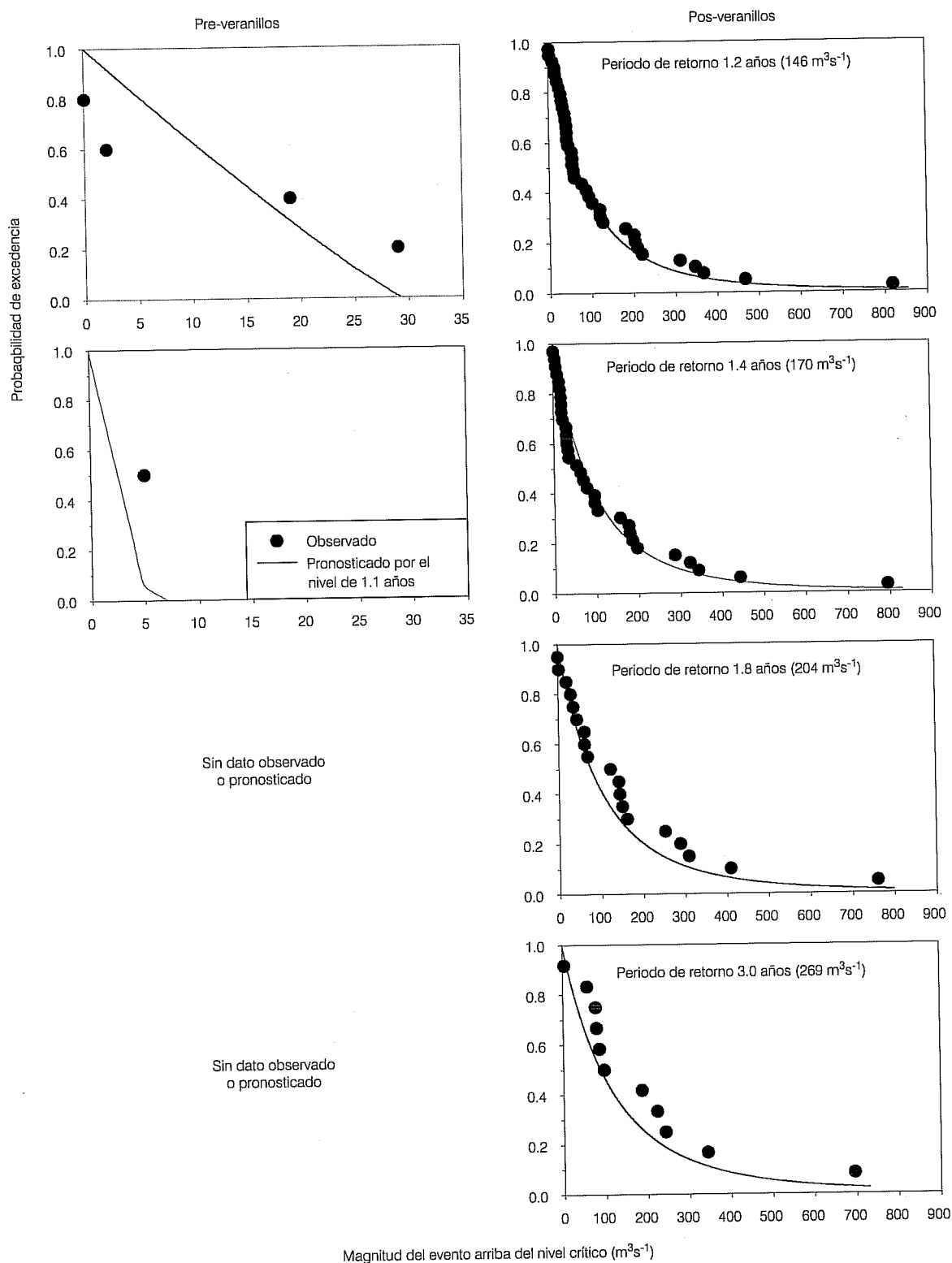
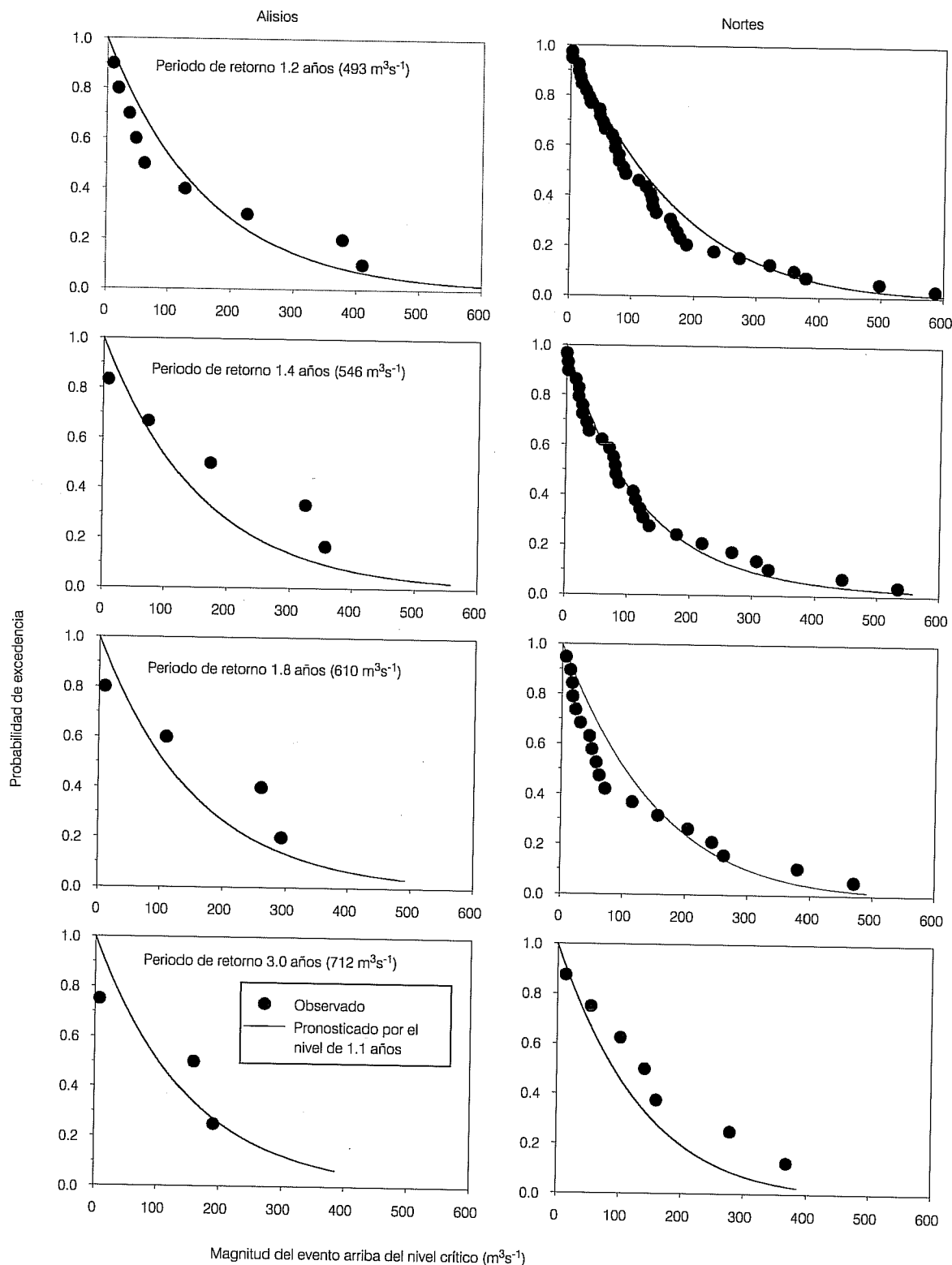


Ilustración 6. Magnitud de los caudales en diferentes periodos de retorno en la cuenca del río Sarapiquí. Las líneas no son estimadas de los puntos, pero se basan en las características de las distribuciones al nivel de 1.1 años.



de agosto, septiembre y octubre, lo que provoca el efecto de aceleramiento de los vientos provenientes del suroeste y que se registren lluvias más intensas sobre la vertiente Pacífica. Asimismo, hay una fuerte tendencia de los frentes fríos de diciembre a aumentar el nivel de los caudales en la cuenca del río Sarapiquí.

Este análisis no solamente provee una descripción más completa del nivel de los caudales, sino que también muestra la probabilidad de ocurrencia de inundaciones, dando una idea de su grado de magnitud, duración y su distribución temporal.

Agradecimientos

Los autores agradecen al doctor Germán Poveda de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, así como a Natalia Hoyos y Andrés Guhl, por sus comentarios y correcciones.

Recibido: 07/01/2003

Aprobado: 19/09/2003

Referencias

- ASHKAR, F. y ROUSELLE, J. Some remarks on the truncation used in partial flood series models. *Water resources research*. Vol. 19, 1983, pp. 477-480.
- BIRIKUNDAVYI, S. y ROUSELLE, J. Use of partial duration series for single station and regional flood analysis. *Journal of hydrologic engineering*. Vol. 2, 1997, pp. 68-75.
- CAVIEDES, C. y WAYLEN, P.R. Chapters for a climatic history of South America. Endlicher, W. y Gossmann, H. (editores). *Beitrage Zur Regionalen and Angewand ten Rlimatologie. Freiburger geographische hefte*. Vol. 32, 1991, pp. 149-180.
- ENFIELD, D.B. y ALFARO, E.J. The dependence of Caribbean rainfall on the interaction of the tropical Atlantic and Pacific Oceans. *Journal of climate*. Vol. 12, 1999, pp. 2093-2103.
- FISHER, R.A. y TIPPETT, L.H.C. Limiting forms of the frequency distribution of the largest and smallest member of a sample. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*. Vol. 24, 1928, pp. 180-190.
- HASTENRATH, S.L. *Climate and circulation on the tropics*. Reidel, Dordrecht, Países Bajos, 1988.
- HOSKING, J.R.M., WALLIS, J.R. y WOOD, E.F. Estimation of the parameters of the generalized extreme value distribution by the method of probability weighted moments. *Technometrics*. Vol. 27, 1985, pp. 251-261.
- JENKINSON, A.F. The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. Vol. 87, 1955, pp. 158-171.
- LEYTHAM, K.M. Maximum likelihood estimates for the parameters of mixture distributions. *Water resources research*. Vol. 20, 1984, pp. 896-902.
- MAGAÑA, V., AMADOR, J.A. y MEDINA, S. The midsummer drought over Mexico and Central America. *Journal of climate*. Vol. 12, 1999, pp. 1577-1588.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Estimating probabilities of extreme floods: Methods and recommended research*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1988, 141 pp.
- RASMUSSEN, P.F. y ROSBJERG, D. Prediction uncertainty in seasonal partial duration series. *Water resources research*. Vol. 27, 1991, pp. 2875-2883.
- ROSBJERG, D., MADSEN, H. y RASMUSSEN, P.F. Prediction of partial duration series with generalized pareto-distributed exceedances. *Water resources research*. Vol. 28, 1992, pp. 3001-3010.
- SCHULTZ, D., BRACKEN, W.E. y BOSART, L.F. Planetary and synoptic scale signatures associated with Central American cold surges. *Monthly weather review*. Vol. 126, 1998, pp. 5-27.
- TAESOMBUT, V. y YEVJEVICH, V. *Use of partial flood series for estimating distribution of maximum annual flood peak*. Hydrology Paper No. 97. Fort Collins, Colorado: Colorado State University, 1978, 71 pp.
- VARGAS, A.B. y TREJOS, V.F.S. Changes in the general circulation and its influences on precipitation trends in Central America: Costa Rica. *Ambio*. Vol. 23, 1994, pp. 87-90.
- VOGEL, R.M. y FENNESSEY, N.M.L. Moment diagrams should replace product moment diagrams. *Water resources research*. Vol. 29, 1993, pp. 1745-1752.
- WAYLEN, P.R., QUESADA, M.E. y CAVIEDES, C.N. Interannual variability of monthly precipitation in Costa Rica. *Journal of climate*. Vol. 9, 1996, pp. 2606-2613.

Abstract

QUESADA, M.E. & WAYLEN, P.R. Flood occurrences in two basins on opposing flanks in Costa Rica. Hydraulic engineering in México (in Spanish). Vol. XIX, no. 3, July-September, 2004, pp. 129-138.

The climatic and topographic diversity of Costa Rica provides an ideal opportunity to study the temporal variability of flooding in two basins on opposing flanks within the country. The Candelaria basin drains the Pacific flank and the Sarapiquí drains the Caribbean flank. Each basin displays very different precipitation and flow characteristics. The Candelaria basin experiences lower flood discharges during warm phases of ENSO (El Niño/Southern Oscillation), especially in the period following the "veranillo", a situation which is reversed during cold phases. Meanwhile, no such reduction of flows is noted in the Sarapiquí. However, in warm phase-years, the probability of floods increases during December, associated with cold fronts originating in North America. Although the frequency of flood events declines as the defining truncation level increases, the distributions of their magnitudes above that level and their dates of occurrence remain constant. The reduction in frequency and the parameters of the distributions are forecastable, based on the statistical properties of the events above the lower critical level.

Keywords: river basins, ENSO, flood frequency distribution, floods events, Costa Rica.

Dirección institucional de los autores:

Lic. Marvin E. Quesada. Q., M.Sc.

Profesor.
Departamento de Ciencias Sociales,
Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente,
San Ramón, Alajuela, Costa Rica,
teléfono: 506 445 5533,
fax: 506 445 6005,
marvinqq@hotmail.com

Dr. Peter R. Waylen

Profesor.
Department of Geography,
University of Florida,
Gainesville, Florida, 32611 7315, USA,
teléfono: 1 352 392 4652,
fax: 1 352 392 8855,
prwaylen@geog.ufl.edu