

## **ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE LLUVIAS INTENSAS EN COSTA RICA**

---

*Wilhelm-Günther Vahrson\**  
*Marilyn Romero V.\**  
*Ileana Arauz B.\**  
*Sergio Sánchez C.\**  
*Ruthnia Chacón B.\**

---

### **RESUMEN**

En este estudio se analizaron las curvas de intensidad, duración y frecuencia y el índice de la erosividad anual «R» para las estaciones pluviográficas de las diferentes regiones climáticas de Costa Rica: Limón para el Caribe, San Carlos para la Zona

---

\* Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

### **Agradecimiento**

*A la Comisión Nacional de Emergencia y al Proyecto FAO/MAG (Conservación de Suelos) por el financiamiento parcial, al Instituto Meteorológico Nacional por la información pluviográfica, al dibujante señor G. Hernández y a la señora P. Quirós por la mecanografía.*

Norte, Liberia para el Pacífico Norte, Puntarenas para el Pacífico Central, Palmar Sur para el Pacífico Sur y El Coco para el Valle Central.

El índice de erosividad varía entre 737 (Palmar Sur) y 173 (El Coco).

Las distintas estaciones muestran en diferente grado la influencia de diferentes fenómenos meteorológicos: Limón, San Carlos y Palmar Sur presentan una fuerte influencia de temporales; Liberia y Puntarenas una dominancia de eventos convectivos; El Coco en casi todos los cursos analizados muestra las intensidades menores.

## SUMMARY

In this article we analysed the intensity, duration, frequency curves and the annual erosivity index of six pluviographic stations of the different climatic regions of Costa Rica: Limón for the Caribbean, San Carlos for the «Northern Zone», Liberia for the «Northern Pacific», Puntarenas for the «Central Pacific», Palmar Sur for the «Southern Pacific» and El Coco for the «Central Valley».

The erosivity index goes from 737 (Palmar Sur) to 173 (El Coco).

The different stations show in different degree the influence of the different meteorological phenomena: Limón, San Carlos and Palmar Sur show a high influence of «temporales» (long duration rainfall), in Liberia and, later Puntarenas, we found dominancy of high-intensity short-term convective rain falls.

El Coco nearly all the time shows the lowest intensities.

## INTRODUCCION

Los conocimientos de las intensidades extremas de las lluvias son de suma importancia para el análisis de eventos hidrológicos extremos, entre otros las inundaciones en las llanuras de Costa Rica, normalmente provocadas por temporales fuertes (o sea lluvias con duraciones mayores a 9 horas, ver HIDALGO (1980) o la avalanchas originadas por lluvias torrenciales de carácter convectivo.

Ejemplos para las inundaciones provocadas por temporales son las de la zona Caribe del país a principios del año 1988 o la inundación del río Parrita provocada por los efectos indirectos del huracán Gilbert en setiembre de 1988. Ejemplos para avalanchas provocadas por lluvias torrenciales son las ocurridas en la cuenca del río Grande de Orosi y del río Pejibaye en julio de 1987 (VAHRSON, CARTIN y PATTERSON 1988) o en la del río Ciruelas el 20 de julio de 1988 (VAHRSON SABORIO Y HERNANDO 1988). Un análisis de situaciones meteorológicas en Costa Rica que originan tales lluvias lo presenta RAMIREZ (1988).

En este estudio se presentarán las curvas de intensidad, duración y frecuencia para las lluvias máximas anuales para seis estaciones pluviográficas, correspondiendo a las seis regiones climáticas de Costa Rica establecidas por el Instituto Meteorológico Nacional. Ellas son:

**CUADRO 1**  
**REGIONES CLIMATICAS Y ESTACIONES ANALIZADAS**

<i>Región climática</i>	<i>Estación</i>
Caribe	Limón
Zona Norte	San Carlos
Pacífico Norte	Liberia
Pacífico Central	Puntarenas
Pacífico Sur	Palmar
Valle Central	Juan Santamaría

En estas estaciones se determinaron las intensidades máximas anuales para duraciones entre 5 minutos y 3 días según intervalos de recurrencia entre 2 años y 200 años y un índice de erosividad promedio anual de las lluvias.

La distribución de los períodos de retorno para los eventos de lluvias diarias en Costa Rica fue analizada por VAHRSON (1988) y las lluvias máximas diarias de las estaciones de la cuenca del Río Grande de Tárcos por RAMIREZ Y CASTRO (1978).

Curvas de intensidad, duración y frecuencia para 3 estaciones fueron analizadas por RAMIREZ M. (1986).

#### **MATERIALES Y METODOS**

Para el análisis estadístico se utilizaron los registros de las estaciones mencionadas (cuadro 1) disponibles en el Instituto Meteorológico Nacional y se procedió a determinar las series de las intensidades o las respectivas cantidades máximas anuales para las duraciones de 5 min., 10 min., 15 min., 30 min., 1 hora, 2 horas, 6 horas, 12 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas.

De estas series se eliminaron valores fuera de la tendencia (INTERAGENCY ADVISORY COMMITTEE ON WATER DATA 1982) y se determinó el promedio y la desviación estándar, para luego aplicar la fórmula de GUMBEL (1945).

VAHRSON Y FALLAS (1988) mostraron la validez del método con una serie de 97 años de máximos diarios de la estación San José.

Las intensidades máximas para los períodos de retorno y las duraciones mencionados antes se graficaron en los diagramas de las páginas siguientes.

Para el cálculo del índice de erosividad de lluvias se utilizó la siguiente fórmula desarrollada por WOODWARD (1975) para Puerto Rico y las Islas Vírgenes (ver KIRKBY Y MORGAN 1984).

$$R = 0,0245 P$$

donde

R = índice de erosividad anual

P<sub>2,6</sub> = Cantidad de lluvias para una duración de 6 horas con un período de retorno de 2 años.

Por no contar con una situación climática parecida a Puerto Rico y las Islas Vírgenes en el caso del valor de R se trata solamente de una aproximación preliminar.

## RESULTADOS

### CARIBE: LIMÓN

El gráfico 1 muestra las relaciones entre duraciones, períodos de retorno e intensidades de eventos máximos anuales para la estación Limón.

En este caso las intensidades para duraciones cortas no son muy altas: por ejemplo un evento de una intensidad de 300 mm/hora en 5 minutos (= 25 mm en 5 minutos) tiene un período de retorno entre 100 años y 200 años, un evento de 150 mm/hora durante 15 minutos (= 37.5 mm en 15 minutos) posee un intervalo de recurrencia de aproximadamente 20 años.

La situación es diferente para duraciones más largas: un evento de 30 mm/hora durante 6 horas (= 180 mm en 6 horas) se repite a largo plazo cada 10 años, un evento de 5 mm/hora durante 72 horas (= 360 mm en 72 horas) se repite a largo plazo aproximadamente cada 10 años.

El caso de Limón presenta, por ende, una situación en la cual los eventos máximos están caracterizados por temporales y donde lluvias torrenciales no juegan un papel tan importante como en otras partes de Costa Rica.

Debido a los valores altos de lluvias con duraciones de 6 horas, el índice de la erosividad anual también posee con  $R = 688$  un valor relativamente alto.

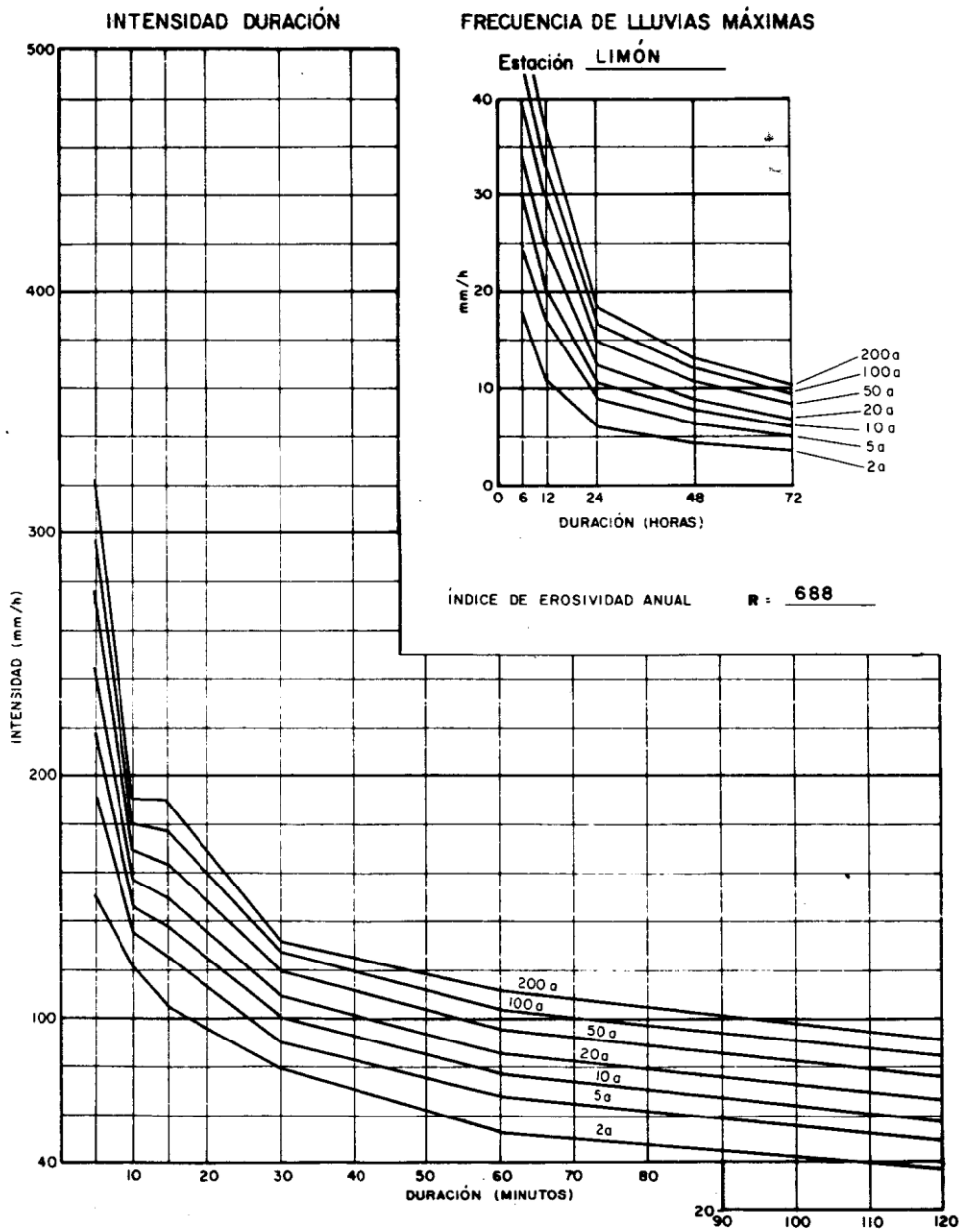


Gráfico 1. Curva de intensidad, duración y frecuencia, estación Limón.

**ZONA NORTE: SAN CARLOS**

La estación San Carlos presenta un régimen parecido al de Limón, sin embargo, las lluvias con duraciones cortas poseen intensidades máximas mayores y las lluvias

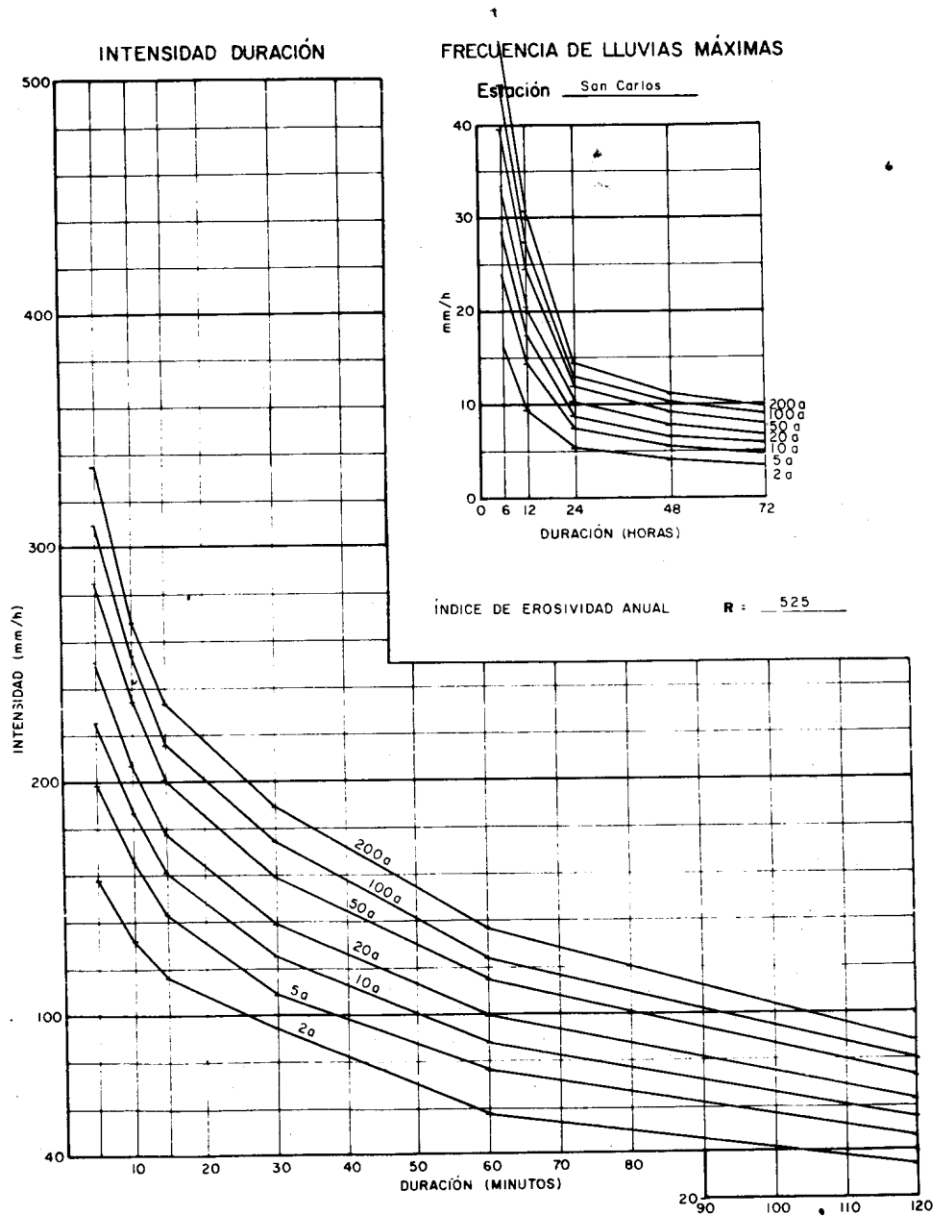
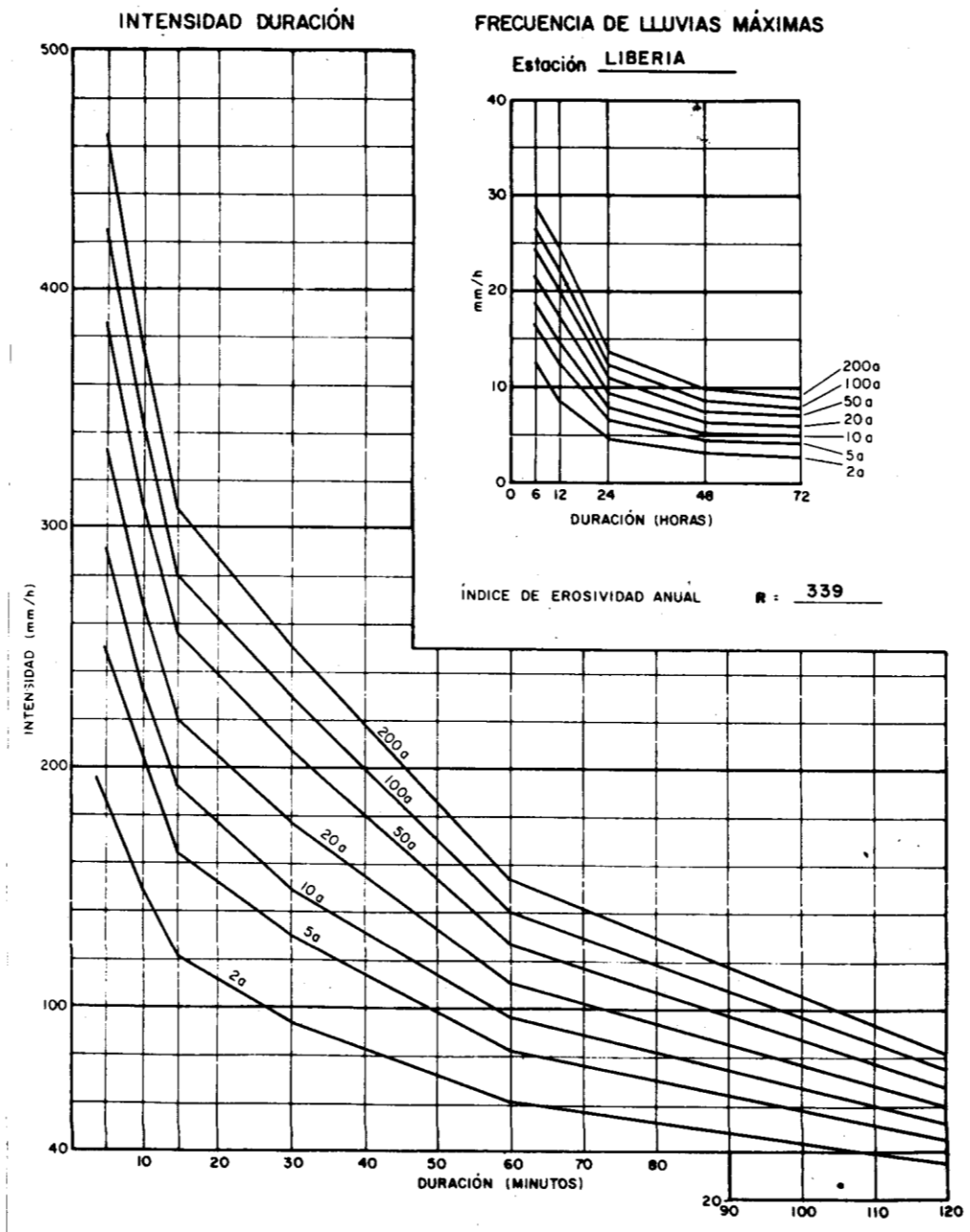


Gráfico 2. Curva de intensidad, duración y frecuencia, estación San Carlos.

con duraciones largas intensidades máximas menores (gráfico 2). Las intensidades máximas son casi iguales para lluvias con duraciones entre 100 y 120 minutos y después nuevamente para eventos de tres días.



**Gráfico 3. Curva de intensidad, duración y frecuencia, estación Liberia.**

Un evento con 300 mm/hora durante 5 minutos posee entonces una probabilidad mayor que en Limón, con un período de retorno entre 50 y 100 años, lo mismo es válido para un evento de 150 mm/hora durante 15 min., aquí el período de retorno se reduce a un valor entre 5 y 10 años.

Para los 30 mm/hora durante 6 horas el período de retorno aumenta a un valor entre 10 y 20 años, y los 5 mm/hora durante 72 horas poseen un período de retorno superior a 5 años, pero muy parecido al valor de Limón.

Las intensidades menores para duraciones de 6 años causan una reducción del valor de R a 525.

#### **PACIFICO NORTE: LIBERIA**

Un patrón totalmente diferente de las anteriores muestra Liberia (gráfico 3). Aquí las intensidades máximas de lluvias con duraciones cortas superan en alto grado las intensidades del resto de las estaciones: un evento de 300 mm/hora para una duración de 5 minutos se repite aquí a largo plazo cada 10 a 20 años, los 150 mm/hora durante 15 minutos poseen un intervalo de recurrencia entre 2 y 5 años. Otra vez son las intensidades máximas de lluvias con duraciones entre 100 y 120 minutos parecidas a las de las estaciones anteriores y tenemos una reducción de las intensidades para lluvias con duraciones largas. El caso de 30 mm/hora durante 6 horas posee un período de retorno mayor a 200 años, el caso de 5 mm/hora durante 72 horas posee un período de retorno de aproximadamente 10 años.

Si en las dos estaciones anteriores predomina el fenómeno de temporales para los eventos extremos, la estación Liberia está caracterizada por tormentas y fuertes procesos convectivos.

Por las intensidades relativamente bajas el índice de erosividad anual R llega a sólo 339.

#### **PACIFICO CENTRAL: PUNTARENAS**

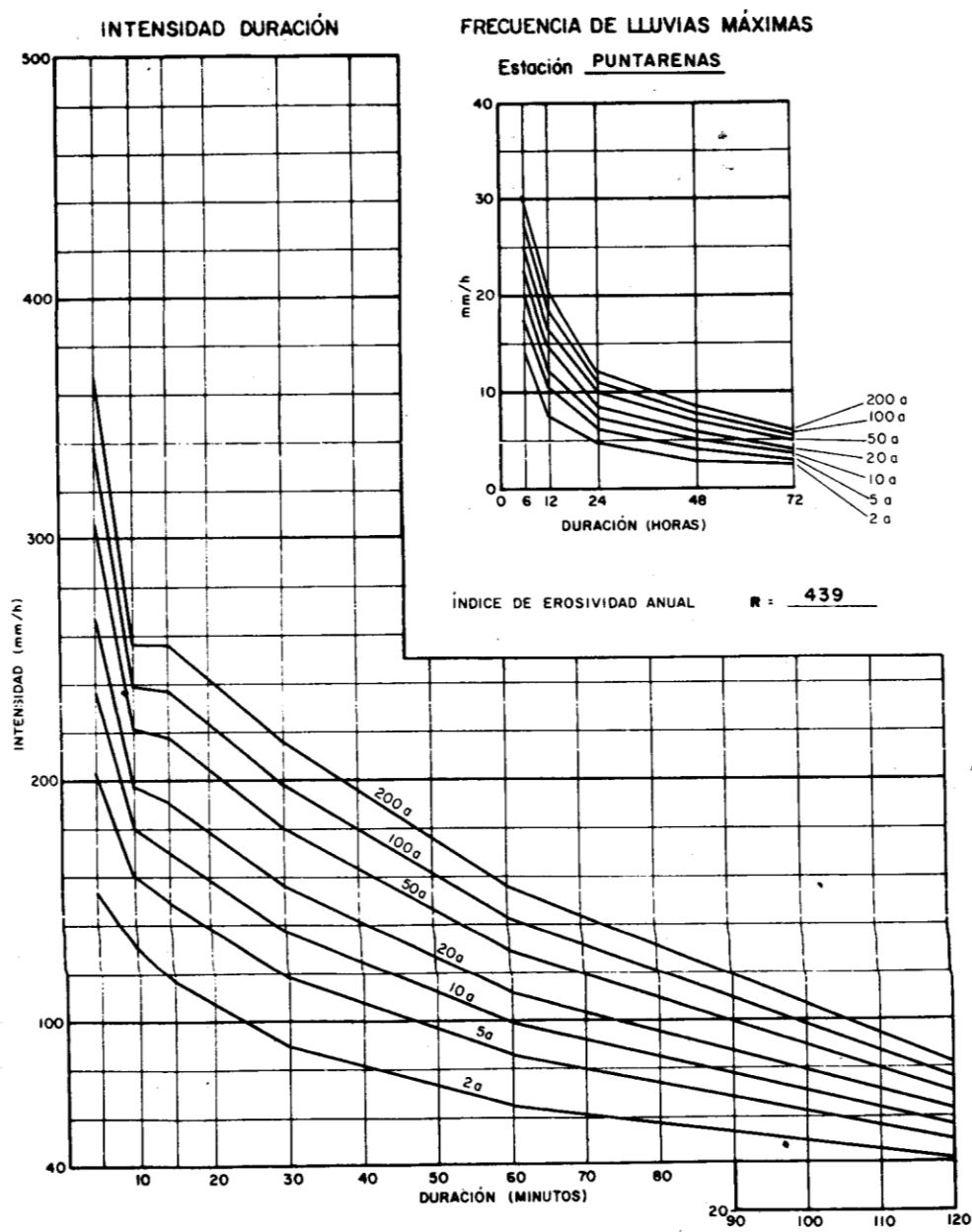
La estación Puntarenas presenta intensidades para duraciones cortas menores que Liberia, para duraciones entre 1 hora y 6 horas casi iguales y para duraciones mayores a 6 horas nuevamente intensidades menores que Liberia (ver gráfico 4).

Un evento de 300 mm/hora durante 5 min. posee un período de retorno poco menor de 50 años.

El evento de 150 mm/hora durante 15 min. tiene un período de retorno cerca de 10 años.

Para duraciones más largas un evento de 30 mm/hora durante 6 horas tiene un intervalo de recurrencia de aproximadamente 200 años, el evento de 5 mm/hora durante 72 horas posee un período de retorno poco mayor de 50 años.

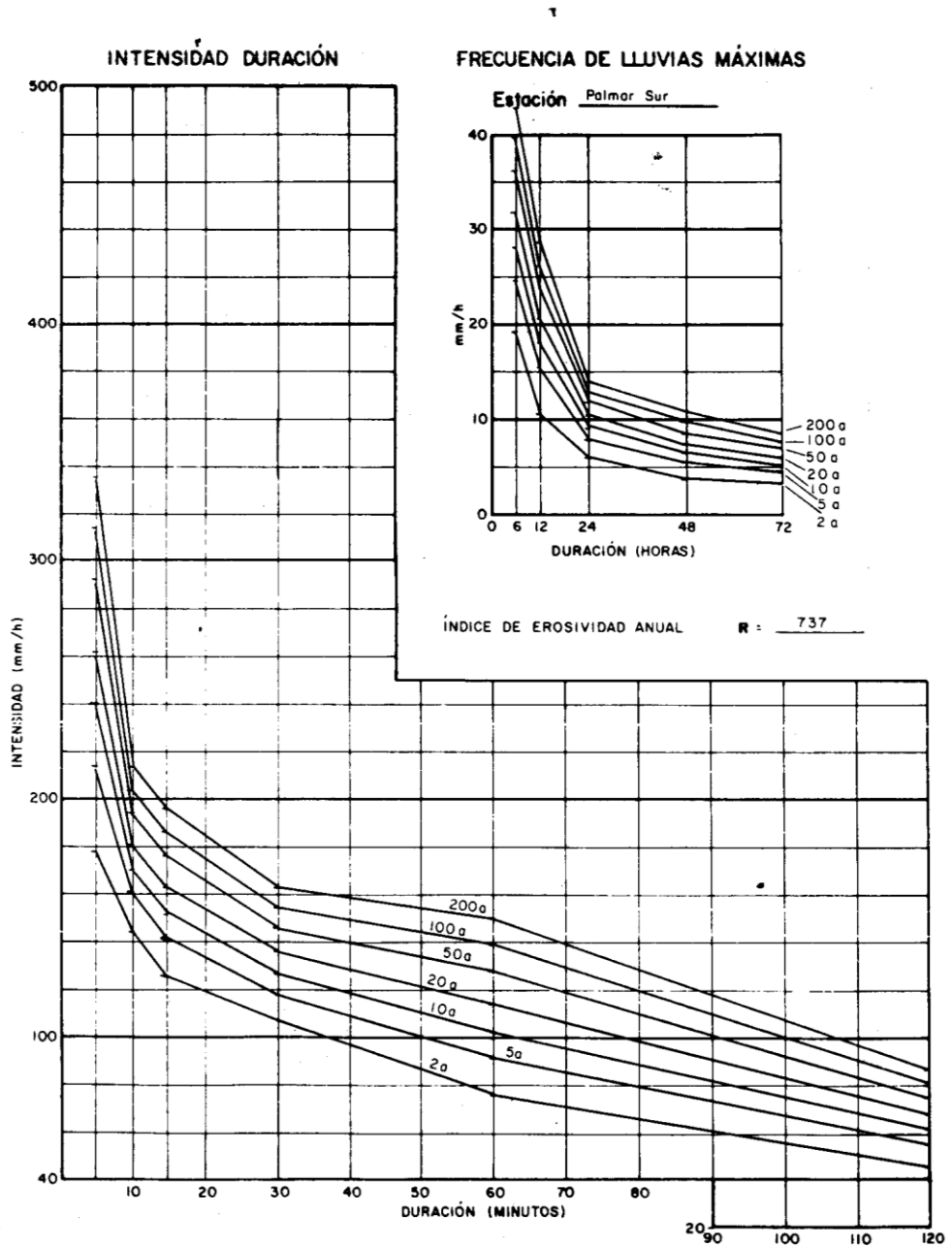




**Gráfico 4. Curva de intensidad, duración y frecuencia, estación Puntarenas.**

**PACIFICO SUR: PALMAR SUR**

La tendencia de una reducción de las intensidades de lluvias con duraciones cortas sigue hacia el Sur, de las estaciones Liberia, Puntarenas y Palmar Sur la última muestra las menores intensidades (gráfico 5). Para 300 mm/hora durante 5 minutos el



**Gráfico 5. Curva de intensidad, duración y frecuencia, estación Palmar.**

período de retomo llega a un valor entre 50 y 100 años, para los 150 mm/hora durante 15 min. este valor llega casi a 10 años.

Lo contrario pasa con lluvias de duraciones largas. Aquí un valor de 30 mm/hora

durante 6 horas tiene un período de retorno entre sólo 10 y 20 años, un valor de 5 mm/hora durante 72 horas con intervalo de recurrencia de aproximadamente 10 años, probando claramente la mayor importancia de temporales en esta zona y la menor importancia de lluvias convectivas, especialmente en relación con Liberia.

El índice de erosividad anual llega por ende al máximo encontrado con  $R = 739$ .

#### **VALLE CENTRAL: EL COCO**

Un patrón totalmente diferente de todo lo observado anteriormente muestra la estación El Coco (gráfico 6). Mientras las intensidades para las duraciones más cortas son moderadas, parecidas por ejemplo a las de Puntarenas o San Carlos, para duraciones mayores de 1 hora son las menores observadas hasta el momento.

Una intensidad de 300 mm/hora durante 5 min. posee entonces un período de retorno entre 20 y 50 años, un valor de 150 mm/hora durante 15 min. un período de retorno de aproximadamente 10 años.

Para los eventos de 30 mm/hora durante 6 horas y 5 mm/hora durante 72 horas los períodos de retorno sobrepasan en alto grado los 200 años, o sea eventos con estas intensidades casi no existen.

Por tales razones, el fenómeno de temporal no juega ningún papel importante en esta estación y el índice de erosividad anual posee un valor de sólo  $R = 173$ .

#### **DISCUSION Y RESTRICCIONES**

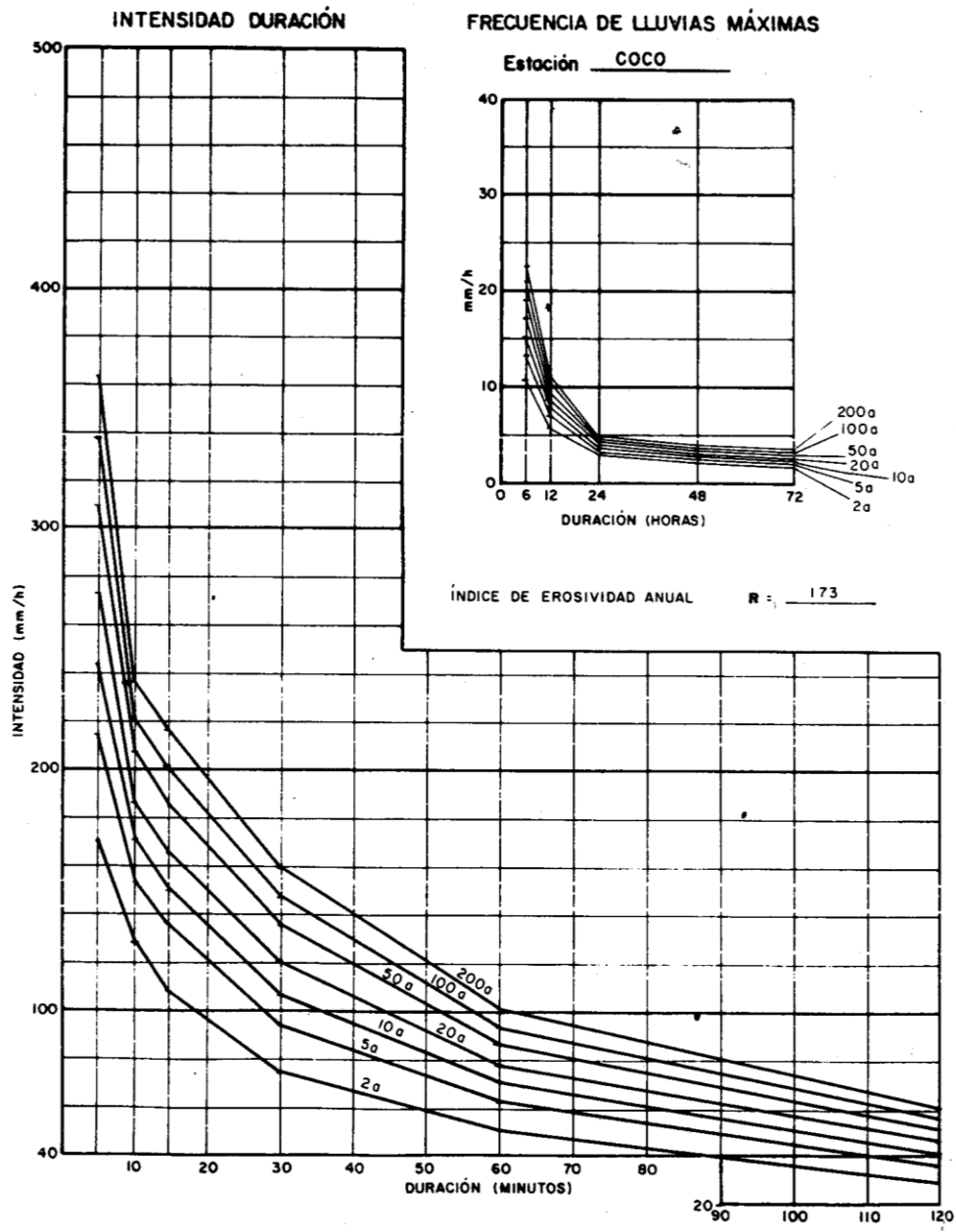
Los análisis llevados a cabo hasta el momento muestran las siguientes tendencias: en las estaciones Limón, San Carlos y Palmar Sur el fenómeno más importante es el temporal, más fuerte en Limón, con intensidades un poco menores en San Carlos y Palmar Sur.

En el otro caso las tormentas con las intensidades más altas aparecen en Liberia, seguido por Puntarenas.

El patrón de la estación El Coco es muy diferente de todos, con intensidades muy bajas para duraciones mayores a una hora.

Sin embargo, estas diferencias pueden obedecer a fenómenos locales, mientras Limón, Palmar Sur y Puntarenas están cerca de las costas, San Carlos, Liberia y El Coco son estaciones con cierta distancia del mar. Las altitudes son diferentes, las exposiciones también.

Por ende, estas estaciones no pueden representar toda la región climática de la



**Gráfico 6. Curva de intensidad, duración y frecuencia, estación El Coco.**

cual provienen, y hay que tener cuidado en la aplicación de estos valores a toda la región.

Como ya mencionamos anteriormente, el cálculo del índice de erosividad anual

R es de carácter preliminar, la fórmula aplicada carece de una calibración para la situación climática de Costa Rica.

Especialmente para las duraciones cortas (5, 10 min.) pueden existir errores de lectura de las bandas, para los eventos largos (1 día, 2 días y 3 días) con intervalos preestablecidos de 7:00 a 7:00 el sistema de la lectura es diferente del sistema para las duraciones más cortas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Gumbel, E.J. 1945: **FLOODS ESTIMATED BY THE PROBABILITY METHOD**. *Engineering news record* 134. pp. 833-837.
- Hidalgo, H. 1980: **HEAVY RAINFALL IN COSTA RICA. THESIS**. Birmingham University, Birmingham.
- Interagency Advisory Committee on Water Data. 1982: **GUIDELINES FOR DETERMINING FLOOD FLOW FREQUENCIES**. Buletin 17b of the Hydrology Subcommittee.
- Kirkby, M. J. & Morgan, R.P.C. 1984: **EROSION DE SUELOS**. México, Limusa.
- Ramírez, P. & Castro, V. 1978: **EVALUACION CUANTITATIVA DEL RIESGO DE DESASTRE POR CICLONES TROPICALES EN LA CUENCA DEL RIO GRANDE DE TARCOLES, COSTA RICA, AMERICA CENTRAL**. Mimeografiado.
- Ramírez, P. 1988: **SITUACIONES METEOROLOGICAS QUE PUEDEN PROVOCAR DESASTRES**. En prensa.
- Ramírez M., W. 1986: Curvas de intensidad, duración frecuencia para las ciudades de San José, Heredia, Alajuela, Guanacaste y Limón. En: **PRIMER CERTAMEN PREVIO CIENCIA Y TECNOLOGIA SIPAA**. Mimeografiado.
- Vahrson, W.-G. 1988: **LOS PERIODOS DE RETORNO DE TRES EVENTOS DE LLUVIAS EXTREMAS EN COSTA RICA**. En imprenta.
- Vahrson, W.-G., Cartín, N. & Patterson, O. 1987: **LAS INUNDACIONES DEL 2 DE JULIO 1987, EL CASO DE LA CUENCA DEL RIO HUMITO**. En prensa.
- Vahrson, W.-G. & Fallas, J. 1988: **EVALUACION PRELIMINAR DE TRES METODOS PARA ESTIMAR PERIODOS DE RETORNO PARA LLUVIAS MAXIMAS DE 24 HORAS PARA LA ESTACION SAN JOSÉ, COSTA RICA**. Instituto Meteorológico Nacional, Nota de investigación No. 7. San José, Costa Rica.
- Vahrson, W.-G., Saborío, F. & Hernando, L. 1988: **AVALANCHAS EN LA CORDILLERA CENTRAL, EL CASO DEL RIO CIRUELAS**. En prensa.
- Woodward, D.E. 1975: Discussion of: **ESTIMATION OF RAINFALL EROSION INDEX, BY J.K.H. ATESHIAN (ASCE 100 (IR3), 279-07, 1974)**. *J. Irrigation and Drainage Div., Am. Soc. Civil Engrs.*, 101IR3, 245-247.