

## **Índices de Fournier modificado y de concentración de la precipitación, como estimadores del factor de riesgo de la erosión, en Sinaloa, México**

**I. Velasco <sup>(1)</sup>, G. Cortés<sup>(2)</sup>**

(1) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Colonia Progreso. Jiutepec, Morelos, México. 62550. E-mail: ivelasco@tlaloc.imta.mx

(2) El Colegio de San Luis, A.C. Parque de Macul No. 155, Fraccionamiento Colinas del Parque, San Luis Potosí, S.L.P. México. 78299. E-mail: ipsufactormx@yahoo.com.mx

### **ABSTRACT**

Some of the parameters which characterize the climatic zones, identified as Hydric Régime Indices are the rainfall concentration index (*ICP*), and the Modified Fournier index (*IFM*), which allow to evaluate, in terms of the rainfall behavior, the risk of soil erosion. The conventional *ICP* rank of variation goes from uniforms to irregular (8 to 100%). The calculation of this index must be done for every year and then the average is the value to use. *IFM* considers the monthly rainfall of the most humid month of the year in relation to the other months. This index characterizes the rainfall aggressiveness, and their conventional values go from very low (0 to 60), until very high (more than 160), and mainly mean the vulnerability and risk to soil loss. It must be calculated for every year and its annual average is then used. Altogether with *ICP*, these indices give a very objective idea of the possible rainfall effect in soil erosion. In this work the estimation of these two indices for the Sinaloa State (NW of Mexico) is made; *ICP* shows a high seasonality, and *IFM* depends strongly on the topography. The potential consequences of soil erosion in then estimated, through conventional values of the indices.

Palabras clave: erosión del suelo, lluvia, índices hídricos

### **INTRODUCCION**

El análisis de los IRH parte de la lluvia: sus características, cantidad, periodo de ocurrencia, etc. La Figura 1 muestra las isoyetas medias anuales para Sinaloa; el extremo NW es el que registra los valores más bajos, alrededor de 300 mm/año, mientras que el extremo SE es el que tiene los más altos, casi 1,300 mm. Desde este amplio rango de valores, es de esperarse que la relación lluvia-suelo-atmosfera-planta sea también variable, y uno de sus efectos, reales o potenciales, es la erosión.

### **RESULTADOS**

Sinaloa es un territorio con diversas condiciones hídricas. La aplicación de los conceptos mencionados a este caso, con la información disponible conduce a los siguientes resultados.

La información meteorológica utilizada corresponde a 95 estaciones, más dos observatorios (Culiacán y Mazatlán): registros mensuales de lluvia durante al menos 20 años. Para el procesamiento de datos se utilizó un programa de cómputo *ex professo*, llamado CIRH (Cálculo de los índices del Régimen Hídrico; PHI, 2006). desarrollado como parte de la

iniciativa del PHI, para obtener el Mapa de Zonas Áridas, Semi Áridas y Subhúmedas Secas de América Latina y El Caribe. Está diseñado y desarrollado de tal forma que con la información meteorológica histórica de las diversas variables, se estiman los diversos parámetros, que en su conjunto, dan una visión del comportamiento natural de la lluvia y su relación con el entorno.

**Índice de concentración de la precipitación (ICP)**

Con la idea de estimar la agresividad de las lluvias, a partir de la variabilidad temporal de las precipitaciones mensuales, Oliver (1980; citado por PHI, 2006) propuso un índice de concentración de las precipitaciones (ICP), que se obtiene mediante la expresión (1):

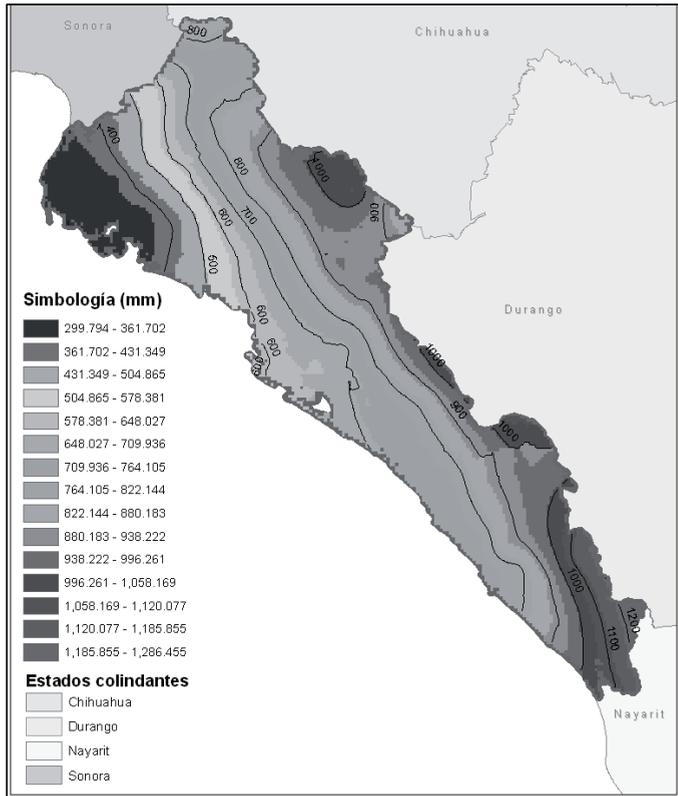


Figura 1.- Isoyetas medias anuales del estado de Sinaloa, en milímetros

$$ICP = 100 \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{P^2} \quad 1)$$

donde:

*ICP* índice de concentración de la precipitación, en %.

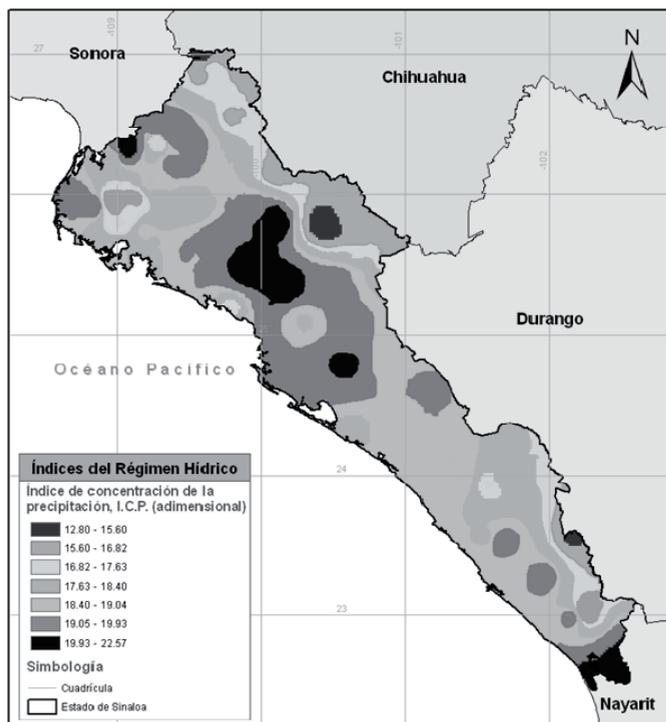
*p<sub>i</sub>* precipitación mensual en mm.

*P* precipitación anual en mm

El valor de *ICP* reviste un gran interés, por la incidencia de la precipitación sobre la erosión del suelo, que genera una dinámica más activa cuanto mayor es la concentración en la temporada de lluvias. El rango convencional de variación va desde 8.33 hasta 100% (Tabla 1). El cálculo del *ICP* se hace para cada año y luego se calcula el promedio (PHI, 2006).

Tabla 1.- Clasificación del Índice de Concentración de la Precipitación (ICP)

ICP	Clasificación
8.3 - 10	Uniforme
10 - 15	Moderadamente estacional
15 - 20	Estacional
20 - 50	Altamente estacional
50 - 100	Irregular



La Figura 2 muestra los resultados obtenidos para el ICP. Como puede observarse, prácticamente todo el estado puede catalogarse como con lluvias de carácter estacional. En general, las lluvias son veraniegas, en su mayor parte, aunque también, sobre todo en el norte del Estado, las lluvias invernales, se presentan, aunque con poca relevancia.

El periodo típico de lluvias va de julio a septiembre. En diciembre y enero, algunos años, junto con las temperaturas más bajas de la región norte, también llegan a presentarse algunas lluvias, producto de los frentes fríos.

Figura 2.- Representación espacial del ICP en el estado de Sinaloa

### Índice de Fournier Modificado

Arnoldus (1980) propuso una corrección del Índice de Fournier (IF) en que se consideran no sólo la precipitación mensual del mes más húmedo, sino también la del resto de los meses. Este índice modificado de Fournier (IFM) caracteriza la agresividad de la precipitación y se calcula de la siguiente forma:

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P} \quad (2)$$

donde:

- IFM* Índice de Fournier modificado en mm
- $p_i$  precipitación del mes  $i$  en mm.
- $P$  precipitación total anual, en mm.

El cálculo de *IFM* se hace para cada año y luego se calcula el promedio, cuya clasificación se presenta en la Tabla 2, (PHI, 2006).

La agresividad de la precipitación se muestra en la Figura 3. De acuerdo con los valores convencionales, el Estado tiene un cierto riesgo de erosión, que va de bajo a alto, incrementándose en la medida en que la altitud es mayor; es decir, al relieve determina en gran medida la vulnerabilidad a la erosión y a los procesos erosivos por la intensidad de la lluvia, aspecto que en forma artificial se incrementa por factores tales como la deforestación y el cambio de uso del suelo. La conformación de este índice es en franjas paralelas a la costa, con los valores más bajos en las planicies costeras.

Tabla 2.- Clasificación del Índice de Fournier Modificado (IFM)

IFM	Clasificación
0 – 60	Muy bajo
60 – 90	Bajo
90 – 120	Moderado
120 – 160	Alto
> 160	Muy alto

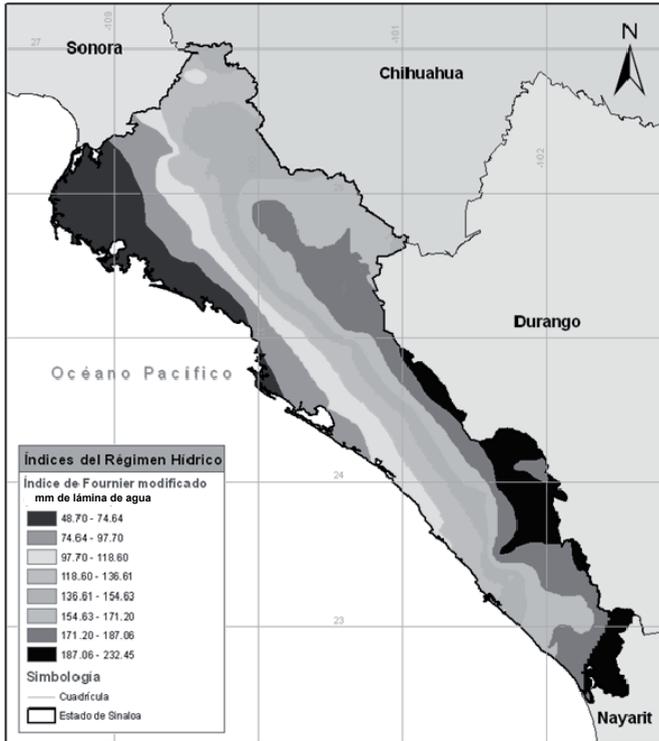


Figura 3.- Representación espacial del Índice de Fournier Modificado en el estado de Sinaloa

## CONCLUSIONES

En todas las estimaciones de los IRH se refleja la tendencia de una variación gradual de árido a húmedo partiendo de toda la parte costera hacia tierra adentro; esta variación se debe al cambio de latitud, cercanía de las cordilleras y en gran medida, al relieve.

En más de un 80% del territorio sinaloense el ICP varía de 15 a 20 reflejando que la precipitación se ve concentrada en unos pocos meses a lo largo del año, especialmente en el verano; las zonas montañosas presentan un índice moderadamente estacional: una distribución más homogénea de la precipitación a lo largo del año, creando condiciones más favorables de humedad.

## RECONOCIMIENTO

Este trabajo es el resultado parcial de un proyecto desarrollado durante 2007 con el soporte financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT México), y el Fondo Mixto (FOMIX) del Gobierno del Estado de Sinaloa, bajo el Convenio SIN-2006-C01-32733.

## REFERENCIAS

- ❖ Arnold, H.M. 1980. *An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation*. En De Boodt, M. and Gabriels, D. (Eds.). *Assessment of Erosion*. John Wiley and Sons, Inc. Chichester, West Sussex, UK.
- ❖ PHI. 2006. *Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de América Latina y El Caribe*. Programa Hidrológico Internacional, UNESCO. Documento Técnico No. 3. La Serena, Chile. 58 pp.