CARTOGRAFÍA DE LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA ESTIMADA A PARTIR DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS MENSUALES EN EL CAMPO DE GIBRALTAR (CÁDIZ)

Antonio Jordán, Nicolás Bellinfante

Dpto. de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Facultad de Química, Universidad de Sevilla, C/Profesor García González, 1, 41012, Sevilla, Spain

V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo
Baeza, 25-29 de septiembre de 2000

Resumen

La erosividad de la lluvia constituye un factor importante para la comprensión de los procesos geomorfológicos que tienen lugar en un territorio. Sin embargo, se trata de un parámetro difícil de estimar en muchos lugares, debido a la falta de los registros pluviométricos. Diversos autores han comprobado que el índice modificado de Fournier o el índice de Concentración de las Precipitaciones son buenos indicadores de la capacidad erosiva de la lluvia y de su distribución mensual.

La cartografía de los índices de erosividad pluvial citados muestra el patrón de distribución del riesgo de erosión en el Campo de Gibraltar. En la zona de estudio, el riesgo de erosión parece relacionarse con aspectos fisiográficos concretos, como las masas de aire procedentes del mar, la orientación o el relieve.

La distribución zonal y temporal de la erosividad muestra un patrón heterogéneo, con dos momentos de máximo riesgo (febrero y diciembre), muy marcado en las zonas montañosas y escarpadas, y un período estable durante los meses secos.

Introducción

La determinación de un índice que describa el efecto erosivo de las precipitaciones constituye un problema que ha sido abordado durante años por distintos autores. Numerosos trabajos han desarrollado aproximaciones a este tipo de índices y a su uso en la evaluación del riesgo de erosión.

El factor R es uno de los índices de erosividad de la lluvia cuya aplicación está más extendida. Sin embargo, en muchos países europeos, incluida España, no existe una base de datos pluviográfica suficientemente densa o antigua como para calcular el valor de R a escala de detalle. En España, por ejemplo, la red de pluviógrafos existente es escasa y está irregularmente distribuida, lo que le resta validez. Diversos autores han apuntado la dificultad de la extrapolación de los valores registrados debido a la alta variabilidad espacial y temporal de la agresividad pluvial. Además, dada la dificultad que entraña el cálculo del factor R de la USLE, ya que debe calcularse la energía cinética y la intensidad de las tormentas de forma aislada y durante un número elevado de años, diversos autores han intentado relacionar el factor R con parámetros más fáciles de obtener y calcular. Con este propósito, Fournier (1960) estableció el índice de agresividad climática o Índice de Fournier (IF), que muestra una alta correlación con la cantidad de sedimentos arrastrados por la escorrentía. El cálculo del IF se realiza a partir de los datos pluviométricos de estaciones meteorológicas representativas, según la ecuación I, donde IF es el índice de Fournier, pmax es la precipitación media correspondiente al mes más lluvioso (mm) y P es la precipitación media anual (mm).

Al emplear el IF como indicador de la erosividad pluvial es necesario considerar que en zonas cuyo régimen pluvial presenta más de un pico mensual de precipitación, o donde los valores pluviométricos son en general elevados, el IF sólo considera el mes de mayor precipitación, despreciando los valores del resto de los meses. Por estas razones, Arnoldus propuso en 1978 una corrección del IF, en la 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 (IMF) se calcula según la ecuación II, donde IMF es el Índice Modificado de Fournier, pi es la precipitación media mensual y Pt es la precipitación media anual.

Con el objetivo de estimar la agresividad de las lluvias, a partir de la variabilidad temporal de las precipitaciones mensuales, Oliver (1980) propuso el índice de concentración de las precipitaciones (ICP), que se obtiene mediante la fórmula III, donde ICP es el Índice de Concentración de las Precipitaciones, expresado como porcentaje, pi es precipitación mensual y P es precipitación anual. El rango posible de variación del índice va desde 8.33% (si la precipitación es idéntica en todos los meses) hasta 100% (si toda la lluvia se concentra en un solo mes).

El objetivo del presente trabajo es realizar el estudio de la distribución espacial de la erosividad de la lluvia a partir de datos pluviométricos mensuales, como un método alternativo a la utilización de datos pluviográficos. Para ello se han empleado índices de agresividad pluvial como el índice modificado de Fournier o el índice de Concentración de las Precipitaciones.

También se realiza un estudio de la evolución mensual de la erosividad aplicando la fórmula de Fournier a cada mes, de forma individual.

La interpolación de los datos de las diferentes estaciones meteorológicas, realizada mediante un Sistema de Información Geográfica (ARC/INFO), proporciona una cartografía de la distribución del riesgo de erosión hídrica en la zona estudiada.

Métodos

Área de estudio

El estudio ha sido realizado en la comarca del Campo de Gibraltar, Cádiz (figura 1). El clima de la zona es mediterráneo, con inviernos frescos y húmedos y veranos secos y templados. La precipitación anual oscila entre 430 mm y 1.420 mm, mientras que la temperatura media anual se halla entre 16 y 18ºC. Los frecuentes vientos húmedos del E y la proximidad de la costa son factores que reducen la severidad de la sequía estival.

Figura 1, Área de estudio.

Material y métodos

Se recopilaron datos de 109 estaciones pluviométricas de las provincias de Cádiz y Málaga con influencia sobre el área de estudio y con un período de funcionamiento representativo.

Para obtener información lo más completa posible sobre la distribución de la precipitación y la agresividad de la lluvia en el Campo de Gibraltar se llevó a cabo una interpolación superficial de los valores pluviométricos, el IMF y el ICP asociados a cada estación meteorológica (figura 2). De este modo se generaron imágenes en formato raster con una resolución espacial de 50 x 50 m2. El método de interpolación usado fue IDW (Inverse Distance Weighted), según el cuál el "peso" de cada estación en un punto determinado disminuye frente a los demás con la distancia. La exactitud del método de interpolación es mayor cuanto mayor es la densidad de muestreo.

Los valores del IMF fueron clasificados según el criterio que se muestra en la tabla 1, baremo propuesto por CORINE-CEC.. Posteriormente, a partir de estos datos se obtuvieron los correspondientes mapas de isolíneas.

Con el objetivo de estimar la incidencia de la precipitación de cada mes en la erosión del suelo se calculó la erosividad de la lluvia mediante la fórmula de Fournier, pero computando sólo los datos correspondientes a cada mes por separado, utilizando la ecuación IV, donde IFi es el índice de agresividad pluvial del mes i, pi es la precipitación media del mes i, y P es la precipitación anual media.

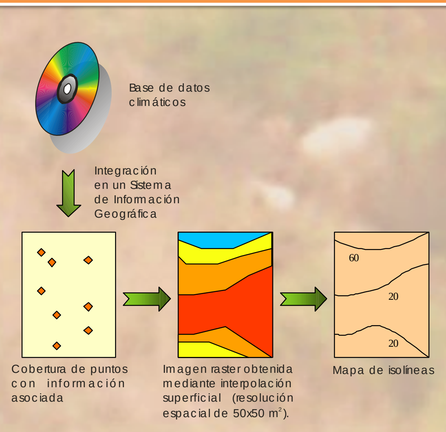

Figura 2. Metodología general del tratamiento de información.

Tabla 1. Clasificación del Índice Modificado de Fournier (IMF).

Clase	IMF	Descripción
1	<60	Muy bajo
2	60-90	Bajo
3	90-120	Moderado
4	120-160	Alto
5	>160	Muy alto

Resultados

Precipitación anual

En la figura 3 se muestra el mapa de precipitación media anual de la zona. En él se aprecia un gradiente de precipitación que va desde la costa oriental hasta encontrarse con los primeros escarpes de las sierras. Este fenómeno es particularmente apreciable en las sierras del Bujeo y El Niño, al S, o en la vertiente SW de Sierra Bermeja, en el vértice NW de la zona de estudio. En todos estos casos se sobrepasan los 1000 mm anuales, llegando incluso hasta los 1400 en algunos puntos. Varios autores atribuyen este contraste a la influencia del factor topográfico. Así mismo, existe un fuerte contraste entre las precipitaciones que se registran en la vertiente oriental y la vertiente occidental de la Sierra del Algibe. Al W de la Sierra del Algibe, en las tierras bajas de Tahivilla, la antigua Laguna de La Janda, o Alcalá de los Gazules, las precipitaciones difícilmente llegan a los 900 mm anuales. Sin embargo, en la mitad oriental, con frecuencia se supera este valor por debajo de los 200 msnm. Esta disimetría pluviométrica entre las vertientes occidental y oriental de la sierra se debe, sin duda, al efecto Föhn.

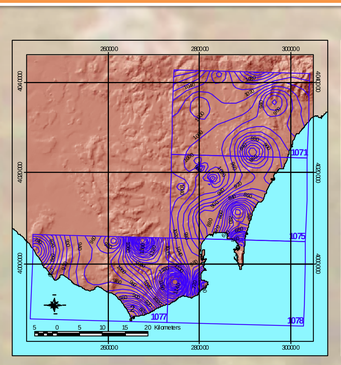

Figura 3. Mapa de precipitación media annual (mm).

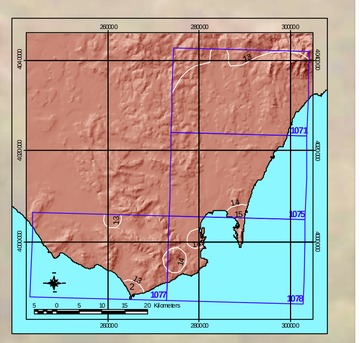

Figura 4. Mapa de concentración de las precipitaciones.

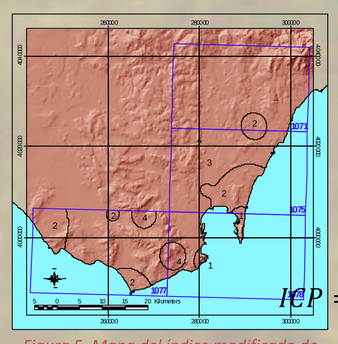

Figura 5. Mapa del índice modificado de Fournier (IMF).

$$IF = \frac{Pmax^2}{P}$$

$$IMF = \sum_{1}^{12} \frac{p_i^2}{p_t}$$

$$ICP = \frac{\sum_1^{12} p_i^2}{p^2}$$

$$IF = \frac{p_i^2}{P}$$

Concentración de las precipitaciones

El mapa de concentración de las precipitaciones se muestra en la figura 4.En ella se puede observar que el ICP calculado en el área de estudio oscila entre el 13% y el 15%, valores ligeramente superiores al registrado en las zonas circundantes de la provincia de Cádiz (11-13%), donde la variabilidad mensual de la precipitación es menor. De forma general, aproximadamente el 85% del volumen anual de precipitación se concentra en los meses de octubre a abril, y sólo el 15% en los meses de verano. Sin embargo, se percibe un débil gradiente desde la costa, donde la precipitación mensual parece ser menos homogénea, hacia el interior, en dirección SE-NW.

Agresividad pluvial

La mayoría del área de estudio presenta un alto nivel de erosividad pluvial (figura 5). En determinados puntos, como las laderas de las sierras del Bujeo, Luna o El Niño, expuestas al viento de levante, la agresividad de la lluvia llega a ser muy alta. Sólo en puntos cercanos al litoral desciende el valor del IMF, como en áreas costeras de la Bahía de Algeciras, las tierras bajas de Tarifa, Los Lances o El Almarchal. De modo general, las zonas donde la precipitación anual supera los 900 mm presentan el mayor riesgo de erosión por causa de la precipitación.

La erosividad mensual de la lluvia, estimada mediante la ecuación de Arnoldus aplicada a cada mes de modo independiente, es importante sólo durante los seis meses más húmedos del año (octubre-marzo), mostrando valores muy bajos durante el resto del año (figura 6). El mayor nivel de agresividad climática aparece en los meses de diciembre y febrero, cuando mayor es la precipitación mensual. Entre estos dos meses la agresividad de la lluvia es mayor en las zonas montañosas, especialmente en los puntos donde la pendiente es más escarpada.

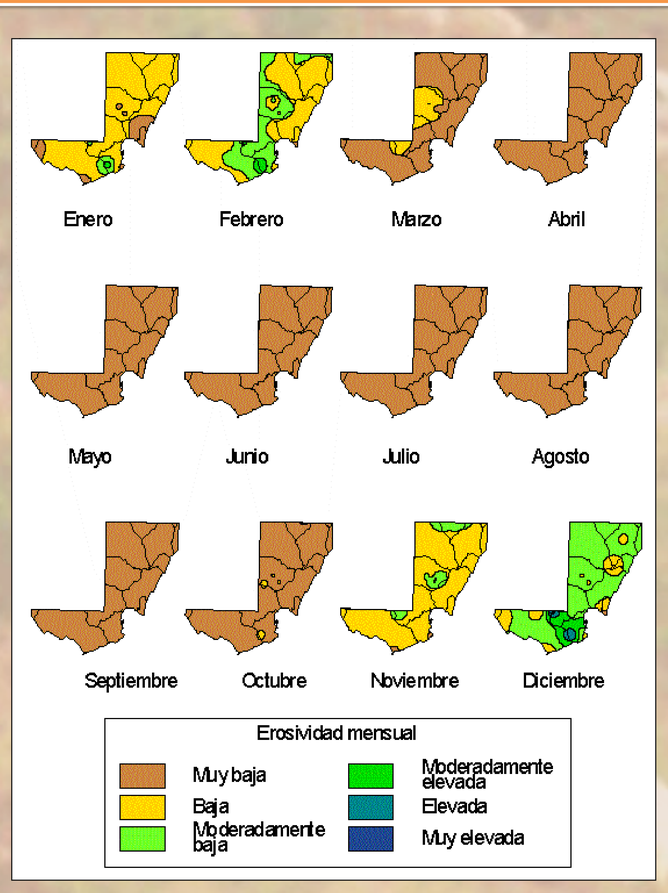

Figura 6. Evolución mensual de la erosividad pluvial.