

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA CONCENTRACIÓN Y AGRESIVIDAD DE LA LLUVIA EN EL TERRITORIO DE LA COMUNIDAD VALENCIANA

M. DE LUIS (1), J. C. GONZÁLEZ-HIDALGO (2), J. RAVENTÓS (1),
J. R. SÁNCHEZ (1) & J. CORTINA (1)

(1) Departamento Ecología, Universidad de Alicante Ap. 99 Alicante 03080

(2) Departamento de Geografía, Universidad de Zaragoza. Zaragoza

Resumen: Hemos analizado la distribución espacial de diversos índices de concentración y agresividad pluvial en cien estaciones de la Comunidad Valenciana (litoral mediterráneo de la Península Ibérica, España). Los resultados permiten observar diferencias espaciales muy marcadas entre los citados índices relacionadas con la escala temporal con que se calculan. Se discuten sus posibles implicaciones en la valoración del reparto espacial de la agresividad pluvial asociada a los riesgos erosivos en la Comunidad Valenciana.

Palabras Clave. Índices de agresividad pluvial; índices de concentración de lluvia; erosividad; Comunidad Valenciana; Mediterráneo.

Abstract: We analyzed the spatial distribution patterns of different rainfall aggressivity indices in hundred rainfall station in the Region of Valencia (East Spain). Results show substantial differences in the spatial pattern which are related to the time scale that each index integrated. We discuss the results in relation to soil erosion processes.

Key Words: Rainfall aggressivity index; rainfall concentration index; erosivity; Valencia Region; Mediterranean.

1. Introducción y área de estudio

Los ambientes semiáridos mediterráneos se caracterizan por una gran irregularidad espacial y temporal (diaria, mensual y anual) de las precipitaciones, a las que se asocia un alto poder de erosión del suelo (erosividad).

Esta situación se reconoce de modo generalizado en todas las provincias del litoral mediterráneo español, en las que confluyen unas condiciones climáticas que recurrentemente producen fuertes aguaceros (Martín Vide, 1987; Miró, 1983; Armengot y Pérez Cueva, 1988; Albentosa, 1989; Armengot, Tamayo y Alcover, 1992; Camarasa, 1993), con unas condiciones litológicas, topográficas y biológicas que configuran un ambiente de elevado riesgo erosivo (López Bermúdez y Albaladejo 1990). Así, junto a lluvias extraordinarias de varios cientos de mm en intervalos de 24 h, son numerosísimos los observatorios en los que las precipitaciones superiores a 100 mm en 24 horas son habituales (López Bermúdez 1990; López Bermúdez y Soriano, 1993).

La Comunidad Valenciana se sitúa en el sector central del arco litoral mediterráneo español y sobre la misma existe una abundante información climática (Quereda, 1974 y 1985; Bernabé y Mateu, 1976; Pérez Cueva, 1983; Chiner y López, 1987; Gil Olcina, 1989; Armengot, Tamayo y Alcover, 1992; Camarasa, 1993, entre otros muchos) que se sintetiza en el reciente Atlas Climatológico dirigido por Pérez Cueva (1994), de cuyas bases de datos originales se surtirá nuestro análisis.

Estos estudios caracterizan a la Comunidad, desde el punto de vista climático general y especialmente pluviométrico, como área de transición entre la zona de influencia atlántica y la mediterránea propiamente dicha. Particularmente debemos reseñar las conclusiones expuestas por Martín Vide (1984) al analizar la concentración diaria de las precipitaciones en las estaciones de primer orden desde Cádiz a Girona. El citado autor encuentra una doble gradación, Sur-Norte desde Cádiz y Norte-Sur desde Girona, en los valores de concentración de la lluvia cuyo punto de encuentro, y zona de máxima concentración diaria de la lluvia, se produce en el sur de la provincia de Valencia (Figura 1). Esta gradación ha sido recientemente confirmada por De Luis *et al.* (1996) en un conjunto de cien estaciones pluviométricas de la Comunidad Valenciana, además de observar el descenso de la concentración diaria de la lluvia en sentido costa-interior.

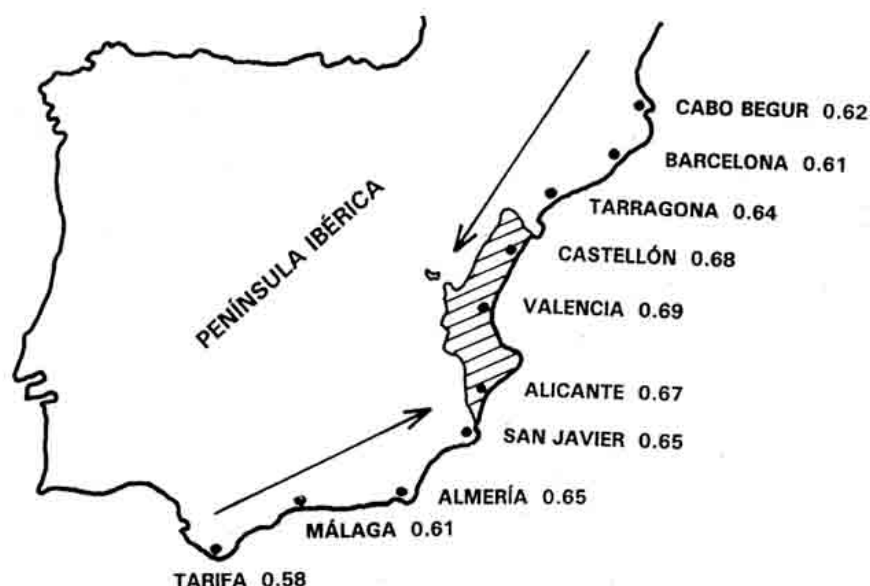


Fig. 1. Distribución del Índice de Concentración Diaria de la lluvia (DPI) en el litoral mediterráneo peninsular (Martín Vide, 1984).
Rainfall Daily Concentration Index (DPI) in mediterranean coast of Spain (Martín Vide, 1984).

Para Martín Vide la explicación de la doble gradación y la localización del punto de cruce de ambas tendencias se deben, en primer lugar, a la progresiva pérdida de influencia atlántica vía Gibraltar (dirección Sur-Norte), controlada finalmente en el espacio por la disposición del relieve y, en segundo lugar, al incremento del efecto de mediterraneidad (dirección Norte-Sur desde Girona). Sus resultados se completan con los ofrecidos por Camarasa (1993) y Bordás *et al* (1989).

Camarasa (1993), empleando datos del Sistema Automático de Información Hidrológica, en sus estudios sobre la estructura interna de las tormentas en el sector central-norte de la Comunidad (provincias de Valencia y Castellón), define dos ambientes contrastados. Por un lado la costa, en la que el carácter de alta intensidad de las precipitaciones depende fundamentalmente de las células convectivas, pero presenta caudales absolutos escasos; y por otro lado el interior, donde las características de la precipitación son opuestas, y se deben fundamentalmente a centros productores de mayor extensión espacial; tales resultados explican los obtenidos por Bordás *et al* (1989) al analizar diversos índices de agresividad pluvial en la provincia de Valencia, en cuyas cartografías se observa que la agresividad pluvial varía de más a menos entre la costa y el interior.

En resumen, la Comunidad se muestra como un espacio de transición entre la influencia atlántica y mediterránea, en el que a la alta concentración de la lluvia en el tiempo se superpone una gradación de la concentración entre la costa y el interior, motivada por la interacción de los mecanismos productores de lluvia y el relieve, y la proximidad del litoral.

El estudio de la agresividad pluvial asociada a los riesgos erosivos confronta un doble problema: la escala temporal en que se produce el aporte, por un lado, y la relación entre el volumen aportado y su concentración, por otro.

En este trabajo hemos calculado diversos índices de agresividad y concentración de las precipitaciones en un conjunto de cien estaciones pluviométricas de la Comunidad Valenciana; estos índices se han comparado entre sí y con las precipitaciones anuales promedio. Los objetivos del trabajo son, en primer lugar, conocer su distribución en el conjunto del territorio de la Comunidad; en segundo lugar discutir la información proporcionada por cada índice y los requerimientos necesarios para su obtención en relación a la agresividad erosiva, al objeto de proponer el uso de aquel que optimice ambos aspectos.

2. Materiales y métodos

Los siguientes índices de concentración y agresividad de las precipitaciones han sido calculados a partir de los datos diarios de 100 estaciones de la Comunidad Valenciana del periodo normal 1961-1990, (datos originales: Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, Pérez Cueva, 1995; véase parámetros de localización en De Luís *et al.*, 1996). Al objeto de poder homogeneizar todas las series de datos originales por las disparidades observadas entre estaciones, solamente se han contabilizado las precipitaciones día superiores a 0.5 mm (véase De Luís *et al.*, 1996).

1.- Índice de Concentración Diaria de la lluvia (DPI) (Martín Vide, 1984), definido a partir de la integral de la función ($y = a \cdot x^{bx}$), restada del área por debajo de la recta de equidistribución, donde x es la precipitación diaria acumulada (%) e y el número acumulado de días de lluvia (%) correspondientes. Cuanto más elevados sean los valores del índice más alta será la concentración diaria de la precipitación. El índice no tiene en cuenta el volumen y es un estimador de la concentración en la escala temporal diaria.

2.- Índice de Agresividad de Fournier (1960) modificado por Arnoldus (1980) (en adelante F)

$$F = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P_t}$$

en el que p_i es la precipitación media mensual y P_t la precipitación media anual. En su fórmula original el índice considera el mes más lluvioso, y en la modificación de Arnoldus la distribución

mensual en el conjunto anual. Ha sido ampliamente utilizado en la evaluación de la erosión hídrica, y particularmente adoptado por FAO en sus estudios regionales, el ICONA en sus cartografías temáticas para evaluar la USLE en las diferentes cuencas hidrográficas españolas, etc. Su relación con el factor R de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) ha sido estudiada por el propio Arnoldus (1980), Bolline *et al.* (1980) y Bergsma (1980). El índice considera tanto los efectos de la concentración mensual de la lluvia como la altura de la misma, por lo que puede ser considerado como un índice de agresividad pluvial.

- 3.- Índice de Agresividad de Fournier (1960) ponderado anualmente (Gabriels, 1992) (F_w). La modificación supone considerar las variaciones entre años, que son características a las áreas mediterráneas. Su cálculo se realiza anualmente y se obtiene la media de los años considerados.
- 4.- Índice de Concentración de Precipitaciones (Oliver, 1980) (PCI)

$$PCI = 100 * \frac{\sum_{i=1}^{12} p^2}{(\sum_{i=1}^{12} p)^2}$$

El índice se basa en la distribución mensual de la lluvia, por lo que con idénticas distribuciones mensuales de la misma el valor será idéntico para distintas cantidades. Por esta razón este índice valora la agresividad de la lluvia únicamente desde la perspectiva de la concentración.

- 5.- Índice de Concentración de Precipitaciones ponderado (PCI_w) (Gabriels, 1992), calculado igual que en (3) teniendo en cuenta las variabilidad interanual.

El primero, DPI, se evalúa con datos diarios; los cuatro restantes se calculan con datos mensuales, por lo que el problema general de la variabilidad temporal y espacial de la lluvia se plantea de manera clara en el presente análisis, en tanto los regímenes de lluvia de la Comunidad presentan fuertes variaciones e irregularidades típicas de las áreas semiáridas y mediterráneas.

Los resultados obtenidos de cada índice fueron cartografiados mediante la técnica geoestadística conocida como *Kriging* la cual provee estimaciones de registros no controlados en el espacio (para una revisión de esta técnica véase Rossi *et al.*, 1992); en nuestro caso, las especificaciones de su aplicación están sujetas a la distribución de las estaciones pluviométricas analizadas, y se han empleado los 25 valores más cercanos (estaciones pluviométricas) para el cálculo de cada punto de la rejilla. Sobre el conjunto de valores de cada índice en las cien estaciones se aplicó la prueba de rangos de Kendall (Sokal y Rohlf, 1996, p. 598) para verificar las posibles variaciones del valor de los índices entre estaciones.

3. Resultados

La Figura 2 presenta el marco pluviométrico general de la Comunidad ofrecido por Pérez Cueva (1994); el máximo se localiza en las inmediaciones del Cap de Sant Antoni, y hacia el sur los volúmenes son decrecientes. Los totales promedio anuales oscilan del máximo de Tárben (828 mm) y el mínimo de Torrevieja (233 mm).

La cartografía correspondiente a las dos versiones del índice de Fournier se muestra en la Figura 3 (a y b). En general ambos índices siguen un patrón espacial semejante al de las precipitaciones medias anuales, con un corte brusco al norte de la provincia de Alicante en la divisoria de las Béticas, dejando al norte las comarcas de la Alcoià, Comptat, Marina Alta. El máximo de la versión sin ponderar (F) corresponde a Pego (88.02) y el mínimo a Torrevieja (23.8); en la versión ponderada (F_w) el máximo vuelve a corresponder a Pego (179.75) y el mínimo a Elche (46.15). Al igual que las precipitaciones anuales, el máximo se localiza en el entorno de Pego al norte del Cap de Sant Antoni, y desde aquí se produce un descenso en dirección sur.

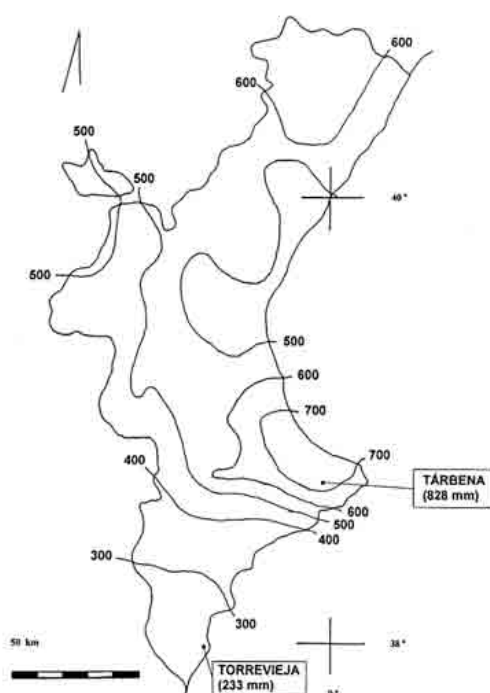


Fig. 2. Precipitación media anual en la Comunidad Valenciana (1961-1990), en Pérez Cueva (1994), simplificado.

Mean annual precipitation in the Region of Valencia (E Spain) (1961-1990). In Pérez Cueva (1994), simplified.

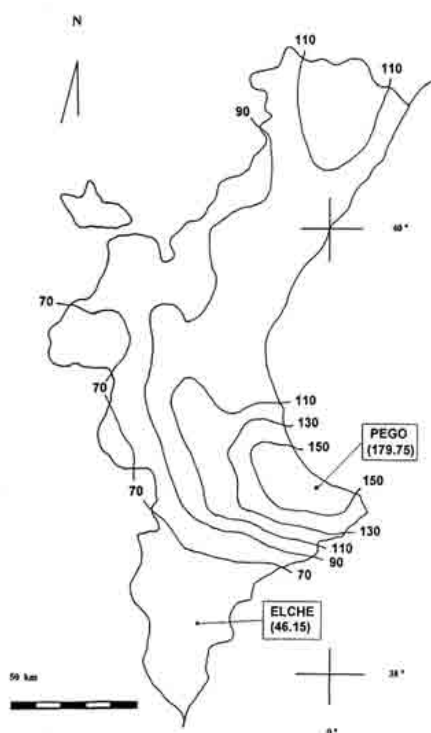


Fig. 3(a). Distribución espacial del índice de Fournier (F) en la Comunidad Valenciana.

Spatial distribution of Fournier's index (F) in the Region of Valencia (E Spain).

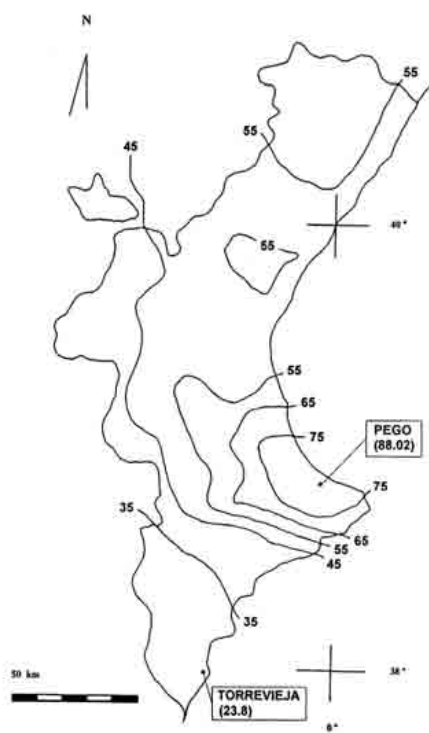


Figura 3(b). Distribución espacial del índice de Fournier modificado por Gabriels (Fw) en la Comunidad Valenciana.

Spatial distribution of Fournier's index modified by Gabriels (Fw) in the Region of Valencia (E Spain).

Las dos versiones del índice PCI se muestran en la Figura 4 (a y b). En sus dos versiones el índice PCI presenta distribuciones que siguen un gradiente costa-interior en toda la Comunidad. En la versión sin ponderar (PCI) el máximo corresponde a Alzira, (11.57) al sur de la capital de Valencia y el mínimo en Arroyo Cerezo (8.56), dentro del Rincón de Ademuz. El máximo de la versión ponderada de este índice corresponde a Pego (26.54) y el mínimo a Mira (13.69), fuera ya del territorio de la Comunidad.

Por último, la distribución espacial del índice de concentración diaria propuesto por Martín Vide (DPI, Figura 5) ofrecen una gradación muy pronunciada de más a menos concentración entre la costa y el interior en toda la Comunidad. Sus máximos y mínimos corresponden a Alzira (0.685) y Sinarcas (0.536).

Los resultados de la prueba de Kendall (correlación de rangos) entre la precipitación media anual y los diferentes índices se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.- Prueba de rangos (Kendall). Comparación entre precipitación media anual (mm) e índices. ns: correlación de rangos no significativa ($p > 0.05$). F, índice de Fournier según Arnoldus; F_w , índice de Fournier ponderado según Gabriels; PCI, índice de concentración de precipitaciones según Oliver; PCI_w , índice de Oliver ponderado según Gabriels; DPI, índice de concentración diaria según Martín Vide. Véase Materiales y métodos

	F	F_w	PCI	PCI_w	DPI
Precipitación media anual	0,801	0,631	0,091 ns	-0,001 ns	0.148 ns

La precipitación media anual correlaciona únicamente de manera significativa con las dos versiones del índice de Fournier, respectivamente 0.801 y 0.631, no siendo significativa ($p > 0.05$) su correlación con las dos versiones del PCI y el índice diario DPI. Estas correlaciones explican las similitudes de las Figuras 2 y 3a, 3b, y las diferencias con las Figuras 4 (a y b) y 5.

En la tabla 2 se exponen los coeficientes de correlación de rangos entre índices. El valor más alto de correlación se encuentra entre las dos versiones del índice de Fournier. Las diferencias entre los valores de ambas versiones es lineal y de magnitud aproximada a 2, (Figura 6) pero la distribución de sus pautas en el espacio, como ya quedó reflejado, no varía (Figura 3a y 3b). El índice en su versión original se correlaciona significativamente con el índice PCI y el índice DPI; en su versión ponderada anualmente la correlación es positiva con PCI, PCI_w , DPI.

La relación entre ambas versiones del índice PCI nuevamente es lineal con un orden de magnitud de 2 (Figura 7). Exceptuando el cruce entre PCI_w y F ya citado, las correlaciones, aunque débiles, superan el umbral de probabilidad aceptado ($p < 0.05$).

El índice diario (DPI) presenta una correlación positiva y significativa ($p < 0.05$) con todos los restantes índices, pero en estas correlaciones existe una gradación que se expresa de la siguiente manera: PCI, PCI_w , F_w y F.

Tabla 2.- Prueba de rangos (Kendall) . Comparación entre índices. ns: correlación de rangos no significativa ($p > 0.05$). F, índice de Fournier según Arnoldus; F_w , índice de Fournier ponderado según Gabriels; PCI, índice de concentración de precipitaciones según Oliver; PCI_w , índice de Oliver ponderado según Gabriels; DPI, índice de concentración diaria según Martín Vide. Véase Materiales y métodos.

	F	F_w	PCI	PCI_w
F_w	0,793	-		
PCI	0,289	0,420	-	
PCI_w	0,159 ns	0,354	0,622	-
DPI	0,274	0,372	0,500	0,442

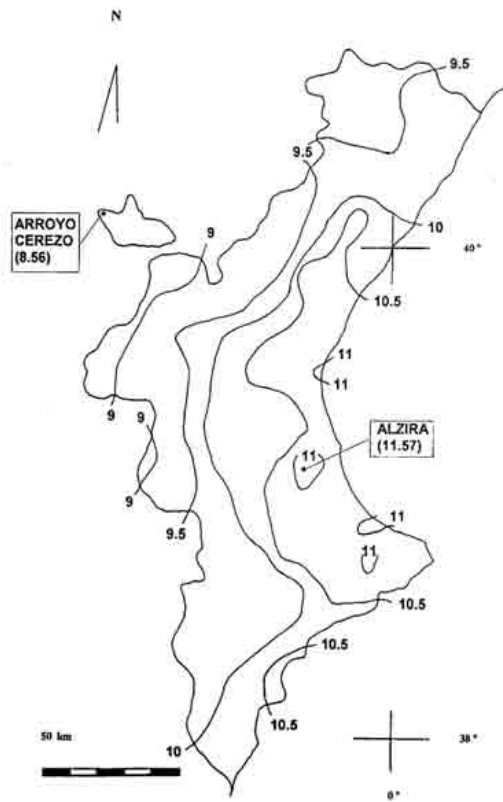


Figura 4 (a). Distribución espacial del índice de Oliver (PCI) en la Comunidad Valenciana.
Spatial distribution of Oliver's index (PCI) in the Region of Valencia (E Spain).

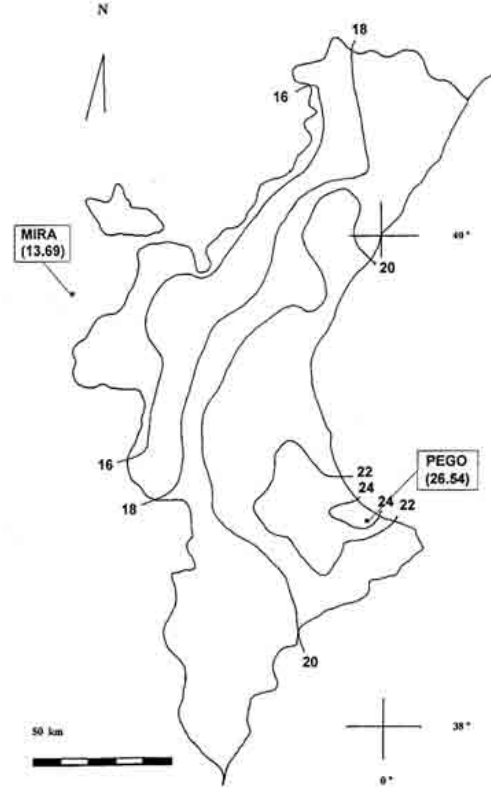


Figura 4 (b). Distribución espacial del índice de Oliver modificado por Gabriels (PCI_w) en la comunidad Valenciana.
Spatial distribution of Oliver's index modified by Gabriels (PCI_w) in the Region of Valencia (E Spain).

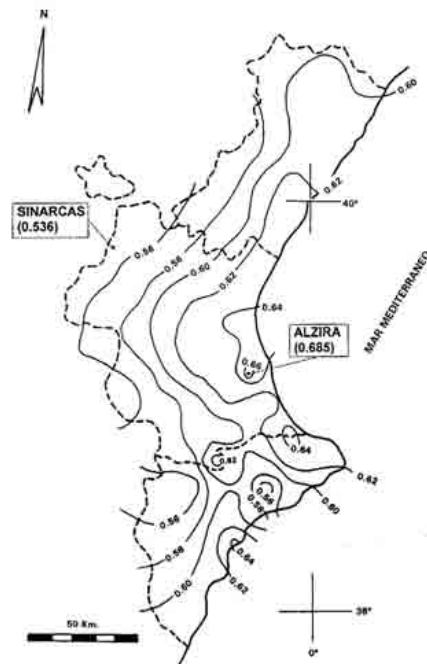


Fig. 5. Distribución espacial del Índice de Concentración Diaria de la precipitación (DPI) en la Comunidad Valenciana.
Spatial distribution of Rainfall Daily Concentration Index (DPI) in the Region of Valencia (E Spain).

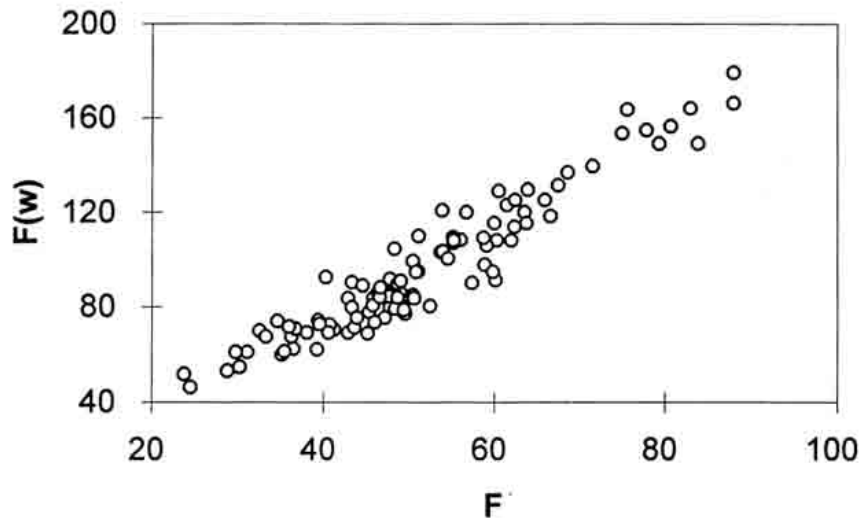


Fig. 6. Relación entre el índice de Fournier (F) y el índice de Fournier modificado por Gabriels (F_w).
Relationship between Fournier's index (F) and Fournier index modified by Gabriels (F_w)

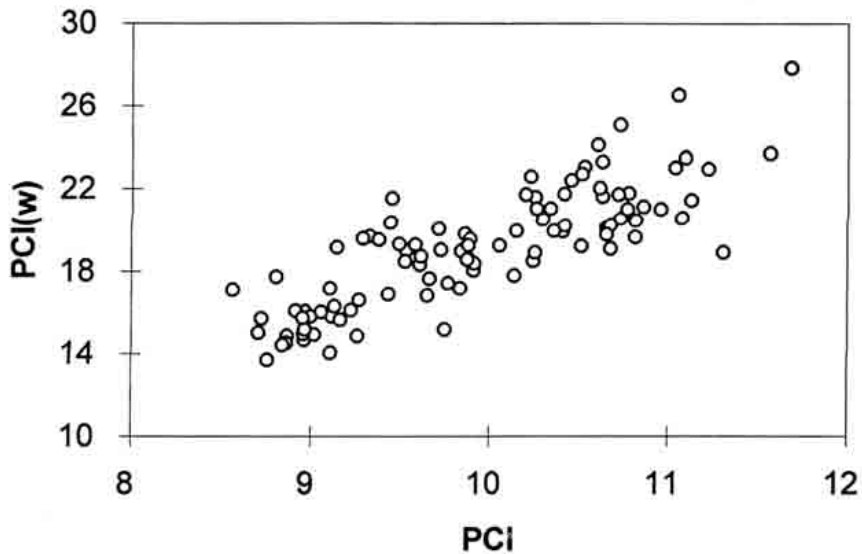


Fig. 7. Relación entre el índice de Oliver (PCI) y el índice de Oliver modificado por Gabriels (PCI_w).
Relationship between Oliver's index (PCI) and Oliver's index modified by Gabriels (PCI_w)

4. Discusión

4.1. Concentración de lluvia e índices de agresividad pluvial

La agresividad de la precipitación es un factor dominante en los procesos de erosión del suelo. Esta agresividad, erosividad o capacidad para erosionar suelo, surge principalmente de la interacción entre la cantidad precipitada y la concentración en el tiempo, y como tal se reconoce en los principales modelos de evaluación del riesgo erosivo (USLE, EUROSEM etc).

Los índices que evalúan la agresividad de la precipitación son de dos tipos: los que combinan el volumen e intensidad de la lluvia, asociando el cálculo de la energía liberada por el aguacero, y los basados en estimaciones de volúmenes.

Los dos conjuntos de métodos tienen serios problemas en su aplicación espacial. Los índices del primer grupo utilizan datos que con frecuencia no son recogidos en las estaciones pluviométricas, particularmente la intensidad, por lo que su proyección al espacio se realizará siempre a partir de un número escaso de puntos observados. En segundo lugar, las evaluaciones realizadas con datos mensuales ocultan el efecto de la posible concentración o dispersión diaria de las precipitaciones, éstos a su vez el de la concentración horaria, etc (González Hidalgo, 1996).

En general el valor anual de la erosividad, sea cual sea el índice que la exprese, depende en gran medida del valor aportado por un corto número de meses e incluso días, es decir en el binomio volumen y concentración señalan el valor del segundo elemento como determinante de la agresividad pluvial. Tales resultados se resumen en la cautela que sugiere López Bermúdez (1990) sobre su empleo generalizado y especialmente en zonas de clima mediterráneo, con la advertencia de la posible subestima que se puede realizar de la agresividad de la lluvia debido al tipo de régimen pluvial.

4.2. Agresividad pluvial y erosión del suelo

La primera valoración de la agresividad pluvial sobre la erosión del suelo procede de la conocida relación entre precipitación media anual y producción de sedimento propuesta por Langbein y Schumm (1956), en la que se produce un pico de máxima erosión en torno a los 350 mm que corresponde a las áreas sometidas a condiciones semiáridas, e incluye en gran parte las denominadas mediterráneas. El modelo es una aproximación general excelente, pero no debe intentar extrapolarse a ámbitos espaciales reducidos y concretos.

Otros intentos han tratado de precisar la agresividad pluvial en la erosión considerando intervalos de tiempo de los aportes diarios (Thomas *et al.*, 1990; Selker *et al.*, 1990).

Desde otro punto de vista, no abundan los trabajos que tratan la concentración diaria de la precipitación y sus efectos sobre la erosión del suelo, aunque los datos publicados en diferentes estaciones experimentales permite observar que en torno al 50-60 % del total de la erosión anual se concentra en un número de días de lluvia muy escaso, como muestran Romero *et al.* (1988) y Edwards y Owens (1991). En el primer caso los datos provienen de colectores de erosión durante unos tres años en el SE peninsular, con una concentración del 50 % de la erosión anual en tres o cuatro días; en el segundo caso los datos provienen de cuencas experimentales y se refieren a 28 años y 4000 (cuatro mil) eventos de lluvia; durante este período el 50 % del sedimento se produjo en cada cuenca en tres eventos.

Todos estos trabajos plantean una vez más la validez del empleo de los índices de agresividad de lluvia calculados mediante datos promedio mensuales o anuales, especialmente allí donde la irregularidad temporal (diaria, mensual y anual) es muy elevada. El caso mediterráneo español es muy ilustrador de esta situación, y se hace patente en el área analizada.

4.3. El reparto de la agresividad pluvial en la Comunidad Valenciana

De los diferentes índices manejados en el presente trabajo, es el índice de Fournier aquel que conjuga los componentes de volumen y concentración de la lluvia y a priori sería el que mejor evaluaría la agresividad pluvial.

Sin embargo, la existencia de una elevada correlación con la precipitación anual, unido a los bajos valores de correlación con los índices de concentración mensual o diaria (como el caso de PCI y DPI) que reflejan directamente valores de concentración, pone en serias dudas la validez de su empleo, pues los datos ofrecidos indican que el factor de concentración no es tenido lo suficientemente en cuenta.

En segundo lugar, y en relación a lo anterior, sus valores provienen de datos mensuales por lo que la incorporación del efecto de la concentración de lluvias es mensual, cuando hemos constatado anteriormente que la erosión se produce cuando menos en la escala del día, y más comúnmente en la horaria.

La versión corregida del índice de Fournier (F_w) a pesar de recoger la variabilidad entre años, presenta el problema de una correlación elevada con la versión sin ponderar y las lluvias medias anuales, por lo que no supone mayor aportación al conocimiento de agresividad, exceptuando el cambio de magnitud del propio índice.

Debido a que en la Comunidad Valencia las precipitaciones no están correlacionadas con la concentración de la lluvia en las escalas temporales mensuales y diarias, tal como recogen los diferentes índices PCI, PCI_w , DPI, y que la erosión cuando menos se produce en la escala diaria, de estos tres índices pareciera razonable sugerir que el DPI fuese el índice más aceptable para evaluar la agresividad pluvial; sin embargo, ya que la erosividad contempla tanto la concentración como las cantidades de lluvia, todo apunta a la necesidad de incorporar a dicho índice un componente que refleje la cuantía de lluvia, quizá el sugerido por Langbein y Shumm (1958).

Las magnitudes de los índices cuando son evaluados a partir de las ponderaciones anuales varían notablemente, y ello debe afectar lógicamente los resultados del empleo de modelos de evaluación de la erosión. Debido a que ésta es la norma de los ambientes mediterráneos y semiáridos, parece razonable aplicar esfuerzos en el futuro en este sentido.

Pero sin duda alguna el grueso de los esfuerzos debiera enfocarse hacia la evaluación de la agresividad en intervalos de tiempo lo más detallados posibles, a ser posibles incluso horarios. Estos esfuerzos están en sus inicios (por ejemplo el *Sistema Automático de Información Hidrológica*, SAIH, en la Comunidad Valenciana), pero son costosos tanto en material como en formación de persona, hasta el momento las bases de datos que han producido son muy poco prolongadas en el tiempo, y en cualquier caso no está asegurada su implantación en muchas áreas del planeta; por esta razón, y mientras los SAIH se desarrollan, las aproximaciones diarias, como el método de cálculo propuesto por Martín Vide, pueden ofrecer enormes posibilidades, máxime cuando el registro necesario, la lluvia de 24 horas, parece asegurada en numerosas estaciones pluviométricas.

5. Conclusiones

La descripción de la concentración diaria de las precipitaciones en el litoral mediterráneo peninsular realizada por Martín Vide (1984) parece sugerir una buena aproximación a la agresividad pluvial, puesto que valora la concentración de lluvias en la escala temporal en que se producen los eventos erosivos, y los datos son relativamente fáciles de obtener.

Se sugiere la inclusión de un componente volumétrico al citado índice al objeto de recoger los dos componentes de la agresividad pluvial (volumen y concentración)

Agradecimientos

El presente trabajo se realiza a partir de un conjunto de datos contenidos en las documentaciones informatizadas del Proyecto Atlas Climàtic de la Comunitat Valenciana. Los autores quieren agradecer tanto a la Conselleria d'Ordenació del Territori de la Generalitat Valenciana, entidad financiadora del proyecto, como al Director del mismo, Dr. Alejandro Pérez Cueva (Dep. Geografía Univ. Valencia), las facilidades otorgadas para acceder a las bases de datos que han permitido realizar el presente trabajo. Agradecemos asimismo las sugerencias aportadas por el Dr. Armengot al manuscrito original, y las correcciones sugeridas por un revisor anónimo. El presente trabajo forma parte del Proyecto CICYT CLI95-1947-CO3-O3.

Referencias bibliográficas

- Albentosa, L.** (1989) Las precipitaciones extraordinarias en Cataluña. En *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca mediterránea*, 51-65. Instituto Universitario de Geografía, Universidad Alicante y Caja Ahorros Mediterráneo.
- Armengot, R. & Pérez Cueva, A.** (1988) El Clima. En *Guía de la Naturaleza de la Comunidad Valenciana*: 73-102. Ed. Alfons el Magnànim, D.P.V.
- Armengot, R., Tamayo, J. & Alcover, V.** (1992) Centros de acción y flujo sinóptico en las precipitaciones intensas de la Comunidad Valenciana. *III Simposium Nacional de Predicciones*, INM, Madrid.
- Arnoldus, H.M.** (1980) An approximation of the rainfall factor in the USLE. En De Boodt, M. and Gabriels, D. (eds) (1980) *Assesment of erosion*: 127-132.
- Bergsma, E.** (1980) Provisional rain erosivity map of the Neetherlands. En M. De Boodt y D. Gabriels (Eds) *Assesment of erosion*: 121-126.
- Bernabé, J.M. & Mateu, J.** (1976) Tratamiento estadístico de precipitaciones aplicado al País Valenciano. *Cuadernos de Geografía*, 1-25.
- Bolline, A., Laurant, A., Rosseau, P., Rawels, J., Gabriels, D. & Aeltherman, J.** (1980) Splash measurements in the fields. En M. De Boodt y D. Gabriels (Eds) *Assesment of erosion*: 441-453.
- Bordás, V., Pons, V. & Sánchez, J.** (1989) Valores estimativos de la torrencialidad obtenidos por comparación de distintos métodos de valoración aplicados en la provincia de Valencia. *Anales Edafología y Agrobiología*: 789-799.
- Camarasa, A.** (1993) La estructura interna de las tormentas mediterráneas. *Cuadernos de Geografía*, 54: 169-188.
- Chiner, V. & López, M.J.** (1987) 30 años de climatología en el País Valenciano. *Cuadernos de Geografía*, 42: 133-148.
- De Luís, M., González-Hidalgo, J.C. & Sánchez, J.R.** (1996) Análisis de la distribución espacial de la concentración diaria de precipitaciones en el territorio de la Comunidad Valenciana. *Geografía Física*, 59: 47-62.
- Edwards, W.M. & Owens, L.B.** (1991) Large storms effects on total soil erosion. *Journ. Soil and Water Conservation*, 46: 75-78.
- Fournier, F.** (1960) *Climat et erosion*. P.U.F., París
- Gabriels, D.** (1992) Rainfall erosivity for european mediterranean countries. *Seminar on Soil erosion under mediterranean conditions*, Menéndez Pelayo International University, Valencia.
- Gil Olcina, A.** (1989) Causas climáticas de las riadas. En *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca mediterránea*, 15-30, Instituto Universitario de Geografía, Universidad Alicante y Caja Ahorros Mediterráneo.
- González Hidalgo, J.C.** (1996) *Los índices de agresividad de la lluvia y su aplicación a la valoración de la erosión del suelo*. Cuadernos Técnicos 10, Soc. Española de Geomorfología, Logroño.
- Langbein, W.B. & Schumm, S.A.** (1956) Yield of sediment in relation to mean annual precipitation. *Transac. American Geophysical Union*: 1076-1084.
- López Bermúdez, F.** (1990) El clima mediterráneo semiárido como factor de erosión. *Estudios Geográficos*, 199-200: 489-506.
- López Bermúdez, F. & Albaladejo, J.** (1990) Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea. En J. Albaladejo, M.A. Stocking, E. Díaz (Eds) *Degradación del suelo en condiciones ambientales mediterráneas*, 15-45, CSIC, Murcia
- López Bermúdez, F. & Soriano, M.A.** (1993) Génesis y consecuencias erosivas de las lluvias de alta intensidad en la región mediterránea. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 18-19: 7-28
- Martín Vide, J.** (1984) Análisis de la irregularidad de la precipitación diaria en el litoral mediterráneo de la Península Ibérica. *Rev. Geofísica*, 40: 101-106.
- Martín Vide, J.** (1987) *Característiques climatològiques de la precipitació en la franja costera mediterrània de la Península Ibèrica*. Inst. Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.
- Miró, J.** (1983) Consideraciones generales sobre la meteorología del Levante español. *Estudios Geográficos*, 170-171: 31-53.

- Oliver, J.E.** (1980) Monthly precipitation distribution: a comparative index. *Professional Geogr.*, 32 (3): 300-309.
- Pérez Cueva, A.** (1983) Precipitaciones extraordinarias en la España peninsular. *Agricultura y Sociedad*, 28: 189-203.
- Pérez-Cueva, A.** (Dir) (1994) *Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana*. Direc. General d'Urbanisme i Ordenació del Territori, Generalitat Valenciana, Col·lecció Territori, N° 4.
- Quereda, J.** (1974) Introducción al estudio climático de la Plana. *Millar* 1: 119-140.
- Quereda, J.** (1985) *La ciclogénesis y las gotas frías del Mediterráneo*. Ser. Publ. Diputació de Castelló, Col. Universitaria.
- Romero, M.A., López Bermúdez, F., Thornes, J.B., Francis, C. & Fisher, C.** (1988) Variability of over-land flow erosion rates in a semiarid mediterranean environment under matorral cover, Murcia, Spain. *Catena Suppl.* 13: 139-146.
- Rossi, R.E., Mulla, D.J., Journel, A.G. & Franz, E.H.** (1992) Geostatistical tools for modelling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 62 (2): 277-314.
- Selker, J.S., Haith, D.A. & Reynolds, J.E.** (1990) Calibration and testing of a daily rainfall erosivity model. *Transac. ASAE*, 3: 1612-1618.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J.** (1995) *Biometry. Principles and practices of statistics on biological research*. Freeman, Nueva York.
- Thomas, A.W., Snyder, W.M. & Dillard, A.L.** (1990) Prediction of monthly erosion index from daily rainfall records. *Transac. ASAE*, 1, 118-126.