

LA RED AGROMETEOROLÓGICA DE CATALUNYA (XAC). ANÁLISIS DE ALGUNAS SERIES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

Antonio GÁZQUEZ PICÓN*, Juan Carlos PEÑA RABADÁN** y
Montserrat JARDÍ i PORQUERES***

* *Dept. d'Agricultura, Ramaderia i Pesca . Generalitat de Catalunya*

** *Grup de Climatologia . Universitat de Barcelona*

*** *Departament de Geografia Física . Universitat de Barcelona*

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan las intensidades de precipitación desde un punto de vista agroclimático utilizando una de las redes agrometeorológicas pioneras en el Estado Español: la Xarxa Agrometeorològica de Catalunya (XAC).

Palabras clave: Intensidad de precipitación, agroclimatología, sucesos extremos.

ABSTRACT

Precipitation intensities have been analysed from a agroclimatic point of view using the pioneering agrometeorological network of Spain: Catalan Agrometeorological Network (XAC).

Key words: Intensity of rainfall, agroclimatology, extreme events.

1. INTRODUCCIÓN

En 1987 se puso en marcha la Red Agrometeorológica de Cataluña (a la que a partir de ahora se designará como XAC) fruto de las necesidades que tenía el Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat de Cataluña de disponer de datos de medida continua de un elevado número de variables meteorológicas, como instrumento auxiliar pero necesario en diversas aplicaciones agrícolas.

Las tres primeras estaciones automáticas empezaron a funcionar en 1988 y desde entonces ha ido creciendo hasta las 69 estaciones que la constituyen en julio de 1999. Hay que hacer contar como rasgos comunes a todas ellas los siguientes: se han instalado en lugares escogidos como representativos por la incidencia que tiene el sector primario en la economía de la zona; al tratarse de estaciones automáticas, su funcionamiento es continuo y generan una cantidad de datos que las observaciones manuales no pueden garantizar; se registran todas las variables meteorológicas que son de interés para el uso práctico en el mundo agrario; cada estación dispone de una línea telefónica exclusiva que permite disponer de ellos prácticamente en tiempo real; y, por último, los datos están disponibles para todas las instituciones y personas interesadas que lo han solicitado.

Hay que insistir en que esta red tiene su razón de existir en la creación continua (el dinamismo ha de ser norma de obligado cumplimiento) de diferentes aplicaciones que son de utilidad en el mundo agrario. Hasta mediados de 1999 se han implementado: un programa de optimización del uso del agua de riego, aplicaciones para la prevención de infección de determinadas plagas y enfermedades que afectan a los cultivos, la predicción de heladas nocturnas, la implementación de índices de riesgo de propagación de incendios forestales, cálculos automáticos de grados-día y horas de frío (muy útiles en el estudio de los diferentes estados fenológicos de los cultivos), registros de intensidad máxima de precipitación en diez minutos.

Centrando el tema en la intensidad de las precipitaciones, es obvio pero necesario recordar que la fachada mediterránea se caracteriza por unas lluvias de distribución muy irregular en el espacio y el tiempo que en numerosas ocasiones causan graves daños, y no tan sólo en los cultivos, por efecto de su impetuosidad en pequeños lapsos de tiempo. Una década de observaciones prácticamente continuas de algunas de las estaciones de la XAC permiten un primer análisis de la distribución de intensas lluvias y de la probabilidad de recurrencia de éstas. La utilización como medida mínima de tiempo de los diez minutos viene dada por el hecho de que los pluviómetros mecánicos no permiten precisar con exactitud lapsos de tiempo menores, y por tanto, hemos de coexistir con esos instrumentos, utilizando las mismas unidades de medida, aunque las estaciones automáticas nos permiten reducir el tiempo de muestreo con lo que es posible apreciar mejor intensidades extremas.

2. OBJETIVOS

El estudio de la distribución de la intensidad de la precipitación de una zona se desglosa en tres aspectos: la variación de la intensidad, la distribución de la duración de la intensidad y la precipitación total registrada en aquellos episodios de lluvia que han superado unos umbrales establecidos. Estos umbrales quedan determinados según los objetivos del estudio.

La presente comunicación se plantea como objetivo principal un análisis preliminar de la distribución de la intensidad de la precipitación en Catalunya pero desde un punto de vista agroclimatológico. Esto no es más que utilizar el análisis para solucionar problemas medioambientales generados por esta variable climática al sector agrícola, especialmente en temas referentes a la gestión de los espacios agrarios: corregir el diseño de las parcelas para una correcta conservación de los suelos y previsión de los eventos extremos que pueden llegar a la aniquilación total de una cosecha. No cabe duda que ambos aspectos pueden llegar a suponer importantes pérdidas económicas dentro del sector agrario.

3. METODOLOGÍA

Para dar solución al objetivo planteado se ha dividido el territorio catalán en tres zonas que se han considerado como áreas en que el sector primario es fundamental en la economía y que, además, son homogéneas desde un punto de vista agroclimático. Éstas aparecen representadas en la Figura 1. Para cada zona se han elegido aquellos observatorios que sean representativos no tan sólo por su ubicación sino también por la extensión temporal de la serie.

Hay que tener en cuenta que dada la juventud de la XAC, las series son todavía poco maduras desde un punto de vista climático. Así, el estudio tendrá los siguientes observatorios (la fecha final de todos es el 21/5/1999):



Figura 1: Mapa de situación de las zonas agroclimáticas y de los observatorios que componen la XAC

- Zona 1: Vallfogona de Balaguer (1/12/1992) y La Granadella (18/3/1992)
- Zona 2: Alcanar (31/5/1991), Benissanet (4/8/1993) y Cambrils (4/6/1991)
- Zona 3: Cabanes (11/06/1991), Caldes de Montbui (12/8/1993) y S. Pere Pescador (11/6/1991)

Delimitado el ámbito de estudio, hay que definir los umbrales de intensidad de precipitación (U). Dados los dos objetivos planteados, conservación de los suelos y previsión de eventos extremos, habría que decir que: con respecto al primero, la bibliografía especializada no ha definido un umbral preciso a partir del cual se considere que peligre la estabilidad del suelo. Se ha utilizado con frecuencia el límite de los 25 mm/h para el análisis de la erosividad de la lluvia (HUDSON, 1971), si bien en suelos desnudos puede aparecer escorrentía y, por tanto, pérdida de suelo en aguaceros con 10 mm/h (MORGAN, 1986; JARDÍ y PEÑA, 1998). En cuanto al segundo, se definen como chubascos intensos aquellos que en algún instante de su duración total han superado los 50 mm/h (REDAÑO, 1989; MARTÍN-VIDE, 1992).

De esta manera, se ha confeccionado una base de datos en la cual se han separado los distintos sucesos basándose en cuatro umbrales: <10 mm/h, de 10 a 25 mm/h, de 25 a 50 mm/h y >50 mm/h. Se entiende como suceso de lluvia a "aquel episodio continuo de precipitación en el que la intensidad es mayor que cero" (BURGUENO, 1986: p. 19). El total de sucesos ha sido de 2733, quedando excluidos aquellos que no hayan superado 1 mm de precipitación total. La Tabla 1 muestra la distribución de los sucesos por observatorio y según el umbral.

		<10 mm/h	10-25 mm/h	25-50 mm/h	> 50 mm/h	TOTAL
ZONA 1	Vallfogona	217	49	14	9	290
	Granadella	210	62	22	10	304
ZONA 2	Alcanar	230	70	32	19	351
	Benissanet	170	50	14	7	241
	Cambrils	186	79	31	19	316
ZONA 3	Cabanes	293	117	56	27	493
	Caldes	185	82	19	6	292
	Sant Pere P.	297	95	42	12	446

Tabla 1: Distribución de los sucesos según los observatorios y los umbrales

Para el análisis de los sucesos, se ha recurrido a un esquema clásico, según el presentado por BURGUENO (1986) aunque con algunos matices. Se estudiarán dos aspectos generales que desde un punto de vista metodológico quedaran de la siguiente manera:

a) Distribución de las intensidades y las duraciones de los sucesos: se analizan aquellos sucesos en base a los intervalos de tiempo (D) que superen los umbrales prefijados. Así, la distribución planteada de esta forma permite el análisis de las intensidades y sus duraciones expresado como:

- La intensidad en función de probabilidad de superar un cierto umbral (U) a partir de la suma de las duraciones de los excesos individuales referidas al total del tiempo:

$$P(U) = \frac{\text{minutos}(U' \geq U)}{\text{minutos}(\text{total})}$$

donde el numerador nos expresa los minutos del mes o año en que la intensidad supera o iguala a U y el denominador el total de minutos referidos al mes o al año

- La duración referida al total de minutos que un umbral es superado tanto a escala mensual como anual.

b) Análisis de las intensidades extremas: la unidad de análisis no será el suceso sino que utilizará el evento, definido de manera similar al suceso pero en que el episodio no ha de ser necesariamente continuo. Por tanto, se analizarán aquellos eventos que superen el umbral máximo de 50 mm/h en base a:

- La intensidad máxima de los eventos. Se construirán las curvas intensidad-duración-frecuencia (curvas IDF) siguiendo el esquema metodológico presentado por REDAÑO (1989), MARTÍN-VIDE (1992) y JARDÍ *et al.* (1996a, 1996b).

- El análisis de las precipitaciones máximas y las duraciones de cada evento. Serán ajustadas a una ley de probabilidad para conocer las precipitaciones máximas y las duraciones teóricas en base a un periodo de retorno.

4. RESULTADOS

A modo de introducción se presenta la Tabla 2 que nos resume la aportación de lluvia de cada umbral considerado en porcentaje sobre la totalidad del periodo

		<10 mm/h	10-25 mm/h	25-50 mm/h	> 50 mm/h
ZONA 1	Vallfogona	49	30	11	10
	Granadella	45	29	14	12
ZONA 2	Alcanar	33	30	17	20
	Benissanet	44	31	14	11
	Cambrils	28	29	22	21
ZONA 3	Cabanes	26	33	20	11
	Caldes	30	47	15	8
	Sant Pere P.	35	29	18	18

Tabla 2: Cantidades aportadas por cada umbral (%) al total del periodo

Las zonas quedan bien delimitadas si exceptuamos el caso de Benissanet que parece participe de las características de la Zona 1 y Caldes posiblemente por la lejanía con los otros observatorios. La Zona 1 vendría caracterizada por un predominio de las lluvias de baja intensidad (por debajo de los 25 mm/h) representando cerca del 80% del total. En la Zona 2 este predominio desaparece (su aportación es del 60%) en beneficio, obviamente, de los de alta intensidad, representando éstos alrededor del 40%. Por último, la Zona 3 tendría unas características intermedias, con una aportación de los sucesos de baja intensidad de alrededor del 65%.

En base a esto, Benissanet formará parte de la Zona 1 mientras que los resultados de Caldes no se tendrán en cuenta en el análisis. La presentación de los resultados serán los valores medios para el total de cada zona dada la homogeneidad presentada en este análisis preliminar.

4.1.- Distribución de la intensidad y duración de un suceso

4.1.a.- Distribución de la intensidad

Se ha construido una distribución para cada estación del año que permite un análisis temporal del comportamiento de cada umbral. La Figura 2 muestra los resultados que permiten ver las diferencias entre las zonas. El eje de las ordenadas indica la probabilidad acumulada ($P(U)$) mientras que el de las abscisas los umbrales.

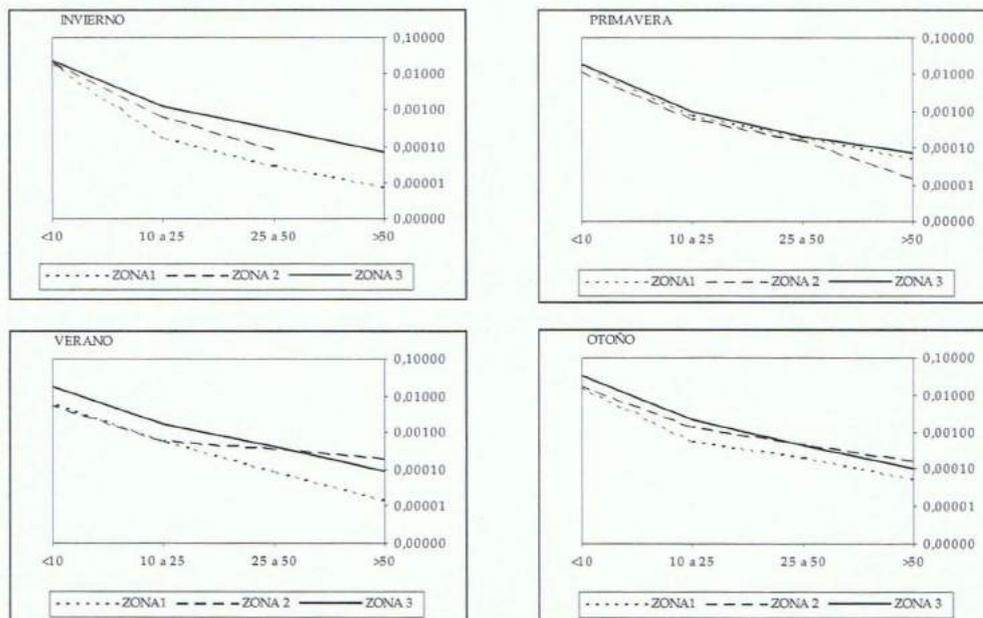


Figura 2: Distribución de probabilidad acumulada según la estación del año

La Zona 1 se caracterizaría por sucesos de baja intensidad en invierno y primavera, siendo primavera y otoño cuando los de alta intensidad son más probables. En invierno éstos son prácticamente inexistentes.

Los caracteres generales de la Zona 2 son la alta probabilidad de sucesos de baja intensidad en invierno y primavera siendo muy poco probables los que superarían los 50 mm/h. Estos se dan en verano y otoño, teniendo la probabilidad más alta de las tres zonas.

Por último, las características de la Zona 3 vendrán definidas por ser el área que más estaría alimentada por sucesos de poca entidad pero además, lo que realmente la caracteriza es la probabilidad de aparecer algún suceso de alta intensidad en cualquier estación del año.

4.1.b.- Duración media de los sucesos

De las distribuciones anteriores se puede calcular la cantidad de minutos en que un umbral es superado. La escala de tiempo que se ha tomado es la estación para poder ver la evolución a lo largo del año. Los resultados aparecen en la Tabla 3.

INVIERNO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	PRIMAVERA	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
< 10	2565	2729	3002	< 10	2049	1645	2416
10 A 25	19	79	110	10 A 25	80	59	98
25 A 50	3	11	31	25 A 50	20	20	16
> 50	1	0	9	> 50	7	2	9

VERANO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	OTOÑO	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
< 10	782	637	1976	< 10	1983	2077	3314
10 A 25	66	35	162	10 A 25	75	135	220
25 A 50	9	22	42	25 A 50	20	39	41
> 50	2	24	12	> 50	7	22	13

Tabla 3: Tiempos acumulados medios (minutos) de intensidad por encima de un umbral

Estos resultados no vienen más que a confirmar las conclusiones obtenidas del apartado anterior. Sólo destacar los 24 y los 22 minutos por encima del umbral de los 50 mm/h en verano y otoño dentro de la Zona 2. La interpretación sería que cada año se espera para estas dos estaciones la citada cantidad de minutos por encima del umbral más intenso. Por otra parte, también destacar la gran cantidad de minutos/año para la Zona 3 en sucesos de baja intensidad (9518 min/año), los cuales sin lugar a dudas han de tener una gran importancia dentro del ciclo hidrológico.

4.2.- Análisis de las intensidades extremas

4.2.a.- Las Curvas IDF

Se han calculado las curvas IDF para analizar las intensidades medias máximas que se pueden llegar a dar en cada una de las zonas de estudio. La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos. El umbral inferior de 10 minutos se ha escogido al ser la intensidad máxima que se puede obtener, mientras que

el umbral máximo de 80 minutos es el intervalo máximo de tiempo que hemos encontrado para un eficaz tratamiento estadístico. Hemos de tener en cuenta que al ser observatorios con series cortas en el tiempo, los tamaños de las muestras son igualmente reducidos (ver Tabla 1) variando entre $N = 27$ episodios para Alcanar y $N = 9$ para Vallfogona.

Se han modelizado las distribuciones mediante un ajuste a la ley logarítmico-normal obteniendo la matriz de datos representada por la Tabla 4, que expresa la intensidad máxima media esperada para un intervalo de tiempo y un periodo de retorno dado. Dada la longitud de las series, no se han calculado intensidades máximas medias para periodos de retorno superiores a los 10 años.

		10	20	30	40	50	60	70	80
ZONA 1	2 años	70,3	48,2	36,8	30,1	26,5	24,7	21,0	17,3
	5 años	89,1	64,3	49,4	41,5	39,2	36,9	32,7	26,1
	10 años	103,1	74,5	58,6	49,8	48,0	46,4	40,6	32,3
ZONA 2	2 años	70,5	57,1	44,5	37,3	34,3	31,3	26,2	24,2
	5 años	94,1	76,3	62,0	52,6	47,8	45,6	35,4	33,5
	10 años	108,8	89,0	73,7	63,4	56,7	54,2	41,4	40,2
ZONA 3	2 años	70,2	53,7	43,6	37,3	33,2	30,8	27,4	25,3
	5 años	90,9	70,3	57,8	50,3	43,7	41,4	38,0	35,5
	10 años	104,8	80,9	67,6	58,8	50,2	48,1	44,9	42,1

Tabla 4: Intensidades medias (mm/h) según el intervalo de tiempo (min) para cada periodo de retorno (años) para cada una de las zonas

Los resultados nos muestran la homogeneidad condicionada por el clima Mediterráneo en lo que se refiere a intensidades máximas. Estas intensidades son muy parecidas en todas las zonas si bien, se podría considerar a la Zona 2 como de máxima intensidad, seguida de la Zona 3, siendo la que presenta unas características menos intensas la Zona 1. Pero destacar que esta distinción es relativa ya que para un periodo de retorno de 10 años, todas las zonas superan con facilidad los 100 mm/h de intensidad máxima. Además esta intensidad está infravalorada al estar calculada como la precipitación acumulada en 10 minutos.

4.2.b.- *Análisis de las duraciones, precipitaciones máximas y distribución anual*

La Tabla 5 muestra los resultados del ajuste por la ley logarítmico-normal de la distribución de duraciones y las precipitaciones máximas (para el total del evento) ajustadas por la ley de Gumbel, todo ello para los periodos de retorno de 2, 5 y 10 años.

Como se había adelantado en el subapartado anterior, la Zona 2 es el área donde las precipitaciones pueden llegar a ser más intensas, tanto por el breve periodo de duración como por la cantidad registrada.

		Dur (min)	Prep. Máx (mm/h)
ZONA 1	2 años	92	32,2
	5 años	169	47,5
	10 años	232	57,7
ZONA 2	2 años	78	35,4
	5 años	125	65,8
	10 años	220	85,9
ZONA 3	2 años	78	32,1
	5 años	208	55,8
	10 años	343	71,6

Tabla 5: Duraciones (min) y precipitaciones máximas (mm/h) teóricas

Por último, en la Tabla 6 aparece la distribución temporal de estos sucesos extremos tanto desde el punto de vista estacional como horario, mostrando los resultados en porcentajes.

	ESTACIONAL				HORARIO			
	INV.	PRIM.	VER.	OTO.	0-6 h	6-12 h	12-18 h	18-24 h
ZONA 1	10,0	30,0	10,0	40,0	20,0	10,0	60,0	10,0
ZONA 2	0,0	10,5	42,1	47,4	26,3	15,8	31,6	26,3
ZONA 3	11,5	23,1	30,8	34,6	18,5	18,5	55,6	7,4

Tabla 6: Distribución temporal de los sucesos extremos (en tanto por ciento)

En cuanto a la distribución anual, la posibilidad de que se produzcan estos sucesos en la segunda mitad del año es muy alta, si bien de este esquema general habría que destacar la fuerte actividad que se observa en la Zona 1 en primavera y la posibilidad de que aparezcan en cualquier época del año en la Zona 3.

La distribución horaria se mueve dentro de los parámetros clásicos con un predominio en la banda horaria entre las 12 y las 18 horas, siendo la segunda banda de máxima intensidad entre las 0 y las 6 horas.

5. DISCUSIÓN

Si bien las posibles conclusiones que se pueden extraer de los resultados presentados puedan parecer satisfactorias, la honestidad científica no nos permite tomar la premisa como cierta. La corta longitud de las series nos hace pensar que el análisis no sea definitivo y que se presente como un estudio preliminar el cual ha de servir como base para trabajos de mayor amplitud. Es por esta razón que el texto aparece más descriptivo que explicativo de los resultados que se presentan, incitando en algunas ocasiones a que se desarrollen más ampliamente los temas presentados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURGUEÑO, A. (1986): *Distribución de la intensidad de la lluvia y su duración en Barcelona*. Tesis doctoral presentada en la Cátedra de Física del Aire, Facultad de Física, Universidad de Barcelona, 128 p.
- GÁZQUEZ, A. (1996): "Xarxa Agrometeorològica de Catalunya", *Catalunya Rural i Agraria*, nº 22, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, Barcelona, pp. 14-18.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C. (1996): *Los índices de agresividad de la lluvia y su aplicación en la valoración de la erosión del suelo*. Geofoma Ediciones, Logroño, 40p.
- HUDSON, N.W. (1971): *Soil conservation*, Cornell University Press, Ithaca, 320 p.
- JARDÍ, M. *et al.* (1996a): "Tipificación y caracterización de las tormentas en la Comarca del Maresme (Barcelona, España), en: MARZOL, M.V. *et al.* (eds.): *Clima y agua: la gestión de un recurso climático*, La Laguna, pp. 99-110
- JARDÍ, M. *et al.* (1996b): "Impacto de las pistas forestales en medios frágiles mediterráneos. El caso del Turó de Burriac (Maresme-Barcelona-España)". *Cadernos Laboratorio Xeológico de Laxe*, 21. A Coruña, pp. 103-121
- JARDÍ, M. y PEÑA, J.C. (1998): "Establecimiento de un modelo de seguimiento de los principales procesos hidromorfológicos en la Sierra del Corredor (Barcelona)", en: GÓMEZ, A.; SALVADOR, F.: *Investigaciones recientes de la geomorfología española*. Geofoma Ediciones, Logroño, pp. 221-228.
- MARTÍN-VIDE, F.J. (1992): "Características extremas de la precipitación en la España Mediterránea", Colegio de Ing. de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona, pp. 22-39.
- MORGAN, R.P.C. (1986): *Soil erosion and conservation*, Longan, Harlow, 298 p.
- REDAÑO, A (1989): "Estructura fina de las lluvias intensas en Barcelona", en BURGUEÑO, A; REDAÑO, A y LLASAT, M.C.: *Aspectos estadísticos y sinópticos de las precipitaciones intensas en Cataluña*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, Vol. XLIX, 7, Barcelona, pp. 213-238

AGRADECIMIENTOS

A la srta. M^a Dolores Martínez Martínez, licenciada de Geografía Física, por su inestimable colaboración en el tratamiento informático.

Al Servei C.T. de Gestió i Evolució del Paisatge al ceder amablemente sus instalaciones.

Al Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya por la cesión de los datos.