

# Análisis de las situaciones sinópticas correspondientes a episodios de lluvia severa en Barcelona

J.C. Peña<sup>1</sup>, M. Aran<sup>1</sup>, N. Pérez-Zanón<sup>2</sup>, M.C. Casas-Castillo<sup>3\*</sup>, R. Rodríguez-Solà<sup>4</sup>, A. Redaño<sup>5</sup>, A. Llabrés-Brustenga<sup>1</sup>, A. Rius<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servei Meteorològic de Catalunya, Berlin, 38-46, 08029 Barcelona  
<sup>2</sup>Centre for Climate Change (C3), Universitat Rovira i Virgili, Campus Terres de l'Ebre, Av. Remolins, 13-15, 43500 Tortosa  
<sup>3</sup>Departament de Física i Enginyeria Nuclear, EET, Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech, Colom 1, 08222 Terrassa  
<sup>4</sup>Departament de Física i Enginyeria Nuclear, EPSEVG, Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech, Víctor Balaguer s/n, 08800 Vilanova i la Geltrú  
<sup>5</sup>Departament d'Astronomia i Meteorologia, Facultat de Física, Universitat de Barcelona (UB), Martí i Franquès, 1, 08028 Barcelona

\*Correspondence Author: [m.carmen.casas@upc.edu](mailto:m.carmen.casas@upc.edu)

## 1. Introducción



Figura 1: Ubicación del pluviógrafo Jardí en las instalaciones del Observatori Fabra (año 2004)

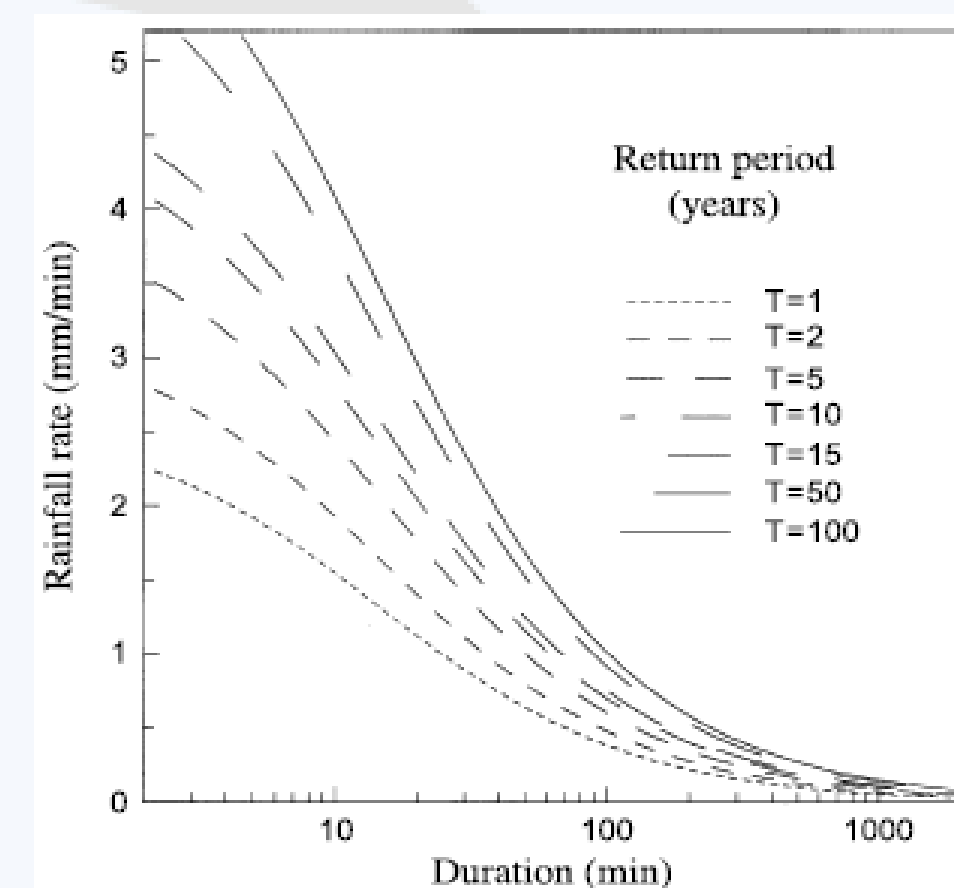


Figura 2: Red de alcantarillado de la ciudad de Barcelona.

Curva IDF generalizada para la ciudad de Barcelona

$$I(t, T) = \frac{19 \log T + 23}{(13 + t)^{0.87}}$$

I(t, T) es la intensidad (mm/min) para una duración (t) y un periodo de retorno (T) determinado.



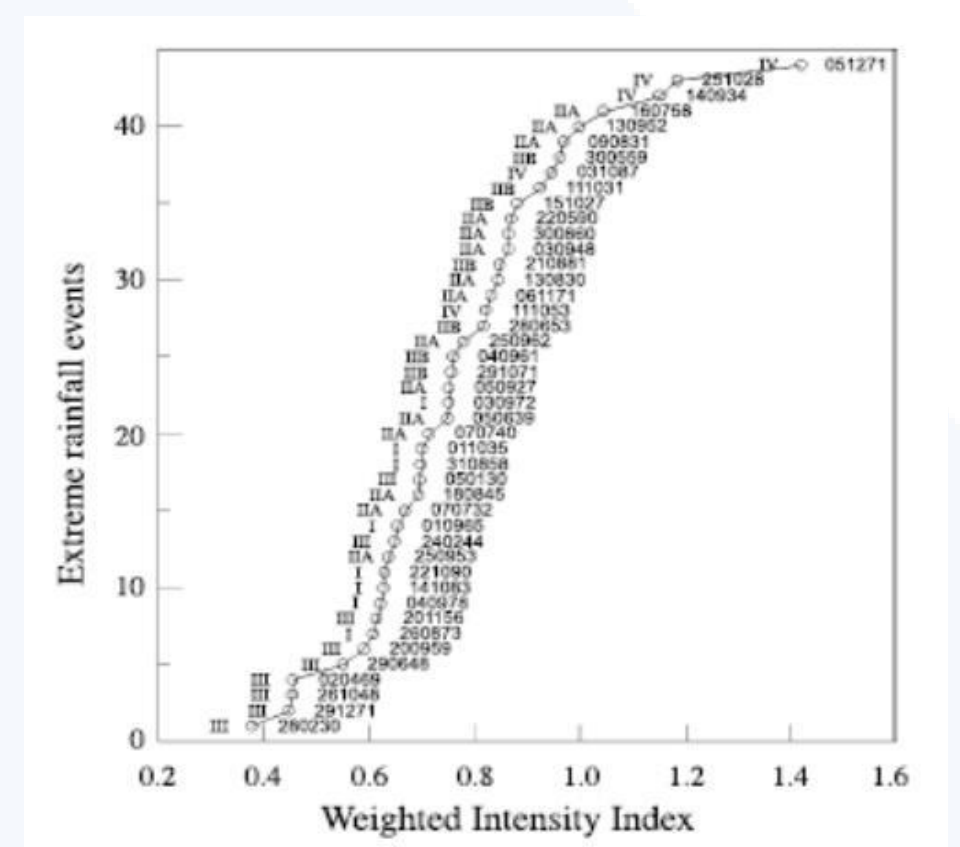
- El objetivo del estudio es la clasificación y el análisis de las situaciones sinópticas correspondientes a una selección de episodios lluviosos severos registrados en Barcelona.
- Los datos de lluvia proceden de los registros entre 1927 y 1992 del pluviógrafo Jardí situado en el Observatori Fabra de Barcelona y de la red pluviométrica de la ciudad gestionada por la empresa Clavegueram de Barcelona, S.A. (CLABSA) entre 1994 y 2009.
- El criterio de selección de dichos episodios ha sido que igualen o superen el período de retorno de 5 años en alguna duración entre 5 minutos y 24 horas, según las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) de Barcelona.
- El método utilizado para analizar las situaciones sinópticas correspondientes a la selección de episodios severos ha sido la comparación entre las *composites* obtenidas de los días pertenecientes a cada grupo con el análisis multivariante de las anomalías diarias corregidas de presión a nivel del mar (SLP) de temperatura y geopotencial a 500 hPa (T500 y Z500). Los datos proceden del 20th Century V2 Reanalysis Project (20CRP); un proyecto que reproduce mapas meteorológicos desde 1871 en adelante, con una resolución espacial horizontal de 2°.

## 2. Estudios previos

- Los episodios lluviosos considerados en este trabajo ya habían sido clasificados por Casas et al. (2004) [1] y Casas et al. (2010) [2] hasta el año 2001.
- Utilizando la técnica de análisis de conglomerados a los episodios, el grado de complejidad se había analizado calculando el valor de un índice ponderado de intensidad (IP) que tiene en consideración las contribuciones de cada escala meteorológica en el origen de cada chubasco.
- Tanto en [1] como en [2], los episodios analizados quedaron clasificados en 4 grupos diferenciados:
  - GRUPO I: tormentas con altas intensidades para las duraciones muy cortas características de la microescala.
  - GRUPO II (subdividido en IIA y IIB): chubascos con intensidad alta para las duraciones mesoescalares.
  - GRUPO III: lluvias de escala sinóptica.
  - GRUPO IV: chubascos complejos con dos o más escalas meteorológicas involucradas. Estos últimos son, por tanto, los casos que presentaron valores más altos del IP.

$$IP(T) = \frac{1}{4} \left\{ \frac{I_5}{I(5, T)} + \frac{I_{60}}{I(60, T)} + \frac{I_{120}}{I(120, T)} + \frac{I_{1440}}{I(1440, T)} \right\}$$

- I<sub>5</sub>, I<sub>60</sub>, I<sub>120</sub>, I<sub>1440</sub> son las intensidades registradas en 5, 60, 120 y 1440 minutos para cada chubasco
- I(5, T), I(60, T), I(120, T), I(1440, T) son las intensidades en las duraciones arriba indicadas, extraídas de las curvas IDF para un periodo de retorno determinado. En este caso T=5 años



| Jardí (ddmmaa IP(5)) |             |             |             | Red Urbana  |             |        |        |           |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|--------|-----------|
| I                    | II          | III         | IV          | ddmmaa      | grupo       | IP(5)  |        |           |
| 011035/0.70          | 050927/0.75 | 250953/0.64 | 151027/0.88 | 050130/0.70 | 251028/1.18 | 191094 | III    | 0.50-0.59 |
| 310858/0.70          | 130830/0.84 | 160758/1.04 | 111031/0.92 | 280230/0.38 | 140934/1.15 | 240895 | IV     | 1.29      |
| 010965/0.65          | 090831/0.98 | 300860/0.87 | 280653/0.82 | 240244/0.65 | 111053/0.82 | 210995 | IIA-IV | 0.76-1.30 |
| 030972/0.75          | 070732/0.67 | 250962/0.78 | 300559/0.96 | 290648/0.55 | 031087/0.95 | 070896 | I      | 0.68      |
| 260873/0.61          | 050639/0.75 | 061171/0.83 | 040961/0.76 | 261048/0.45 | 051271/1.42 | 141096 | III    | 0.50-0.69 |
| 040978/0.62          | 070740/0.71 | 220590/0.87 | 291071/0.76 | 201156/0.62 |             | 031298 | III    | 0.45-0.80 |
| 141083/0.63          | 130845/0.69 | 250953/0.64 | 210881/0.85 | 200959/0.59 |             | 140999 | IIA    | 0.77-1.04 |
| 221090/0.63          | 030948/0.69 |             |             | 020469/0.46 |             | 150701 | IIB    | 0.88      |
|                      | 130952/1.00 |             |             | 291271/0.45 |             | 091001 | I      | 0.86      |

Tabla 1: Clasificación de los episodios extremos e índice ponderado de intensidad para periodo de retorno de 5 años IP(5)

## 3. Metodología

- En primer lugar se calculan los campos medios (*composites*) de SLP, Z500 y T500 para cada grupo obtenido con el objetivo de validar el análisis multivariante.
- La clasificación sinóptica de los episodios lluviosos seleccionados se basa en un análisis multivariante que tiene en consideración dos niveles atmosféricos (presión al nivel del mar, geopotencial y temperatura a 500 hPa), con el fin de identificar las principales características correspondientes a los procesos dinámicos y termodinámicos atmosféricos (Aran et al., 2011 [3]; Peña et al., 2015 [4]). La metodología utilizada consta de tres etapas: las dos primeras, análisis de componentes principales y de conglomerados, se utilizan para reducir el número de variables y obtener una primera clasificación acorde a lo que se pretende; el tercer paso es un análisis discriminante para validar los resultados obtenidos. El resultado final han sido 8 grupos, 3 de los cuales han sido invalidados en el paso de la validación.
- Finalmente, se relacionan los campos medios obtenidos en el primer punto con los tipos sinópticos conseguidos en el segundo. Sólo se presentan los mapas al geopotencial de 500 hPa (T500 y Z500). Las líneas representan las anomalías de geopotencial mientras que los colores son la anomalía de temperatura.

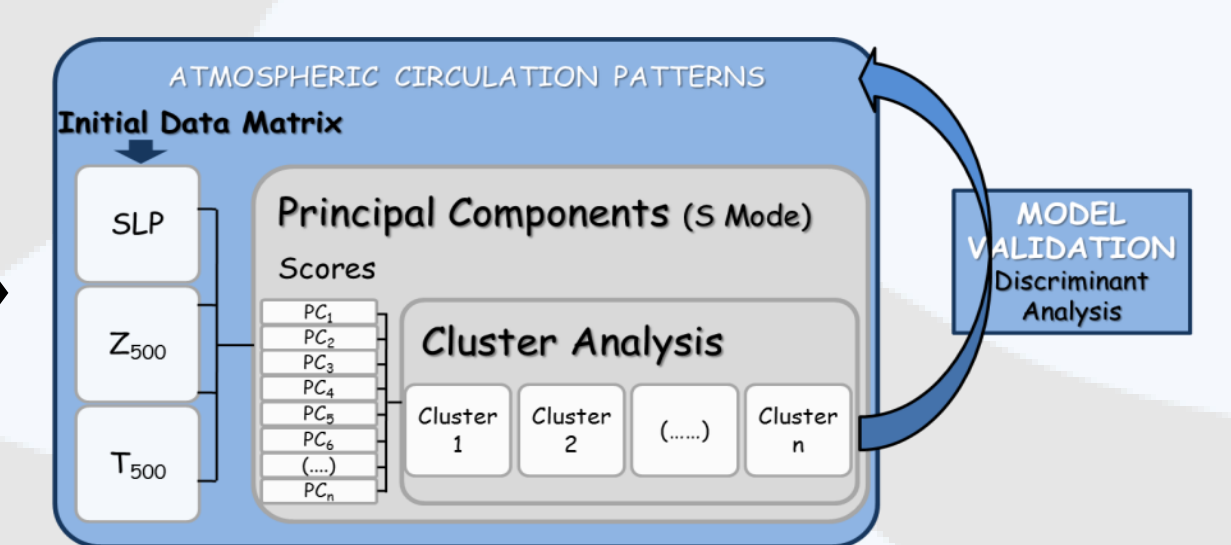
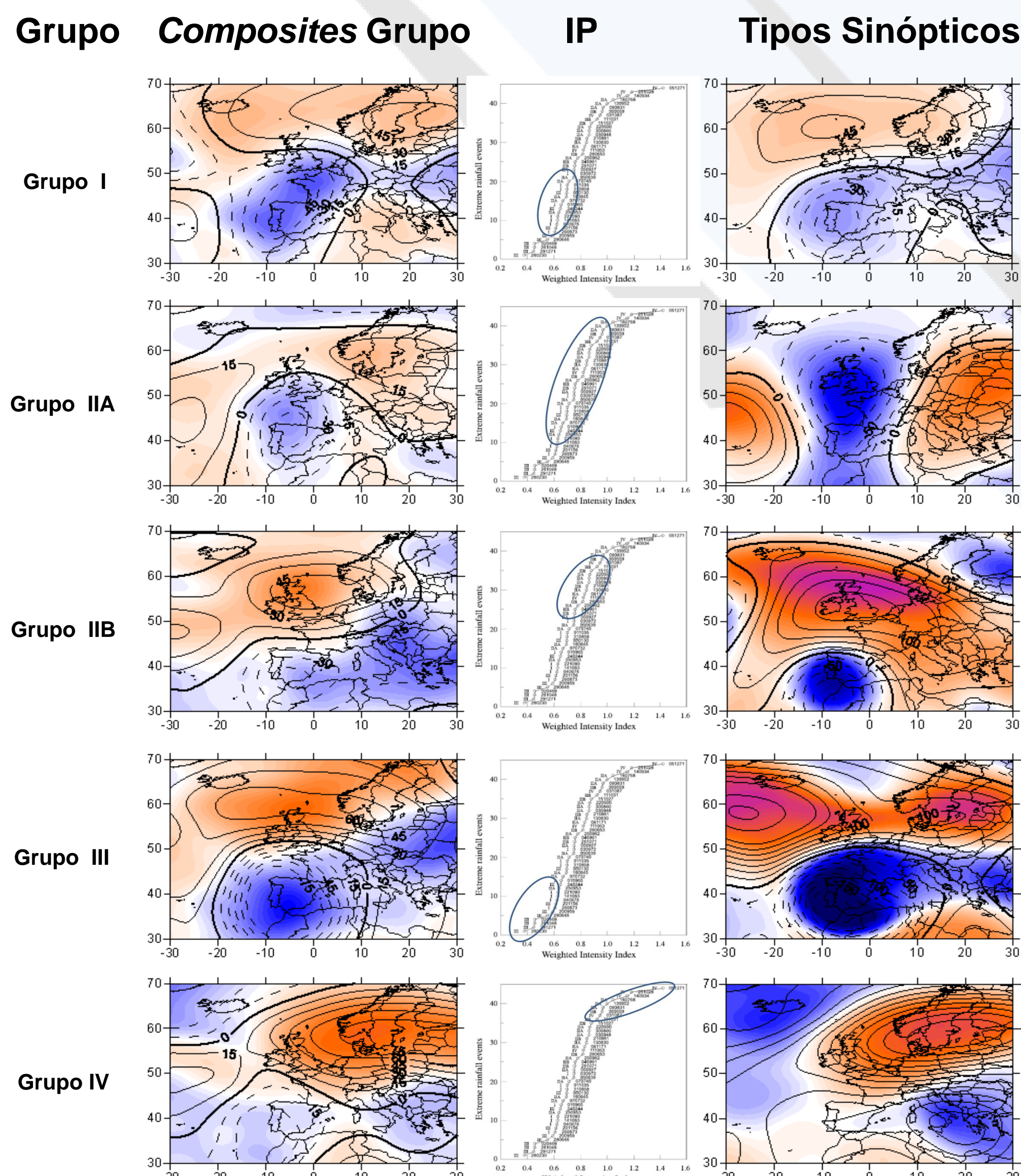


Figura 3: Esquema del análisis multivariante empleado

## 4. Resultados



### Comentarios

- Grupo I ⇒ Tipo Sinóptico 1. Coeficiente de correlación espacial = 0.82 ⇒ SISTEMA DE BAJAS PRESIONES SOBRE LA PENÍNSULA IBÉRICA**
- Grupo I es representativo de eventos lluviosos extremos de escala local o micro-escala. Estos eventos se registran principalmente entre los meses de agosto y octubre.
  - IP: Índice bajo-medio, con valores por debajo de 0.8
  - La configuración sinóptica provoca precipitación en Cataluña debido al flujo del sureste vinculado con anomalías negativas de presión y geopotencial sobre el oeste de la Península Ibérica.
  - El flujo húmedo y cálido procedente del mar Mediterráneo junto con el sistema de bajas presiones en los niveles medios de la troposfera causan la inestabilidad atmosférica y la ocurrencia de tormentas intensas.
- Grupo IIA ⇒ Tipo Sinóptico 4. Coeficiente de correlación espacial = 0.80 ⇒ CONFIGURACIÓN EN OMEGA**
- Grupo IIA se relaciona con los sistemas convectivos de la escala meso-γ. Los eventos se registran sobre todo los meses de Octubre y Noviembre.
  - IP: Índice medio, con valores entre 0.6 y 1.0
  - La configuración sinóptica causa precipitación en Cataluña debido al flujo del sur relacionado con las anomalías negativas de presión y geopotencial al norte de la Península Ibérica.
  - El sistema de bajas presiones con aire frío en los niveles medios de la troposfera originan la inestabilidad atmosférica y la ocurrencia de tormentas severas
- Grupo IIB ⇒ Tipo Sinóptico 8. Coeficiente de correlación espacial = 0.74 ⇒ BAJAS PRESIONES AL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA**
- Grupo IIB presenta altas intensidades de 12-24 horas en relación a las escalas meso-α and meso-β. Los eventos aparecen sobretodo en Septiembre.
  - IP: Índice medio-alto, con valores entre 0.75 y 1.0
  - La configuración sinóptica provoca precipitación en Cataluña como consecuencia del flujo del este en relación a las anomalías negativas de presión y geopotencial sobre el Mediterráneo.
  - El intenso flujo del este o del sureste relacionado con esta situación estimula la formación de tormentas intensas y episodios lluviosos de larga duración debido al estancamiento de la configuración sinóptica.
- Grupo III ⇒ Tipo Sinóptico 2. Coeficiente de correlación espacial = 0.86 ⇒ BAJAS PRESIONES AL SUR DE LA PENÍNSULA IBÉRICA**
- Eventos lluviosos a escala sinóptica con intervalos de duración por encima de las 9 horas. Los eventos se registran durante la mitad fría del año.
  - IP: Índice bajo, con valores entre 0.3 y 0.6
  - La configuración sinóptica provoca precipitación en Cataluña como consecuencia del flujo del este relacionado con las anomalías negativas de temperatura y presión al sur de la Península Ibérica.
  - El flujo del este relacionado con esta configuración induce a episodios de lluvias de tipo advectivo de larga duración y bajas intensidades.
- Grupo IV ⇒ Tipo sinóptico 3. Coeficiente de correlación espacial = 0.88 ⇒ SISTEMA DE BAJAS PRESIONES AL SUR DE EUROPA**
- Tipo de eventos complejos causados por situaciones sinópticas que producen episodios de larga duración y al mismo tiempo sistema convectivos meso-escalares causando lluvia muy intensas, con células convectivas embebidas aún más pequeñas. Los eventos se registran en Junio y Octubre.
  - IP: Índice alto, con valores entre 0.8 y 1.4
  - La configuración sinóptica provoca precipitación debida al flujo de sureste vinculado con las anomalías negativas sobre la península Ibérica.
  - El flujo del sureste (cálido y húmedo) causa precipitaciones de larga duración en Cataluña. Estas pueden ser tanto por convección debido al alto grado de inestabilidad atmosférica o por advección debido al bloqueo anticiclónico, dificultando el progreso del sistema de bajas presiones hacia el este.

### Referencias

- M.C. Casas, B. Codina, A. Redaño, J. Lorente: A methodology to classify extreme rainfall events in the western Mediterranean area, Theor. Appl. Climatol. 77 (2004) 139-150. doi 10.1007/s00704-003-0003-xD
- M.C. Casas, R. Rodríguez, A. Redaño: Analysis of extreme rainfall in Barcelona using a microscale rain gauge network. Met. App. 17 (2010) 117-123. <http://hdl.handle.net/2117/6733>
- M. Aran, J.C. Peña, M. Torà: Atmospheric circulation patterns associated with hail events in Lleida (Catalonia). Atmos. Res. 100 (2011) 428-438.
- J.C. Peña, N. Pérez-Zanón, M. Aran, A. Rius, M.C. Casas-Castillo, R. Rodríguez-Solà, A. Redaño, G. Solé: Analysis of synoptic types related to episodes of severe rainfall in the Ebre Observatory (Spain). International Symposium CLIMATE-ES 2015. Progress on climate change detection and projections over Spain since the findings of the IPCC AR5, 11-13 March 2015, Tortosa (Tarragona, Spain).