



Análisis de la concentración diaria de la precipitación en la Cuenca del Mediterráneo Occidental

Aziz Benhamrouche

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

*Análisis de la concentración diaria de la precipitación en la
Cuenca del Mediterráneo Occidental*



TESIS DOCTORAL

Aziz Benhamrouche

Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional

Facultad de Geografía e Historia

Universidad de Barcelona

2014



Universidad de Barcelona

Facultad de Geografía e Historia

Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional

*Análisis de la concentración diaria de la precipitación en la
Cuenca del Mediterráneo Occidental*

Memoria presentada por **Aziz Benhamrouche**
para optar al grado de **Doctor en Geografía**

Director: **Dr. Javier Martín Vide**

Programa de Doctorado en Geografía,
Planificación Territorial y Gestión Ambiental

Barcelona, 2014

A mis padres

A mi futura esposa "Dalal"

A mis hermanos

A mis amigos y compañeros del Doctorado

Agradecimientos

Primero que nada, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han contribuido a la realización de esta tesis del doctorado, y muy especialmente:

Javier Martín Vide, el director de esta

Tesis, por su valiosa dirección y colaboración

A mis padres, mi Daloula, mis hermanos, mis hermanas y mis amigos

A todos mis compañeros de la Universidad de Barcelona y del Máster, especialmente Omar, Hassane, Nivaldo, Joan Albert, Amílcar, Oliver, Ricard, Maria José,.....todos mis amigos

Agradezco a todas las entidades que nos han proporcionado los datos el ponerlos a la disposición de los investigadores para que desarrollen su labor, Météo-France, Office National de Meteorologie Algerienne, Agencia Estatal de Meteorología (Aemet) de España. Al Ministerio de Ciencia e Innovación por la ayuda FPI y al departamento de Geográfica Física y A. R.G. Universidad de Barcelona.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

I. 1. Análisis de la precipitación diaria.....	1
I. 2. Las precipitaciones torrenciales y la concentración de la lluvia en pocos días en el Mediterráneo.....	2
I. 3. La estructura de la Tesis.....	4

II. ESTADO DEL ARTE

II. 1. Trabajos previos sobre concentración pluviométrica y temas afines.....	7
---	---

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

III. 1. Objetivos generales y específicos.....	13
III. 1. 1. Objetivo general.....	13
III. 1. 2. Objetivos específicos.....	13
III. 2. Hipótesis.....	14

IV. EL ÁREA DE ESTUDIO: EL LITORAL DE LA CUENCA DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

IV. 1. Ubicación geográfica.....	15
IV. 2. Características geográficas y climatológicas de la cuenca del Mediterráneo occidental.....	16

V. SERIES DE DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA

V. 1. Localización de los observatorios meteorológicos en el área de estudio.....	19
V. 2. Fuente de series de datos escogidos.....	22
V. 3. Calidad de series de datos escogidos.....	23

VI. METODOLOGÍA: LA CONCENTRACIÓN DIARIA DE LA PRECIPITACIÓN, EL ÍNDICE DE GINI (IG1), EL ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN (CI) Y OTROS MÉTODOS COMPLEMENTARIOS

VI. 1. Metodología para calcular los índices de concentración diaria de la precipitación.....	27
---	----

VI. 1. 1. Los índices IG1 y CI1.....	27
VI. 1. 2. Los índices CI5 y CI10.....	34
VI. 2. Método usado para analizar las tendencias del índice CI1 anual en los diferentes periodos estudiados.....	36
VI. 2. 1. El test de Mann-Kendall y la estimación Sen.....	37
VI. 2. 1. 1. El uso de “ <i>Makesens_I_0</i> ”.....	37
VI. 3. La clasificación sinóptica de Jenkinson y Collison.....	42

VII. VALORES DE LOS ÍNDICES DE GINI Y DE CONCENTRACIÓN CON INTERVALOS DE CLASE DE 1, 5 Y 10 MM

VII. 1. Resultados y discusiones: Valores de los índices de Gini y de concentración según los diferentes periodos.....	45
VII. 1. 1. Valores de los índices de Gini y de concentración con intervalos de clase de 1, 5 y 10 mm en el periodo 1951-2010.....	45
VII. 1. 2. Valores de los índices de Gini y de concentración con intervalos de clase de 1, 5 y 10 mm en el subperiodo 1981-2010.....	50
VII. 1. 3. Valores de los índices de Gini y de concentración con intervalos de clase de 1, 5 y 10 mm en el subperiodo 1951-1980.....	56
VII. 2. Resultados y discusiones: Variación de la concentración diaria entre los subperiodos 1951-1980 y 1981-2010.....	66

VIII. ANÁLISIS ESPACIAL DE LOS VALORES DE LOS ÍNDICES DE GINI Y DE CONCENTRACIÓN CON INTERVALOS DE CLASE 1, 5 Y 10 MM

VIII. 1. Resultados y discusiones: Distribución Comparación espacial de la concentración diaria según los diferentes índices y periodos.....	69
VIII. 1. 1. La distribución espacial del índice de Gini IG1 y de CI1, CI5 y CI10 en el periodo 1951-2010.....	69
VIII. 1. 2. La distribución espacial del índice de Gini IG1 y de CI1, CI5 y CI10 en el subperiodo 1981-2010.....	73
VIII. 1. 3. La distribución espacial del índice de Gini IG1 y de CI1, CI5 y CI10 en el subperiodo 1951-1980.....	76
VIII. 2. Resultados y discusiones: Variación espacial de la concentración diaria entre los subperíodos 1951-1980 y 1981-2010.....	81

IX. TENDENCIAS DE LA CONCENTRACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DIARIA EN EL LITORAL DE LA CUENCA DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

IX. 1. Resultados y Discusiones.....	85
IX. 1. 1. Tendencias del índice de concentración de la precipitación diaria (CI1).....	85
IX. 1. 2. Periodo completo 1951-2010.....	85
IX. 1. 3. El primer subperiodo, 1951-1980.....	91
IX. 1. 4. El segundo subperiodo, 1981-2010.....	95

X. ANÁLISIS SINÓPTICO DE LOS AÑOS EXTREMOS EN EL PERIODO 1970-2010

X. 1. Resultados y discusiones.....	101
X. 1. 1. Frecuencia anual de los tipos sinópticos de la clasificación J&C en la cuenca del Mediterráneo occidental durante el periodo 1970-2010.....	102
X. 1. 2. Frecuencia anual de los tipos de la clasificación J&C en los 7 observatorios estudiados.....	105
X. 1. 2. 1. En el caso de Cagliari.....	105
X. 1. 2. 2. En el observatorio de Dar el Baída (Argel).....	108
X. 1. 2. 3. En el observatorio de Melilla.....	111
X. 1. 2. 4. El caso de Roma.....	114
X. 1. 2. 5. Respecto al observatorio de Tolón.....	116
X. 1. 2. 6. En el observatorio de Túnez-Cartago.....	119
X. 1. 2. 7. En el caso de Valencia.....	122

XI. CORRELACIÓN DEL ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN (CI1) CON LAS VARIABLES GEOGRÁFICAS Y PLUVIOMÉTRICAS

XI. 1. Análisis de correlación entre el índice de concentración de la precipitación (CI1) y la posición geográfica (longitud, latitud, altitud y distancia al mar).....	127
XI. 2. Análisis de correlación entre el índice de concentración de la precipitación (CI1) y las variables pluviométricas (precipitación media anual, coeficiente de variación (CV%) y número de días lluviosos).....	132

XII. CONCLUSIONES GENERALES.....

135

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
INDICE DE FIGURAS	147
INDICE DE FIGURAS	151

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

I. 1. Análisis de la precipitación diaria

El análisis de la precipitación diaria es un tema de gran interés en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental. La importancia de este análisis viene justificada por los problemas hidrológicos debidos a la alta intensidad y la desigual distribución espacio-temporal de las precipitaciones diarias en amplias zonas del Mediterráneo occidental (Martín-Vide, 2004; Cortesi *et al.*, 2012; Benhamrouche y Martín-Vide, 2011, 2012). El interés por este tipo de análisis no es meramente climatológico, sino que también afecta a otros ámbitos medioambientales y socioeconómicos, sobre todo en ambientes frágiles como el litoral mediterráneo occidental (De Luis *et al.*, 1996; Martín-Vide, 2004). En estos ambientes frágiles, los principales problemas son los relacionados con los episodios torrenciales, los cuales pueden causar catástrofes naturales. Las inundaciones, las avenidas torrenciales y la erosión son ejemplos de desastres y efectos nocivos sobre ámbitos socioeconómicos. Solo por efecto de las inundaciones, las pérdidas económicas registradas anualmente en España en el período 1987-2001 llegan a 745 millones de euros. Estas son el principal riesgo de la naturaleza en la España peninsular. Además, en el período 1995-2008 se registraron en la España peninsular alrededor de 897 víctimas mortales debidas a catástrofes naturales: 70 víctimas al año por término medio. Las inundaciones, las tormentas y los temporales marítimos son los peligros naturales que más víctimas ocasionan en España (Olcina Cantos, 2009).

La precipitación en el mundo mediterráneo muestra un carácter compulsivo, nula durante muchos días y con elevada intensidad durante unas horas o minutos. Su carácter convectivo y torrencial, especialmente en la mitad cálida del año y hasta bien avanzado el otoño, explica la brevedad y, al mismo tiempo, la frecuente elevada intensidad de los chubascos. Los efectos de la alta concentración temporal de la precipitación se concretan, entre otros, en una alta erosividad del fenómeno sobre el suelo, más aún si se tienen en cuenta las débiles cubiertas vegetales de muchas comarcas; abundantes

escorrentías súbitas, cuando no anegamientos e inundaciones rápidas (*flash floods*); una difícil gestión de los recursos hídricos, por la irregular entrada de agua en los sistemas hidráulicos; la imposibilidad de determinar el final de las sequías, etc.

I. 2. Las precipitaciones torrenciales y la concentración de la lluvia en pocos días en el Mediterráneo

Es bien conocida la alta concentración temporal de la precipitación y su distribución espacial irregular en los climas mediterráneos, en los que en pocos días, e incluso en unas horas, se recoge un elevado porcentaje del total anual. En ciertos lugares, un 25 % de los días lluviosos acumula el 80 % o más de la cantidad total anual (Cortesi *et al.*, 2012). Esto da lugar a que el carácter pluviométrico, lluvioso o seco, de un año dependa de unos pocos días particularmente lluviosos. No es raro que, tras varios meses con escasas precipitaciones, conformando una secuencia de indigencia pluviométrica o una auténtica sequía (Gil Olcina y Olcina, 1997; Pita, 2001; Olcina, 2006), el carácter pluviométrico del año en curso cambie radicalmente con dos o tres episodios de precipitaciones torrenciales (Martín-Vide y Olcina, 2001). De esta manera, el año podría calificarse de seco, por este carácter predominante durante varios o muchos meses y, al mismo tiempo, de lluvioso, si solo se atiende al total anual, que, gracias a los referidos episodios torrenciales, pudo sobrepasar con holgura el promedio anual.

El área geográfica más frecuentemente afectada en el Mediterráneo occidental por este tipo de precipitación es toda la fachada oriental de la península ibérica y la costa mediterránea francesa (Cortesi *et al.*, 2012), y otros sectores, tanto áreas rurales como urbanas en cualquier época del año. Sin embargo, la mayor parte de los episodios torrenciales de precipitación suele corresponder al otoño, de septiembre a noviembre. Así, por ejemplo, en el noroeste de Italia, en el Piamonte, entre el 4 y 5 de noviembre de 1994, se registró una cantidad de más de 300 mm en 36 horas (Buzzi *et al.*, 1998); en el sur de Francia, en Gard, entre el 8 y 9 de septiembre de 2002, se registraron casi 700 mm en 24 horas (Delrieu *et al.*, 2005); en el norte de Argelia, en Argel, se registraron 260 mm en 24 h el día 10 de noviembre de 2001 (Hamadache *et al.*, 2002), y en el este de España, en La Pobla del Duc (Valencia), durante el mes de noviembre de 1977, se registró una cifra de más de 1000 mm en 72 horas (no precisada, por desbordamiento de los aparatos medidores). Durante 24 h, se llegaron a alcanzar cantidades de 878 mm en Jávea (Alicante) en noviembre de 1957 y de 817 mm en Oliva (Valencia) en noviembre

de 1987, aunque la Agencia Estatal de Meteorología considera hoy estos dos records como dudosos. En intervalos menores, las cantidades registradas en diferentes puntos fueron de 230 mm durante 5 h en Abarán (septiembre de 1989), y solamente en 4 horas, 185 mm en Cieza, ambas en la Región de Murcia. En intervalos aún menores, 3 horas, se registraron 600 mm en Zurgena (Andalucía Oriental), en el mes de octubre de 1973; durante 2,5 horas se midieron cantidades de 152 mm en Bullas (Región de Murcia). Las precipitaciones superiores a 100 o 200 mm en 24 horas no son desconocidas en muchos de los observatorios (López Bermúdez, 1990; López Bermúdez y Soriano, 1993).

El Cuarto Informe del IPCC “*The Intergovernmental Panel on Climate Change*” (IPCC, 2007), confirmado en el Quinto Informe del IPCC, que ha comenzado a aparecer (IPCC, 2014), muestra unos escenarios futuros para la región mediterránea donde los totales pluviométricos sufrirán un descenso, por el contrario, paralelamente, las precipitaciones diarias extremas pueden incrementarse significativamente, lo cual conllevará un aumento de la mencionada irregularidad pluviométrica, a la vez que agravará los problemas de escasez hídrica que sufre gran parte de la Península Ibérica. Hay ya evidencias de estas previsiones, ya que han empezado a detectarse (Alpert *et al.*, 2002; Paredes *et al.*, 2006) y, en consecuencia, han de destinarse más investigaciones para comprender su comportamiento y evolución futura, a fin de mitigar sus consecuencias o impactos negativos.

Cuando se habla del Mediterráneo y del clima mediterráneo, hay que hacer un matiz importante para el caso propio de la cuenca occidental del mar Mediterráneo. En la Península Ibérica, la alta concentración de la precipitación y las mayores intensidades diarias y horarias de la misma no se dan en el sur, que presenta el carácter subtropical (o genuinamente mediterráneo) más nítido, sino en la franja oriental de la Península Ibérica, desde Gerona hasta Almería, por la influencia de las aguas de la cuenca del mar Mediterráneo. Es la componente del mar Mediterráneo, más que la subtropicalidad (o mediterraneidad en sentido genérico) el factor decisivo en los extremos de intensidad y concentración pluviométrica (Martín-Vide, 2011). Y así lo han mostrado los mapas de intensidad de la precipitación (Elías Castillo y Ruiz Bertrán, 1979; Beguería *et al.*, 2009) o los análisis de concentración diaria (Martín-Vide, 1987; Martín-Vide, 2004; Sánchez-Lorenzo y Martín-Vide, 2006; Benhamrouche y Martín-Vide, 2011, 2012; Cortesi *et al.*, 2012).

I. 3. La estructura de la Tesis

A continuación, se detalla la estructura de la presente tesis doctoral. El capítulo I del trabajo ofrece una introducción general y algunas motivaciones científicas con relación a la precipitación diaria, las precipitaciones intensas o torrenciales y el clima mediterráneo y la concentración de la lluvia en pocos días.

En el capítulo II, se hace referencia a los trabajos previos sobre concentración pluviométrica y temas afines en distintas localizaciones del globo, citando las contribuciones de distintos autores, que servirán para enmarcar los resultados de la presente investigación.

En el capítulo III, se definen los objetivos del trabajo (generales y específicos) y las hipótesis, y se muestra la estructura de la tesis.

En el capítulo IV, se describe el área de estudio y se exponen sus diferentes características geográficas y climatológicas.

En el capítulo V, se presentan las series de datos de precipitación diaria utilizadas en este trabajo a partir de distribuir espacialmente los observatorios meteorológicos en el área de estudio, y mostrar el periodo, la fuente y la calidad de las series de datos escogidos.

En el capítulo VI, se presentan las metodologías seguidas en la presente investigación para la obtención de los resultados esperados. En concreto, la primera metodología es la propuesta por Martín-Vide (2004) para la obtención de los valores de los índices IG1, CI1, CI5 y CI10 en distintos subperiodos, 1951-1980, 1981-2010, y el periodo completo 1951-2010. La segunda metodología es la relativa al análisis de las tendencias, para lo cual se ha usado el test de Mann-Kendall, para estimar la tendencia y su grado de significación, junto con la estimación Sen de pendiente. La tercera metodología usada ha sido el método de Jenkinson y Collison, para analizar sinópticamente los años extremos en el periodo 1970-2010.

En el capítulo VII, partiendo del índice de concentración (*Concentration Index*) de Martín-Vide (2004), se proponen, en primer lugar, algunas modificaciones del mismo con vistas a obtener un cálculo más rápido de la concentración pluviométrica diaria y para poder usar un mayor número de observatorios, dado que el citado índice es muy

sensible a la calidad de los datos de partida, al exigir la contabilización de todas las cantidades diarias de lluvia, por pequeñas que sean, y su encuadre en clases muy finas, de 1 mm de longitud. Tras las nuevas propuestas del índice, se calculan los valores de la concentración diaria CI1, CI5, CI10 e IG1 de la precipitación y se correlacionan entre ellos en diferentes periodos, mediante el coeficiente de correlación de Pearson. En segundo lugar, se calcula la variación de la concentración de la precipitación diaria entre los subperiodos 1951-1980 y 1981-2010.

En el capítulo VIII, se presenta la distribución espacial de los valores de los índices de Gini y de concentración con intervalos de clase 1, 5 y 10 en los diferentes periodos, a partir de los 46 observatorios de primer orden, los cuales distan como máximo 42 km del mar Mediterráneo. Se comparan los mapas resultantes para el período 1951-2010 y los subperíodos 1951-1980 y 1981-2010, y se evalúan su interés y su uso. En segundo lugar, se analizan los cambios habidos en la concentración diaria al pasar del primer al segundo subperiodo.

En el capítulo IX, se analizan las tendencias de la concentración de la precipitación diaria anualmente en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental.

En el capítulo X, se analizan sinópticamente los años extremos en cuanto a la concentración diaria de la precipitación en el periodo 1970-2010.

En el capítulo XI, se calcula la correlación del índice de concentración CI1 con diferentes variables geográficas y pluviométricas.

Finalmente, en el capítulo XII, se presentan las conclusiones obtenidas a lo largo del presente estudio.

Se incluyen también, al final, las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE

II. 1. Trabajos previos sobre concentración pluviométrica y temas afines

El estudio de la precipitación a resolución diaria es un tema de gran importancia debido, entre otros, a los problemas hidrológicos derivados de la alta intensidad y la mala distribución temporal de las precipitaciones en distintas regiones del globo. Existe mucha bibliografía sobre el asunto. Podemos citar algunas de las contribuciones de distintos autores que contextualizan y sitúan en un marco adecuado nuestro estudio.

Se han realizado varios estudios para diversas zonas de América latina. Sarricolea y Martín-Vide (2012) analizaron la concentración diaria de la precipitación en Chile utilizando datos de 17 estaciones meteorológicas, en el periodo 1965-2005. Los resultados fueron valores contrastados y algunos elevados del CII -que es el índice fundamental para evaluar la concentración diaria de la lluvia empleado en la presente tesis doctoral, definido en el capítulo VI- (de 0,51 a 0,76), es decir, 25 centésimas de variación. Sin embargo, en el trabajo realizado por Zubieta y Saavedra (2009) sobre la concentración de la precipitación diaria en el valle del río Mantaro (Perú), con 14 estaciones meteorológicas para el periodo de 1964-2004, se obtienen valores bajos del índice de concentración diaria, situándose los extremos del CII entre 0,47 y 0,59 (12 centésimas de variación). Estos autores concluyen que el 25 % de los días más lluviosos aporta el 60 % de la cantidad total pluviométrica anual y la zona de menor precipitación anual tiene correlación baja y negativa entre el CII y la precipitación media anual.

Respecto a los Estados Unidos de América, pueden citarse el trabajo de Karl y Knight (1998), se encuentra un incremento de la precipitación de un 10 % en el periodo 1910-1995, del que más de la mitad viene justificado por una tendencia positiva en los eventos de precipitación intensa (>90 %). Este incremento se debe al aumento en la

frecuencia de días con precipitación (en todas las categorías) y un incremento en la intensidad por suceso. De esta forma, la precipitación en los sucesos intensos se está incrementando respecto de la de los sucesos moderados.

Los investigadores europeos y de zonas geográficas cercanas también han realizado esfuerzos para estudiar la precipitación diaria. Así, el grupo de Climatología de la Universidad de Barcelona ha realizado varios estudios sobre la concentración diaria de la precipitación en la península ibérica (Martín-Vide, 2004; Sánchez-Lorenzo y Martín-Vide, 2006; Benhamrouche y Martín-Vide, 2011, 2012). Estos autores obtuvieron que el 25 % de los días más lluviosos representa aproximadamente el 75 % del volumen total anual pluviométrico y, además, los altos valores de la concentración diaria de la precipitación se localizan en la fachada oriental de la Península Ibérica (desde Gerona hasta Almería). Podemos encontrar en la misma área varios trabajos de distintos investigadores que analizaron la distribución espacial de la concentración diaria de la precipitación y de las lluvias torrenciales (De Luis *et al.*, 1996, 1997; Egozcue y Ramis, 2001; Olcina Cantos, 2000, 2009). Además, para las islas de la Macaronesia (localizadas en el océano Atlántico, hacia el noroeste de África), Máyer Suarez y Marzol Jaén (2012) estudiaron la concentración y la agresividad de la lluvia usando datos de los periodos 1970-2003 y 1980-2003. Estos autores obtuvieron valores altos del CI1, por encima de 0,60 en todas las islas, llegando en el extremo superior hasta 0,82, donde el 25 % de los días más intensos aporta más del 90 % de la lluvia total anual. En el análisis de la concentración de la precipitación diaria en toda Europa durante 1971-2010, Cortesi *et al.* (2012) consiguieron demostrar que los valores máximos diarios de concentración se encuentran en la cuenca occidental del Mediterráneo, a lo largo del litoral este de España (este hecho confirma los resultados obtenidos por el grupo de Climatología de la Universidad de Barcelona) y del litoral sur de Francia ($CI1 \geq 0,72$), mientras que los valores más bajos se encuentran en la península Escandinava ($CI1 \leq 0,51$). Respecto al Reino Unido, Osborn *et al.* (2000) obtuvieron un incremento de los casos de precipitación intensa y una ligera disminución de los casos de precipitación ligera y media, utilizando datos del periodo 1961-1995. En el noreste de Italia, Brunetti *et al.* (2001) obtuvieron un ligero aumento de los casos de precipitación intensa a la vez que una disminución más notoria del número total de días de precipitación, utilizando datos del periodo 1951-1996.

En el sur de Italia (región de Calabria) durante el periodo 1916-2006, Coscarelli y Caloiero (2012) mostraron una distribución temporal muy heterogénea (inhomogénea) de la precipitación diaria, caracterizada en la parte oriental de la región por que el 25 % de los días más lluviosos representa casi el 75 % de la cantidad pluviométrica total. Además, la aplicación del test de Mann-Kendall mostró una clara tendencia hacia una estacionalidad más débil de la distribución de las precipitaciones. También el trabajo de Alpert *et al.* (2002) mostró que la lluvia torrencial en Italia se ha incrementado, mostrando fuertes picos en años del fenómeno de El Niño. Además, en España, las categorías extremas en ambas colas de la distribución se han incrementado significativamente en el periodo 1951-1995. Sin embargo, este equipo no ha encontrado tendencias significativas en la precipitación de Israel y Chipre. En la Federación Rusa, Gruza *et al.* (1999), analizando datos de precipitación del período 1901-1995, concluyeron que la precipitación disminuyó, aumentando ligeramente las situaciones de sequía. Sin embargo, no se establece ni un incremento ni una disminución de los sucesos extremos.

Las tierras asiáticas también han recibido bastante atención por parte de los investigadores para estudiar la precipitación diaria, debido al gran interés meteorológico que tiene aquel continente. En China, se encuentran varios estudios que coinciden con nuestro tema de trabajo. Así, Zhang *et al.* (2009) estudiaron el cambio de las propiedades de la concentración diaria de la precipitación en la cuenca del río Perla, mediante 42 estaciones meteorológicas durante el periodo 1960-2005; obtuvieron valores muy altos del CII en la cuenca, que oscilan entre 0,74 y 0,80 (6 centésimas de variación), y concluyeron que un $CII \geq 0,78$ define la región caracterizada por concentraciones diarias elevadas de precipitación; y un $CI \leq 0,75$, la región dominada por las concentraciones diarias bajas; y los valores de CII que varían entre 0,75 y 0,78 son concentraciones diarias medias de precipitación. Zhai *et al.* (1999) estudiaron las variaciones de extremos de precipitación usando datos del periodo 1950-1995 en 296 estaciones meteorológicas, también en China. Los resultados indicaron una reducción significativa de los días muy lluviosos. Por el contrario, se detectó una tendencia creciente en la intensidad (precipitación/número de días de precipitación) durante los últimos 45 años. Además, en el trabajo de Zhai *et al.* (2005) se estudian las tendencias de la precipitación total y la frecuencia de los extremos de precipitación diaria en 740 observatorios meteorológicos entre el periodo 1951-2000. Los resultados mostraron que

en el sur de China hubo una gran similitud en los patrones espaciales de las tendencias de la precipitación extrema y total, en aumento. Zhiqing y sus colaboradores (Zhiqing *et al.*, 2005) estudiaron las tendencias climáticas de diferentes eventos de precipitaciones intensas en China basándose en 740 estaciones, en el periodo 1951-2002. Obtuvieron que la precipitación media anual disminuyó desde el sureste hacia el noroeste en todo el país y que existe una correlación positiva y significativa entre la cantidad de precipitación anual y la PCD (*Precipitation Concentration Degree*) en el este de China, que sugiere un vínculo más fuerte entre la cantidad de precipitación anual y la ocurrencia de los eventos de precipitaciones intensas en esta región.

En la península de Malasia, hallamos el trabajo de Suhaila y Jemain (2012), donde analizan la intensidad de la lluvia diaria y el índice de concentración en la península de Malasia, utilizando datos diarios de precipitación de 50 estaciones meteorológicas, en el periodo 1974-2004. Los resultados mostraron valores moderados y bajos del CI1, por debajo de 0,62, llegando hasta solo 0,42. Como promedio se encontró un valor de CI1 de 0,60, lo cual significa allí que el 25 % de los días lluviosos aporta casi el 70 % de la lluvia total. Respecto a Irán, Alijani *et al.* (2008) analizaron la intensidad y la concentración diaria de la precipitación durante el periodo 1982-2004. Los resultados indicaron valores elevados del CI1, siendo sus extremos de 0,58 y 0,73 (15 centésimas de variación). Los altos valores de CI1 coinciden con las áreas de mayor riesgo de inundaciones en el sur y suroeste del país. El coeficiente de variación (CV) de la lluvia anual es muy alto en el sur y suroeste, superior al 150 %, con una fuerte correlación (aproximadamente el 66) entre el CI1 y CV. El CI1 está por encima de 0,59 en la mayor parte del país. Este hallazgo demostró de nuevo que la precipitación de Irán es irregular.

En Australia, Haylock y Nicholls (2000), para el periodo de 1910-1998, hallaron una disminución en la frecuencia e intensidad de eventos de lluvia en el oeste del continente y un incremento del porcentaje representado por los eventos extremos en el este. La precipitación total está fuertemente correlacionada con la frecuencia de extremos y su intensidad, siendo, por tanto, el número de eventos extremos y su intensidad más destacados en los años con alta precipitación. Suppiah y Hennessy (1998) estudiaron la precipitación diaria en Australia durante el periodo 1910-1990. La precipitación total aumentó y las precipitaciones intensas también durante el verano austral (noviembre-abril), aunque únicamente en el 10-20 % de las estaciones las tendencias resultaron

estadísticamente significativas. Durante el invierno también aumentaron, excepto en el suroeste de Australia y las islas Queensland.

Y por ultimo, en referencia a África, podemos citar trabajos aislados como el de Tarhule y Woo (1998) sobre la precipitación diaria en Nigeria, en el que demuestran una disminución de la precipitación intensa (agosto y septiembre) asociada a una disminución de la precipitación anual. Y también, trabajos como el de Benhamrouche *et al* (que se publicará en 2014) sobre la distribución espacial del índice de concentración diaria en el periodo 1970-2008 en Argelia.

CAPÍTULO III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

III. 1. Objetivos generales y específicos

En este capítulo se presentan se forma sintética los objetivos, general y específicos, que guiaron la presente investigación. En total, son un objetivo general, reflejado con exactitud en el propio título de la tesis doctoral, y siete objetivos específicos variados, analíticos, sinópticos, de tendencias y de correlación, todos ellos vinculados con la concentración diaria de la precipitación.

III. 1. 1. Objetivo general

El objetivo principal de este estudio es el análisis de la concentración diaria de la precipitación en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental.

La concentración diaria se analizará mediante el índice de concentración diaria de la precipitación y otros derivados.

III. 1. 2. Objetivos específicos

Los siete objetivos específicos son:

1. Calcular los valores del índice de Gini de la precipitación diaria en clases de 1 mm en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental.
2. Calcular los valores de los índices de concentración de la precipitación diaria en clases de 1, 5 y 10 mm en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental.
3. Analizar espacialmente los valores del índice de Gini y de los índices de concentración CI1, CI5 y CI10 de la precipitación diaria en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental.

4. Correlacionar los distintos índices de concentración entre ellos en diferentes periodos.
5. Analizar las tendencias de los valores anuales del índice de concentración diaria de la precipitación (CII) en la cuenca del Mediterráneo occidental entre los años 1951 y 2010.
6. Analizar sinópticamente los años extremos de 7 observatorios elegidos en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en cuanto a concentración diaria de la precipitación, entre los años 1970 y 2010.
7. Correlacionar los valores interanuales del índice de concentración diaria de la precipitación CII con variables geográficas y pluviométricas (latitud, longitud, precipitación total anual, número anual de días de precipitación, etc.).

III. 2. Hipótesis

La presente investigación intenta dar respuesta a las siguientes hipótesis de trabajo:

H1. Los valores de la concentración diaria de la precipitación en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental son altos.

H2. Los valores de la concentración diaria de la precipitación son más elevados en la ribera africana que en la europea.

H3. La concentración diaria de la precipitación ha aumentado.

H4. Un índice (CI) alto coincide con una frecuencia del tipo sinóptico ciclónico (C) alta y una frecuencia del tipo anticiclónico (A) baja, y viceversa.

Las hipótesis H1 y H2 se sustentan en el carácter mediterráneo o subtropical de la cuenca de estudio, intensificado hacia el sur. La hipótesis H3 se basa en los efectos más plausibles del calentamiento global en el ciclo hidrológico y en el área de estudio. Por último, la hipótesis H4 vincula concentración pluviométrica diaria alta con depresiones marcadas y valores bajos con anticiclones y situaciones similares.

Tales hipótesis serán aceptadas, una vez confirmadas, al final del trabajo, o, en caso contrario, rechazadas.

CAPÍTULO IV. EL ÁREA DE ESTUDIO: EL LITORAL DE LA CUENCA DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

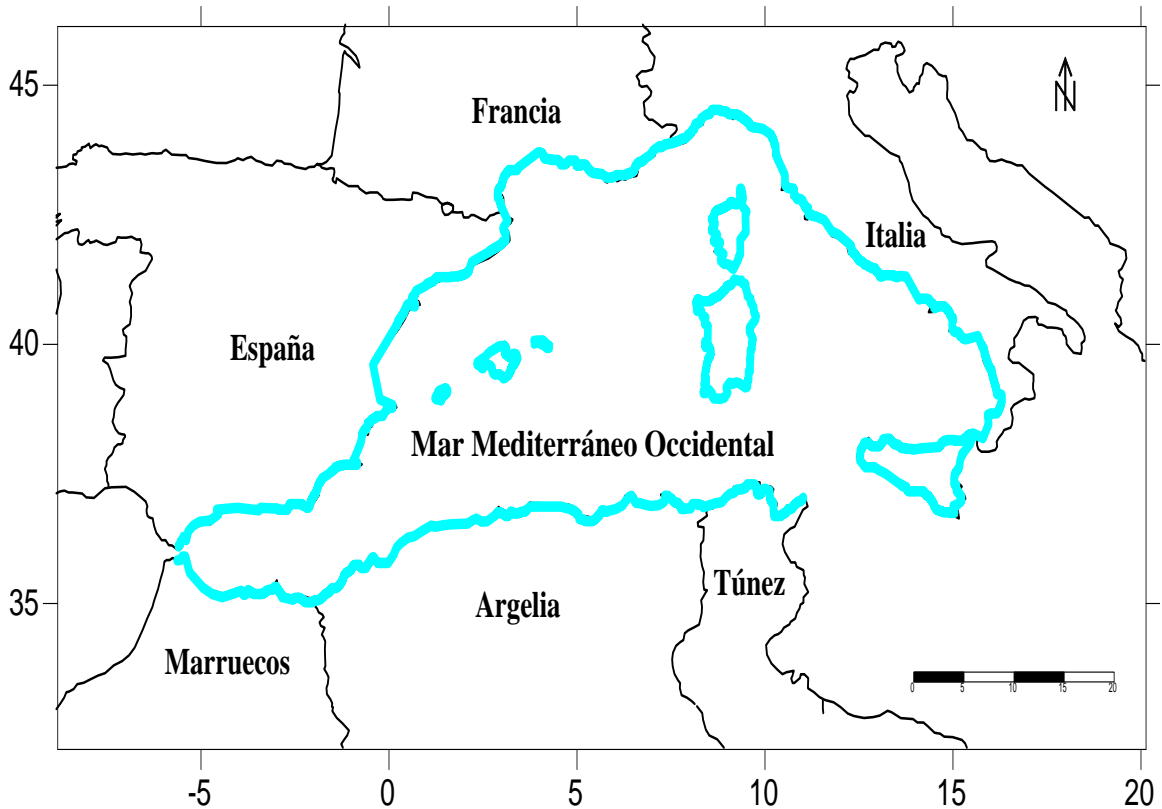
IV. 1. Ubicación geográfica

El área de estudio lo constituyen las zonas litorales de la cuenca del Mediterráneo occidental y las islas de tamaño considerable (las Baleares, Córcega, Cerdeña y Sicilia) dentro de la cuenca. Los observatorios meteorológicos considerados distan como máximo 40 km del mar Mediterráneo, excepto el observatorio de Murcia, a 42 km, y tienen una altitud igual o inferior a 220 metros, excepto el observatorio de Miliana, con 715 m.

El área de estudio está comprendida entre punta de Tarifa y punta Cires, en el estrecho de Gibraltar con una longitud de 5° W y el cabo Bon y Marsala, en el canal de Sicilia, situado más allá de 10° E, respectivamente. Se extiende de sur a norte entre las latitudes 35° S y 45° N (figura 1). Está totalmente rodeada por relieves montañosos y salpicada de islas de tamaño considerable. Las distancias entre los lugares más alejados del área de estudio son de 869 km de norte a sur, de Marsella a Orán, y de 1571 km de este a oeste, de Nápoles a Gibraltar, respectivamente. Estas cifras dan una idea de la extensión del territorio, la cual es de 821300 km². La profundidad media de la cuenca marina es de 1500 m (Miller, 1983). Esta área tiene unas longitudes de línea de costa de 1633 km en España, 1240 Km en las Baleares, de 900 km en Francia, 1000 Km en Córcega, 1470 km en Italia, 1930 Km en Cerdeña, 890 km en Sicilia, 350 km en Túnez, 1280 km en Argelia y de 512 km en Marruecos, aproximadamente.

En el Mediterráneo occidental, se pueden distinguir algunas regiones geográficas notables como son el mar Tirreno, situado frente a las costas occidentales de Italia; el mar Balear, entre las costas de Cataluña y las islas Baleares; el golfo de León, el golfo

de Génova y el mar de Alborán, al frente de las costas africanas. Además, el Mediterráneo occidental se divide en dos cuencas importantes: parte este, cuenca del Tirreno, con una profundidad máxima de 3731 m; y parte oeste, cuenca de Baleares, con una profundidad máxima de 2800 m) (Defant, 1961).



Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Mapa de localización geográfica del litoral Mediterráneo occidental.

IV. 2. Características geográficas y climatológicas de la cuenca del Mediterráneo occidental

En este apartado, se pretende dar tan solo una pincelada acerca de las principales características climáticas en el Mediterráneo occidental. El área de estudio tiene un clima “templado”, caracterizado por inviernos moderados y lluviosos y veranos secos y calurosos (Planeta/Rand McNally, 1995). Todo el Mediterráneo occidental queda durante la época estival influido por el este del anticiclón atlántico de las Azores. En invierno, debido a la situación mucho más meridional de las altas presiones atlánticas, la actividad ciclónica afecta de pleno al tiempo del Mediterráneo, trayendo lluvias y frentes. Habitualmente estos frentes, la mayoría de origen atlántico, franquean el área

estudiada en dirección noroeste-sudeste (NW-SE), mientras que las depresiones o ciclones tienen un origen y una dirección muy variable. La pluviometría de las diferentes regiones del Mediterráneo occidental varía mucho, tal y como se observa en la relación siguiente:

Costa mediterránea francesa	524-883 mm
Costa mediterránea española	150-800 mm
Costa mediterránea marroquí (Melilla)	405 mm
Costa mediterránea argelina	347-772 mm
Costa mediterránea tunecina	459-549 mm
Costa mediterránea italiana	405-1285 mm
Ajaccio	651 mm
Palma	420 mm

La temperatura del aire en el litoral del Mediterráneo occidental tiene su máximo en el mes de agosto (26 °C) y su mínimo en enero, lo que puede llegar a valores próximos a los 9 °C, como consecuencia del efecto termorregulador del mar. La amplitud térmica diaria puede ser moderada, especialmente en invierno y llegar a los 15 °C. El verano es la época más calurosa. La época de aridez dura entre tres y cinco meses, en los que la evapotranspiración debida al calor supera a las precipitaciones, y, por lo tanto, se hace a costa de la reserva de agua. Esta circunstancia provoca que, recurrentemente, la sequía sea uno de los problemas de los países del Mediterráneo occidental.

La complicada orografía que rodea la cuenca del Mediterráneo occidental (las Béticas, los Pirineos, los Alpes marítimos, los Apeninos, los relieves insulares, el Atlas, el Rif, etc.), presenta un comportamiento climático singular. En el área de estudio el máximo pluviométrico otoñal es claro en el litoral oriental de la Península Ibérica, pero en muchos otros litorales el máximo es invernal (por ejemplo, en Nápoles, en Málaga, etc.). Los vientos del este son húmedos en la costa este de España, pero no en la costa occidental de Italia, donde son terrales, todo esto viene justificado por la disposición de la costa, en cuanto a su orientación, tan variada en el área de estudio (hay costas que miran al N, al S, al E, al W, etc.). El clima mediterráneo típico el máximo es invernal y el mínimo estival, pero en algunos litorales de la cuenca del Mediterráneo occidental esto no se cumple y el otoño pasa al primer lugar, por la anomalía térmica positiva de

las aguas de la cuenca, tras un largo verano. En este momento, la presencia de una “gota fría” o de un frente de aire frío puede originar que las precipitaciones se vuelvan torrenciales y suelen provocar inundaciones (Estrela *et al.*, 2000, Egozcue y Ramis, 2001; Peñarrocha *et al.*, 2002). Como se ha encontrado (Luna *et al.*, 2001; Valero *et al.*, 2004), hay una relación entre la precipitación en la cuenca del Mediterráneo occidental y las anomalías de circulación atmosférica a gran escala en otoño identificando dos patrones que gobiernan la precipitación en esta zona. Sin embargo, la relación existente entre la circulación atmosférica a gran escala y la precipitación en el máximo secundario de primavera ha sido menos analizada.

CAPÍTULO V. SERIES DE DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA

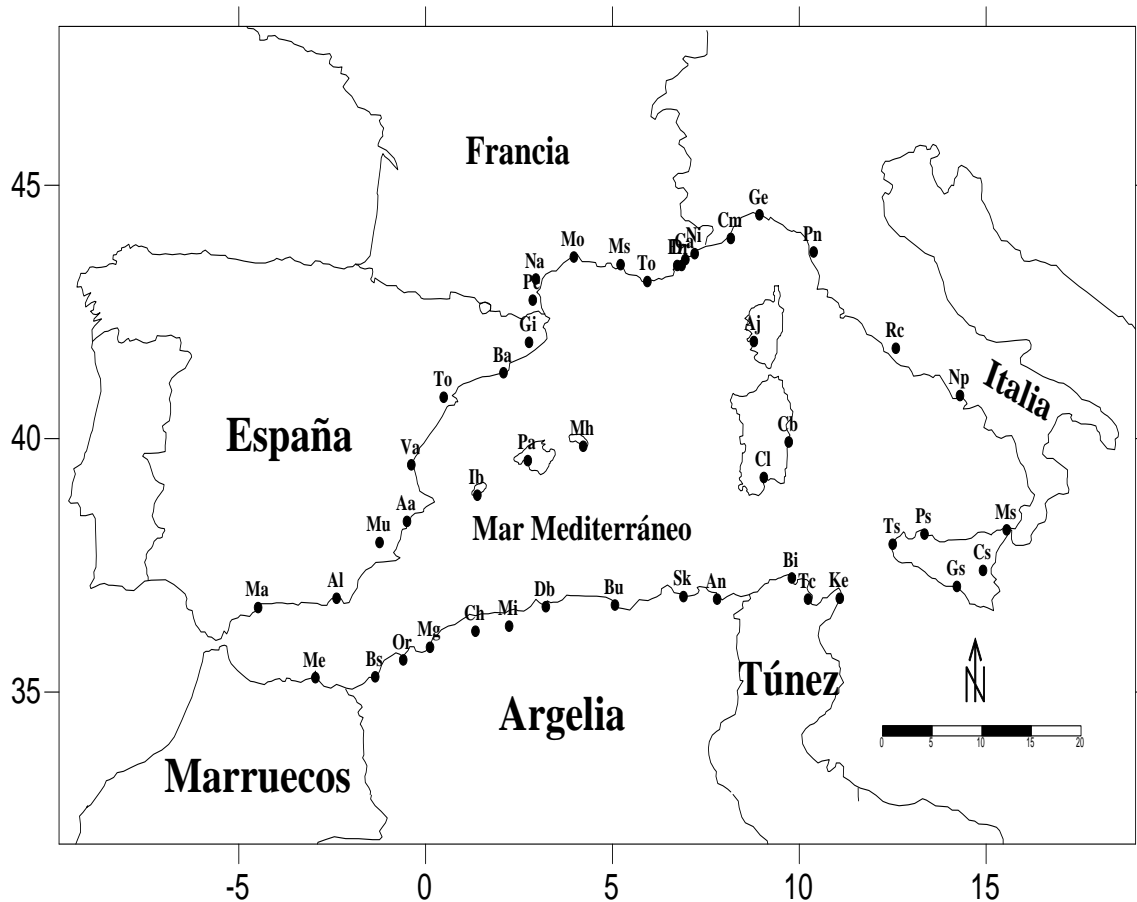
V. 1. Localización de los observatorios meteorológicos en el área de estudio

Los 46 observatorios meteorológicos empleados en la presente investigación se encuentran repartidos de forma relativamente homogénea a lo largo de las tierras litorales de la cuenca del Mediterráneo occidental y de las islas Baleares, Córcega, Cerdeña y Sicilia, distando, como máximo, 42 kilómetros del mar Mediterráneo. El periodo básico de análisis es el 1951-2010. La costa mediterránea española está representada por ocho observatorios meteorológicos mientras que el número asciende a nueve en el caso de la costa mediterránea francesa y la costa mediterránea argelina. En el territorio italiano, se encuentran ubicados un total de doce observatorios distribuidos en el mismo, incluyendo también las islas de Sicilia con cinco observatorios y Cerdeña con dos observatorios. En las tres islas españolas indicadas (Menorca, Mallorca e Ibiza), se encuentran tres observatorios, uno por cada isla; y en referencia a la isla francesa de Córcega, constatamos que está representada por un observatorio. En el litoral tunecino, se localizan tres observatorios, mientras que la costa mediterránea marroquí está representada por un solo observatorio meteorológico, el español de Melilla (figura 2). Todos pertenecen a los servicios meteorológicos oficiales de cada país.

Las series analizadas constituyen una muestra representativa de la orografía y diversidad geográfica presente en el litoral de la cuenca del mar Mediterráneo occidental (tabla 1).

1. Un total de veintinueve de los 46 observatorios meteorológicos empleados en este estudio (63 %) se encuentran entre los 50 metros de altitud y el nivel del mar (Barcelona, Ibiza, Skikda, Bizerta, Pisa Norte, Cannes, etc.).
2. Ocho (17 %) de ellos se sitúan en altitudes entre los 50 y 100 metros sobre nivel del mar (Orán, Mesina [Sicilia], Murcia, Alicante, Nápoles, etc.).

3. Siete (15 %) de ellos se sitúan en altitudes entre los 100 y 200 metros (Chlef, Roma, Narbona, Gerona, etc.).
4. Dos (4,4 %) de los 46 observatorios meteorológicos empleados en este estudio se encuentran a más de 200 metros de altura (Capo Mele, con 220 m.s.n.m y Miliana, con 715 m.s.n.m).



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Situación geográfica de los observatorios meteorológicos en el área de estudio.

La descripción más detallada de las series analizadas aparece en la tabla 1, en la que se recoge el código propio usado por nosotros en cada caso, las coordenadas geográficas, la altura del observatorio (m), la distancia al mar (km) y la precipitación media anual (mm).

Tabla 1. Código, coordenadas geográficas, altura (m), distancia al mar (km) y precipitación media anual de cada observatorio (mm).

Observatorios	Código	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Distancia al mar (km)	P anual (mm)
Alicante	Aa	38° 22'	-0°30'	82	3,2	339
Almería	Al	36° 51'	-2°23'	21	1,5	216
Barcelona	Ba	41° 18'	2°05'	6	2,1	599
Gerona	Gi	41° 54'	2°46'	129	24	774
Ibiza	Ib	38°52'35"	01°23'04"	3	1,8	409
Mahón	Mh	39°51'17"	4°12'56"	91	2,1	581
Málaga	Ma	36°40'	-04°29'17"	7	2,9	571
Melilla	Me	35°16'40"	-02°57'19"	47	1,7	405
Murcia	Mu	37°57'	-1°14'	75	42	299
Palma	Pa	39°33'39"	2°44'12"	8	2,1	420
Tortosa	To	40°49'	-0°29'	50	18,2	556
Valencia	Va	39°29'	-0°23'	11	5,2	472
Ajaccio	Aj	41°55'	8°47'30"	5	0,3	651
Cannes	Ca	43°32'42"	6°57'12"	2	0,7	883
Le Dramont	Dr	43°24'48"	6°51'06"	129	0,2	820
Fréjus	Fr	43°25'24"	6°44'12"	7	0,9	814
Marsella	Ms	43°26'12"	5°12'54"	9	11	524
Montpellier	Mo	43°34'36"	3°57'42"	2	4	696
Narbona	Na	43°09'	2°57'18"	110	14,5	668
Niza	Ni	43°38'54"	7°12'30"	2	0,1	813
Perpiñán	Pe	42°44'12"	2°52'18"	42	14	587
Tolón	To	43°06'12"	5°55'48"	23	0,1	675
Cagliari	Cl	39°14'	09°03'	21	5,1	438
Catania Sigonella	Cs	37°24'	14°55'12"	22	15,2	487
Capo bellavista	Cb	39°55'48"	9°43'12"	138	0	394
Capo Mele	Cg	43°57'	08°10'12"	220	0,1	643
Génova	Ge	44°24'53"	8°55'35"	55	0,3	1285
Nápoles	Np	40°51'	14°18'	88	1,6	1094
Pisa Norte	Pn	43°40'59"	10°22'59"	2	8	960
Roma	Rc	41°47'	12°35'	105	27,7	798
Gela Sicilia	Gs	37°04'48"	14°13'12"	11	0,9	405
Mesina (Sicilia)	Ms	38°12'	15°33'	59	1,7	894
Palermo (Sicilia)	Ps	38°06'37"	13°21'05"	37	2,6	896
Trapani (Sicilia)	Ts	37°55'12"	12°30'	7	0,5	635
Túnez-Cartago	Tc	36°49'48"	10°13'48"	3	6,4	459
Bizerta	Bi	37°15'	09°48'	5	7,4	549
Kélibia	Ke	36°51'	11°04'48"	29	2,2	481
Annaba	An	36° 50'	7° 48'	3	2,1	661
Skikda	Sk	36°53'	06°54'	2	0	747
Bugía	Bu	36°43'	05°04'	2	0	772

Dar el Baída	Db	36°41'	03°13'	25	7,6	671
Chlef	Ch	36°12'	01°20'	143	35,6	397
Mostaganem	Mg	35°53'	00°07'	137	6,4	362
Miliana	Mi	36°18'	02°14'	715	34	432
Orán	Or	35°38'	-00°36'	90	9	377
Beni Saf	Bs	35°18'	-01°21'	68	2,1	347

Fuente: elaboración propia

V. 2. Fuente de series de datos escogidos

Los observatorios meteorológicos empleados en la presente investigación son gestionados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), por Météo-France, por la Oficina Nacional de Meteorología de Argelia (ONM), y por el proyecto “*The European Climate Assessment & Dataset*” (ECA) (http://eca.knmi.nl/countries/country_overview.php). En el listado de los observatorios meteorológicos que se detalla a continuación en las tablas (2 y 3), se puede observar que hay una gran diversidad de amplitud de las series climáticas utilizadas, algunas no continuas. Los periodos de registro son variados, dependiendo del observatorio en cuestión.

Tabla 2. Código, periodo de registro escogido, años, entidad y el país de cada una de las series.

Código	Fecha	Años	Entidad	País
Aa	01/01/1951-31/12/2010	60	AEMET	España
Al	01/01/1951-31/12/2010	60	AEMET	España
Ba	01/01/1951-31/12/2010	60	AEMET	España
Gi	01/01/1951-31/12/2010	60	AEMET	España
Ib	01/01/1952-31/12/2010	59	AEMET	España
Mh	01/01/1965-31/12/2010	46	AEMET	España
Ma	01/01/1951-31/12/2010	60	AEMET	España
Me	01/01/1970-31/12/2010	40	AEMET	España
Mu	01/01/1951-31/12/2010	60	AEMET	España
Pa	01/01/1972-31/12/2010	38	AEMET	España
To	01/01/1951-31/12/2010	60	AEMET	España
Va	01/01/1951-31/12/2010	60	AEMET	España
Aj	01/01/1951-31/12/2010	60	Météo-France	Francia
Ca	01/01/1951-31/12/2010	60	Météo-France	Francia
Dr	01/06/1966-31/12/2010	45	Météo-France	Francia
Fr	01/01/1951-31/12/2010	60	Météo-France	Francia

Ms	01/01/1981-31/12/2010	30	Météo-France	Francia
Mo	01/01/1951-31/12/2010	60	Météo-France	Francia
Na	01/01/1989-31/12/2010	22	Météo-France	Francia
Ni	01/01/1951-31/12/2010	60	Météo-France	Francia
Pe	01/01/1951-31/12/2010	60	Météo-France	Francia
To	01/01/1951-31/12/2010	60	Météo-France	Francia
Cl	01/01/1951-31/12/2010	60	ECA	Italia
Cs	01/01/1960-31/12/2010	51	ECA	Italia
Cb	01/01/1973-31/12/2010	38	ECA	Italia
Cm	01/01/1981-31/12/2010	30	ECA	Italia
Ge	01/01/1951-31/12/2008	58	ECA	Italia
Np	01/01/1973-31/12/2010	38	ECA	Italia
Pn	01/01/1973-31/12/2010	38	ECA	Italia
Rc	01/01/1951-31/12/2008	58	ECA	Italia
Gs	01/01/1973-31/12/2010	38	ECA	Italia
Ms	01/01/1973-31/12/2010	38	ECA	Italia
Ps	01/01/1973-31/12/2010	38	ECA	Italia
Ts	01/01/1973-31/12/2010	38	ECA	Italia
Tc	01/01/1973-31/12/2010	38	ECA	Túnez
Bi	01/01/1973-31/01/2010	37	ECA	Túnez
Ke	01/01/1973-31/12/2010	38	ECA	Túnez
An	01/01/1951-31/12/2010	60	ONM	Argelia
Sk	01/01/1956-31/12/2010	55	ONM	Argelia
Bu	01/01/1970-31/12/2010	41	ONM	Argelia
Db	01/01/1951-31/12/2010	60	ONM	Argelia
Ch	01/01/1951-31/12/2010	60	ONM	Argelia
MG	01/01/1976-31/12/2010	35	ONM	Argelia
Mi	01/01/1971-31/12/2010	40	ONM	Argelia
Or	01/01/1951-31/12/2010	60	ONM	Argelia
Bs	01/01/1981-31/12/2010	30	ONM	Argelia

Fuente: elaboración propia.

V. 3. Calidad de series de datos escogidos

Una de las principales dificultades en el estudio del clima es la disponibilidad muy limitada de conjuntos de series de datos diarios fiables (series diarias largas y sin demasiadas lagunas). Tal necesidad deriva, sobre todo, del objetivo de analizar las tendencias y las variaciones del clima y, en algún caso, los cambios climáticos. Aunque Europa es una de las regiones del mundo con una red densa de estaciones meteorológicas de más de cien años, como es el caso de Barcelona, Génova, Perpiñán, etc., esta red está todavía en fase de desarrollo en la región del sur del Mediterráneo y,

más concretamente, en el norte de África. Otros problemas derivan del hecho de que en la serie de observaciones diarias para analizar los valores extremos suelen faltar muchos datos y son difíciles de restaurar.

Las series de datos diarios de precipitación utilizadas en la presente investigación son de gran calidad y completas, con ausencia total de huecos, en el caso de las gestionadas por Météo-France y de algunas gestionadas por el proyecto “*The European Climate Assessment & Dataset*” (ECA), como en el caso de Cagliari, Catania Sigonella, Génova y Roma. Además, en el resto de las series, los datos registrados superan el 90 % del registro total, excepto el observatorio de Mahón, con 86,3 % (tabla.3). En las series completas se encuentra el volumen máximo de datos diarios para el periodo 1951-2010, que es de 21915 registros, mientras que, para el periodo 1981-2010, es de 10957 registros. El periodo temporal empleado para el desarrollo de la presente investigación ha sido de más de treinta años (oscila entre treinta y sesenta años), de acuerdo con los criterios mínimos señalados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Las series de treinta años se extienden desde enero de 1981 hasta diciembre de 2010 (Marsella, Capo Mele, Beni Saf), las series completas se extienden desde enero de 1951 hasta diciembre de 2010 (Annaba, Barcelona, Niza, etc.) y el resto de las series poseen un periodo de registro menor, con un cierto número de huecos en algunas estaciones, e incluso dos décadas entre 1951-1973. Generalmente, las series que tiene menos datos se encuentran gestionadas por el proyecto “*The European Climate Assessment & Dataset*” (ECA) y por la Oficina Nacional de Meteorología de Argelia (ONM), como en los casos de Túnez-Cartago, Bizerta, Gela (Sicilia), Nápoles, Beni Saf, Bugía, etc. (tabla.3). La elección del periodo (1951-2010) de la presente investigación viene justificada por la abundancia de registros pluviométricos en los observatorios meteorológicos presentes en la zona de estudio.

Tabla 3. Número de datos faltantes de la precipitación diaria en el periodo de estudio de 1951 a 2010. (Elaboración propia).

Observatorios	Datos teóricos	Datos reales	Datos (%)	Datos perdidos (%)
Alicante	21915	21399	97,6	2,4
Almería	21915	21484	98,0	2,0
Barcelona	21915	21260	97,0	3,0
Gerona	21915	21279	97,1	2,9
Ibiza	21550	19729	91,5	8,5
Mahón	16801	14491	86,3	13,7
Málaga	21915	20993	95,8	4,2
Melilla	14975	13918	92,9	7,1
Murcia	21915	20075	91,6	8,4
Palma	14245	13232	92,9	7,1
Tortosa	21915	21029	96,0	4,0
Valencia	21915	21301	97,2	2,8
Ajaccio	21915	21915	100	0
Cannes	21915	21915	100	0
Le Dramont	16285	16285	100	0
Fréjus	21915	21915	100	0
Marsella	10957	10957	100	0
Montpellier	21915	21915	100	0
Narbona	8035	8035	100	0
Niza	21915	21915	100	0
Perpiñán	21915	21915	100	0
Tolón	21915	21915	100	0
Cagliari	21915	21915	100	0
Catania Sigonella	18628	18628	100	0
Capo bellavista	13879	13347	96,2	3,8
Capo Mele	10957	10939	99,8	0,2
Génova	21185	21185	100	0
Nápoles	13879	13868	99,9	0,1
Pisa Norte	13879	13874	100,0	0,0
Roma	21185	21185	100	0
Gela (Sicilia)	13879	13418	96,7	3,3
Mesina (Sicilia)	13879	13787	99,3	0,7
Palermo (Sicilia)	13879	13868	99,9	0,1
Trapani (Sicilia)	13879	13807	99,5	0,5
Túnez-Cartago	13879	13427	96,7	3,3
Bizerta	13514	13144	97,3	2,7
Kélibia	13879	13454	96,9	3,1
Annaba	21915	21060	96,1	3,9
Skikda	20089	19031	94,7	5,3
Bugía	14975	14589	97,4	2,6
Dar el Baída	21915	20629	94,1	5,9

Chlef	21915	20179	92,1	7,9
Mostaganem	12784	11677	91,3	8,7
Miliana	14610	14372	98,4	1,6
Orán	21915	21122	96,4	3,6
Beni Saf	10957	10276	93,8	6,2

CAPÍTULO VI. METODOLOGÍA: LA CONCENTRACIÓN DIARIA DE LA PRECIPITACIÓN, EL ÍNDICE DE GINI (IG1), EL ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN (CI) Y OTROS MÉTODOS COMPLEMENTARIOS

VI. 1. Metodología para calcular los índices de concentración diaria de la precipitación

Es sabido que la distribución de frecuencias de las cantidades diarias de precipitación es ajustable mediante curvas exponenciales negativas (Brooks y Carruthers, 1953), ya que existen muchos días con precipitaciones escasas, inferiores a 1 mm, y pocos con precipitaciones altas, descendiendo la frecuencia de forma exponencial. Con el objeto de evaluar la contribución relativa de los días más lluviosos, hemos seguido la metodología del índice de concentración diaria de la precipitación “*Concentration Index*” (CI) propuesta por (Martin-Vide, 2004). El CI se utiliza para medir la irregularidad y la concentración de las precipitaciones diarias, determinando la contribución relativa de los días de lluvia a la cantidad total de lluvia. Es similar al índice de Gini aplicado a las llamadas en estadística curvas de Lorenz.

VI. 1. 1. Los índices IG1 y CI1

Para el cálculo de los índices de concentración diaria de la precipitación a resolución más fina, de 1 mm, se comienza clasificando las cantidades diarias de precipitación en clases de longitud 1 mm, comenzando por la [0,1-0,9], en orden creciente, [1,0-1,9], [2,0-2,9], etc. La distribución de frecuencias resultante muestra claramente una forma exponencial negativa. A continuación, se procede de la forma que resume la tabla 4, donde se presenta el ejemplo de Montpellier (período 1951-2010).

En la primera columna, se sitúan las clases mencionadas, hasta la que contiene la cantidad diaria de precipitación más alta registrada, y en la segunda, las marcas de las clases (**ma**). En la tercera columna, **n_i**, se expresan las frecuencias absolutas de cada clase o el número de días de precipitación registrados en cada clase, y en la cuarta, **Σ n_i**, las frecuencias absolutas acumuladas, siendo el último valor el número total de días de precipitación de todo el período de estudio, que tiene que ser el mismo que el número total de días de precipitación o suma de la clase anterior. Así, por ejemplo, en 60 años, se han registrado 2053 días de lluvia con cantidades que van desde 0,1 hasta 0,9 mm; y 703 han presentado cantidades que van desde 1,0 hasta 1,9 mm, etc. El día más lluvioso se encuentra entre 187,0 y 187,9 mm. En total, ha habido 5641 días de lluvia (la suma de la tercera columna). Los valores de la quinta columna, **P_i**, se obtienen multiplicando, clase por clase, los de la segunda columna por los de la tercera, siendo así la cantidad total de precipitación aportada por cada clase (aproximadamente, dado que se ha sustituido cada valor por la marca de la clase). La sexta columna, **Σ P_i**, contiene los valores acumulados de la anterior, siendo el valor de la última clase la cantidad total de precipitación registrada durante el período de estudio (1951-2010), es decir 41814,5 mm. Por último, en la séptima y octava columna se indican los porcentajes de los valores de las columnas cuarta y sexta, respecto a los valores de sus últimas filas, respectivamente, **Σ n_i (%) = X** y **Σ P_i (%) = Y**. La representación de los valores de las últimas columnas, (**X, Y**), da lugar a una línea poligonal marcadamente exponencial positiva, llamada curva de concentración, o de Lorenz. Sobre ella, puede calcularse el conocido en Estadística como índice de Gini, IG1. Este índice se utiliza para evaluar la contribución relativa de los días más lluviosos al volumen total pluviométrico. En la figura 3, se presentan dos curvas de concentración, o de Lorenz, de las estaciones de Montpellier y Annaba, con índices de Gini (IG1) apreciablemente diferentes.

Tabla 4. Distribución de frecuencias en clase de 1 mm del número de días de precipitación, frecuencias acumuladas (X) y porcentajes acumulados correspondientes de la precipitación aportada (Y) en Montpellier (1951-2010).

lim.sup.	ma	ni	$\sum ni$	ma*ni	$\sum ma*ni$	$\% \sum ni=X$	$\% \sum ma*ni=Y$
0,9	0,5	2053	2053	1026,5	1026,5	36,39	2,45
1,9	1,5	703	2756	1054,5	2081	48,86	4,98
2,9	2,5	428	3184	1070	3151	56,44	7,54
3,9	3,5	326	3510	1141	4292	62,22	10,26
4,9	4,5	229	3739	1030,5	5322,5	66,28	12,73
5,9	5,5	202	3941	1111	6433,5	69,86	15,39
6,9	6,5	175	4116	1137,5	7571	72,97	18,11
7,9	7,5	147	4263	1102,5	8673,5	75,57	20,74
8,9	8,5	108	4371	918	9591,5	77,49	22,94
9,9	9,5	104	4475	988	10579,5	79,33	25,30
10,9	10,5	83	4558	871,5	11451	80,80	27,39
11,9	11,5	67	4625	770,5	12221,5	81,99	29,23
12,9	12,5	63	4688	787,5	13009	83,11	31,11
13,9	13,5	72	4760	972	13981	84,38	33,44
14,9	14,5	70	4830	1015	14996	85,62	35,86
15,9	15,5	66	4896	1023	16019	86,79	38,31
16,9	16,5	54	4950	891	16910	87,75	40,44
17,9	17,5	41	4991	717,5	17627,5	88,48	42,16
18,9	18,5	43	5034	795,5	18423	89,24	44,06
19,9	19,5	33	5067	643,5	19066,5	89,82	45,60
20,9	20,5	44	5111	902	19968,5	90,60	47,75
21,9	21,5	28	5139	602	20570,5	91,10	49,19
22,9	22,5	28	5167	630	21200,5	91,60	50,70
23,9	23,5	25	5192	587,5	21788	92,04	52,11
24,9	24,5	25	5217	612,5	22400,5	92,48	53,57
25,9	25,5	27	5244	688,5	23089	92,96	55,22
26,9	26,5	24	5268	636	23725	93,39	56,74
27,9	27,5	21	5289	577,5	24302,5	93,76	58,12
28,9	28,5	23	5312	655,5	24958	94,17	59,69
29,9	29,5	23	5335	678,5	25636,5	94,58	61,31
30,9	30,5	18	5353	549	26185,5	94,89	62,62
31,9	31,5	16	5369	504	26689,5	95,18	63,83
32,9	32,5	12	5381	390	27079,5	95,39	64,76
33,9	33,5	11	5392	368,5	27448	95,59	65,64
34,9	34,5	17	5409	586,5	28034,5	95,89	67,04
35,9	35,5	8	5417	284	28318,5	96,03	67,72
36,9	36,5	12	5429	438	28756,5	96,24	68,77
37,9	37,5	8	5437	300	29056,5	96,38	69,49
38,9	38,5	10	5447	385	29441,5	96,56	70,41
39,9	39,5	10	5457	395	29836,5	96,74	71,35
40,9	40,5	7	5464	283,5	30120	96,86	72,03
41,9	41,5	10	5474	415	30535	97,04	73,02
42,9	42,5	4	5478	170	30705	97,11	73,43
43,9	43,5	4	5482	174	30879	97,18	73,85
44,9	44,5	4	5486	178	31057	97,25	74,27
45,9	45,5	6	5492	273	31330	97,36	74,93
46,9	46,5	2	5494	93	31423	97,39	75,15
47,9	47,5	5	5499	237,5	31660,5	97,48	75,72
48,9	48,5	5	5504	242,5	31903	97,57	76,30

49,9	49,5	11	5515	544,5	32447,5	97,77	77,60
50,9	50,5	2	5517	101	32548,5	97,80	77,84
51,9	51,5	7	5524	360,5	32909	97,93	78,70
52,9	52,5	6	5530	315	33224	98,03	79,46
53,9	53,5	8	5538	428	33652	98,17	80,48
54,9	54,5	5	5543	272,5	33924,5	98,26	81,13
55,9	55,5	6	5549	333	34257,5	98,37	81,93
56,9	56,5	6	5555	339	34596,5	98,48	82,74
57,9	57,5	8	5563	460	35056,5	98,62	83,84
58,9	58,5	5	5568	292,5	35349	98,71	84,54
59,9	59,5	2	5570	119	35468	98,74	84,82
60,9	60,5	5	5575	302,5	35770,5	98,83	85,55
61,9	61,5	2	5577	123	35893,5	98,87	85,84
62,9	62,5	2	5579	125	36018,5	98,90	86,14
64,9	64,5	4	5583	258	36276,5	98,97	86,76
66,9	66,5	3	5586	199,5	36476	99,02	87,23
67,9	67,5	2	5588	135	36611	99,06	87,56
68,9	68,5	4	5592	274	36885	99,13	88,21
69,9	69,5	1	5593	69,5	36954,5	99,15	88,38
72,9	72,5	2	5595	145	37099,5	99,18	88,72
73,9	73,5	1	5596	73,5	37173	99,20	88,90
75,9	75,5	2	5598	151	37324	99,24	89,26
76,9	76,5	3	5601	229,5	37553,5	99,29	89,81
77,9	77,5	2	5603	155	37708,5	99,33	90,18
78,9	78,5	1	5604	78,5	37787	99,34	90,37
79,9	79,5	4	5608	318	38105	99,41	91,13
80,9	80,5	1	5609	80,5	38185,5	99,43	91,32
81,9	81,5	1	5610	81,5	38267	99,45	91,52
83,9	83,5	2	5612	167	38434	99,49	91,92
84,9	84,5	1	5613	84,5	38518,5	99,50	92,12
86,9	86,5	1	5614	86,5	38605	99,52	92,32
89,9	89,5	3	5617	268,5	38873,5	99,57	92,97
91,9	91,5	1	5618	91,5	38965	99,59	93,19
97,9	97,5	1	5619	97,5	39062,5	99,61	93,42
101,9	101,5	2	5621	203	39265,5	99,65	93,90
103,9	103,5	2	5623	207	39472,5	99,68	94,40
105,9	105,5	1	5624	105,5	39578	99,70	94,65
106,9	106,5	1	5625	106,5	39684,5	99,72	94,91
107,9	107,5	1	5626	107,5	39792	99,73	95,16
109,9	109,5	1	5627	109,5	39901,5	99,75	95,43
112,9	112,5	1	5628	112,5	40014	99,77	95,69
115,9	115,5	2	5630	231	40245	99,80	96,25
117,9	117,5	1	5631	117,5	40362,5	99,82	96,53
120,9	120,5	2	5633	241	40603,5	99,86	97,10
124,9	124,5	1	5634	124,5	40728	99,88	97,40
134,9	134,5	1	5635	134,5	40862,5	99,89	97,72
143,9	143,5	1	5636	143,5	41006	99,91	98,07
144,9	144,5	1	5637	144,5	41150,5	99,93	98,41
148,9	148,5	1	5638	148,5	41299	99,95	98,77
150,9	150,5	1	5639	150,5	41449,5	99,96	99,13
177,9	177,5	1	5640	177,5	41627	99,98	99,55
187,9	187,5	1	5641	187,5	41814,5	100,00	100,00
Suma		5641		41814,5		9425,19	7091,70

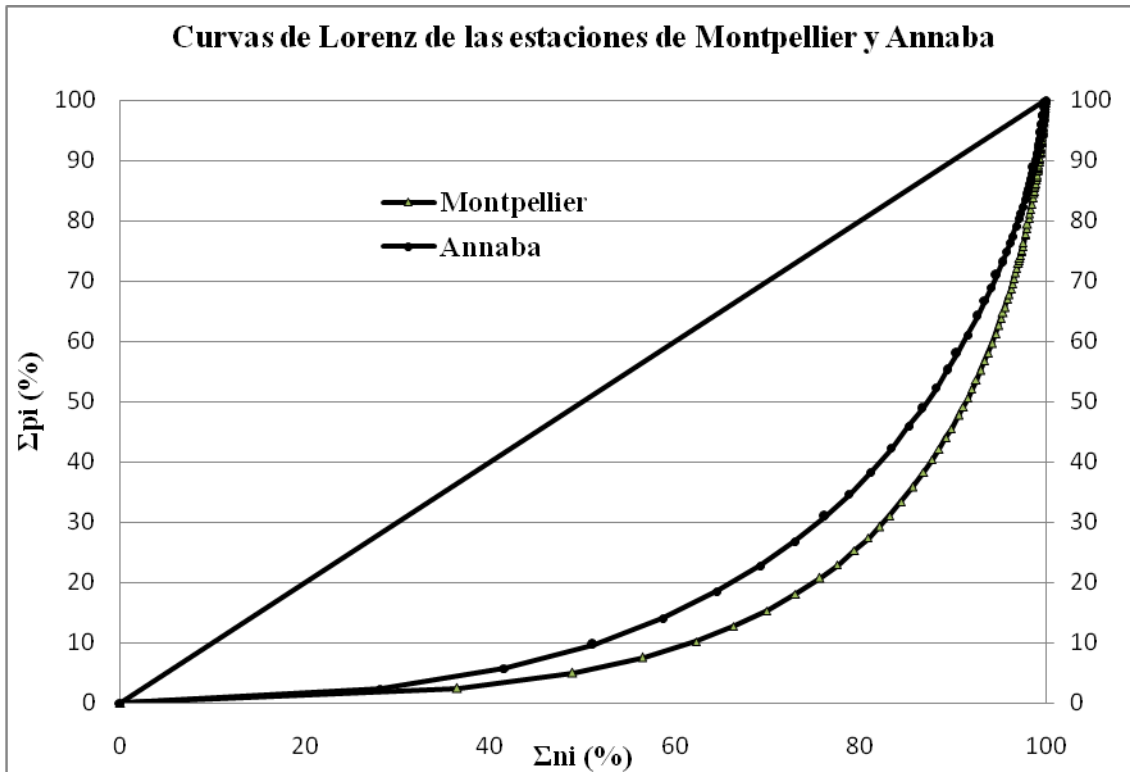


Figura 3. Curvas de concentración, o de Lorenz, de Montpellier y Annaba, para el período 1951-2010. La mayor separación de la recta de equidistribución de Montpellier, que posee un índice de Gini (IG1) de 0,70, evidencia una mayor concentración diaria de la precipitación que en Annaba, con índice de Gini (IG1) 0,61 (elaboración propia).

La línea de equidistribución (un caso ideal) representaría una distribución de la precipitación diaria perfectamente regular. Los valores extremos ideales del IG1 son **0** (todas las cantidades diarias iguales) y **1** (un solo día de precipitación). El índice IG1 representa el tanto por uno del área comprendida entre la recta de equidistribución, la curva exponencial y la ordenada $Y=100$, y el área del triángulo mencionado. Nótese que cuanto mayor sea el valor de IG1, más peso tendrán unos pocos días muy lluviosos en el total pluviométrico. La curva de concentración o de Lorenz de Montpellier muestra una separación alta respecto a la recta de equidistribución, lo cual indica una concentración notable de la precipitación diaria. La estación meteorológica de Montpellier representa una región con una alta concentración diaria de las cantidades de lluvia, mayor que en la estación de Annaba. Téngase en cuenta que en la estación meteorológica de Montpellier, el 10 % de los días más lluviosos representa el 53 % del volumen total (el 90 % de los días que quedan representa el 47 %) y, en la estación meteorológica de Annaba, el 10 % de los días más lluviosos representa el 43 % del volumen total (el 90 % de los días que quedan representa el 57 %).

Sin embargo, podemos perfeccionar las curvas de concentración o Lorenz de las estaciones meteorológicas de Montpellier y Annaba sustituyendo las poligonales por las curvas exponenciales que mejor las ajustan (Jolliffe y Esperanza, 1996). Los trabajos de Riehl (1949), Olascoaga (1950), Guilló y Puigcerver (1970) y Martín-Vide (2004) introdujeron el procedimiento de cálculo siguiente para el ajuste:

$$Y = aXe^{bx} \tag{1}$$

Las constantes **a** y **b** de la ecuación (1) pueden determinarse mediante mínimos cuadrados:

$$\ln a = \frac{\sum x_1^2 \sum \ln y_1 + \sum x_1 \sum x_1 \ln x_1 - \sum x_1^2 \sum \ln x_1 - \sum x_1 \sum x_1 \ln y_1}{N \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2} \tag{2}$$

$$b = \frac{N \sum x_1 \sum \ln y_1 + \sum x_1 \sum \ln x_1 - N \sum x_1 \ln x_1 - \sum x_1 \sum \ln y_1}{N \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2} \tag{3}$$

Siendo *N* el número de pares de valores.

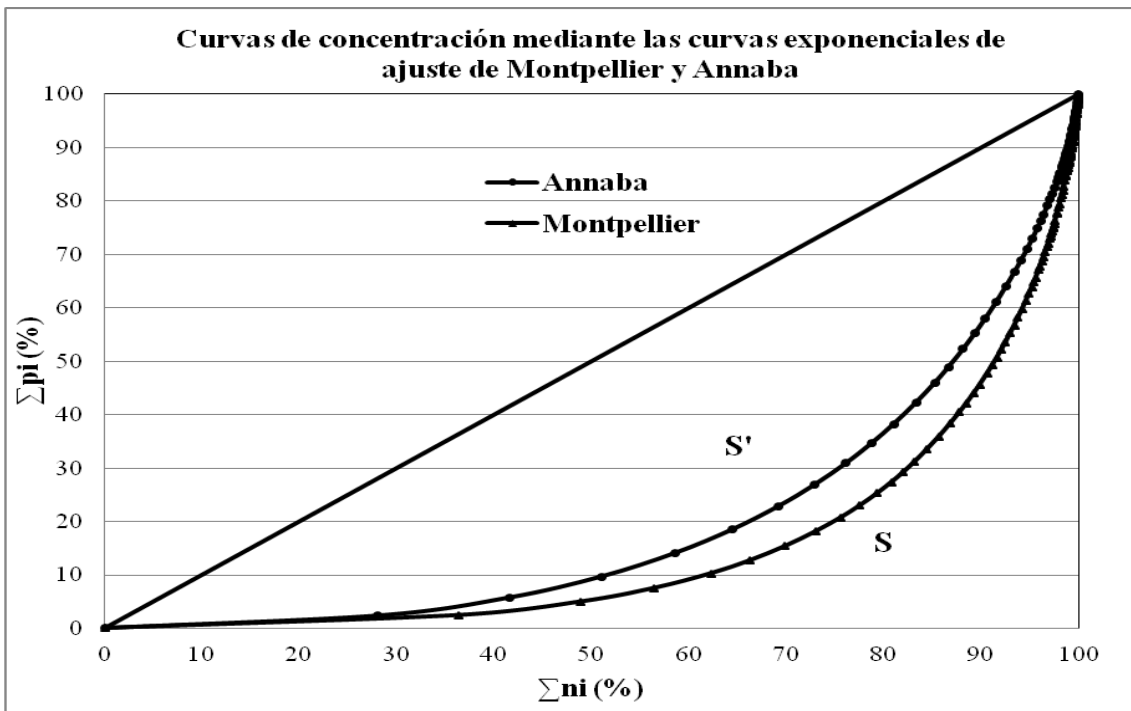


Figura 4. Curvas de concentración mediante las curvas exponenciales de ajuste de Montpellier y Annaba durante el período comprendido entre 1951 y 2010 (elaboración propia a partir de datos de *Météo-France*).

Una vez determinadas las dos constantes (**a**, **b**), la integral definida de la curva exponencial entre **0** y **100** muestra la superficie comprendida entre la curva, el eje de abscisas y la ordenada **100**, que equivale a lo siguiente:

$$s = \left[\frac{a}{b} e^{bx} \left(x - \frac{1}{b} \right) \right]_0^{100} \quad (4)$$

Así, se obtendrán los valores más elevados de **S** cuanto más se aproximen las curvas exponenciales a la recta de equidistribución. Como nuestro interés radica en evaluar la irregularidad o concentración pluviométrica diaria, es decir, la separación respecto a la recta de equidistribución, hay que restar **5000** (área del triángulo bajo la recta de equidistribución) y el valor obtenido en la ecuación (4), para así hallar el área comprendida entre la curva, la recta de equidistribución y la ordenada **Y=100 (S')**. Con esta superficie (figura 4) puede definirse el **CI** de la siguiente manera:

$$CI = (5000 - S) / 5000 \quad (5)$$

O simplemente: **CI = S' / 5000** (Martín-Vide, 2004)

De esta forma, se obtendrán valores más elevados en las estaciones meteorológicas que presentan mayor concentración en la precipitación diaria. Según las ecuaciones 2, 3 y 5, Montpellier presenta los valores de **a = 0,009**, **b = 0,045** y **CI1 = 0,69** y Annaba presenta los valores de **a = 0,031**, **b = 0,034** y **CI1 = 0,60**.

El uso de clases de 1 mm de longitud para el cálculo de los índices IG1 y CI1 puede considerarse costoso, no por el tiempo de cálculo, hoy mínimo, sino por la demanda de datos diarios de alta resolución y calidad. En sí, el IG1 y CI1 son muy sensibles a la calidad de los datos. Cuando en un observatorio no se han considerado o no se han registrado las cantidades más pequeñas, de unas décimas de mm (excluidos los valores inapreciables), o se han juntado las cantidades de dos días consecutivos, los valores de IG1 y CI1 obtenidos resultan anómalos, en general inferiores a los que corresponderían si se hubieran contabilizado todos los datos diarios. En este caso, hay que prescindir del observatorio.

VI. 1. 2. Los índices CI5 y CI10

La novedad metodológica del presente apartado respecto a Martín-Vide (2004) es la elección de clases de 5 mm y de 10 mm de longitud en lugar de 1 mm. Esto puede facilitar la aplicación del procedimiento estadístico a estaciones pluviométricas secundarias, cuyas cantidades diarias de precipitación no han sido medidas con precisión o no siempre se han registrado. Con el mismo procedimiento de cálculo indicado anteriormente, pueden hallarse índices de concentración diaria en base a curvas exponenciales del mismo tipo (figura 5) y clases de 5 mm, que se denominarán CI5 (tabla 5), y de 10 mm, CI10 (tabla 6). También podrán calcularse los índices de Gini, sobre los valores empíricos (X, Y) de clases de 5 mm, que se denominarán IG5, y de 10 mm, IG10. Sin embargo, los índices IG5 e IG10, en especial el IG10, según se ha visto en el trabajo de Benhamrouche y Martín-Vide (2012), muestran un comportamiento discrepante de IG1, CI1, CI5 y CI10, por lo que han sido excluidos de nuestro estudio.

Tabla 5. Distribución de frecuencias en clases de 5 mm del número de días de precipitación, frecuencias acumuladas (X) y porcentajes acumulados correspondientes de la precipitación aportada (Y) en Montpellier (1951-2010).

lim.sup.	ma	ni	$\sum ni$	ma*ni	$\sum ma*ni$	$\% \sum ni=X$	$\% \sum ma*ni=Y$
4,9	2,5	3739	3739	9347,5	9347,5	66,28	20,21
9,9	7,5	736	4475	5520	14867,5	79,33	32,14
14,9	12,5	355	4830	4437,5	19305	85,62	41,74
19,9	17,5	237	5067	4147,5	23452,5	89,82	50,71
24,9	22,5	150	5217	3375	26827,5	92,48	58,00
29,9	27,5	118	5335	3245	30072,5	94,58	65,02
34,9	32,5	74	5409	2405	32477,5	95,89	70,22
39,9	37,5	48	5457	1800	34277,5	96,74	74,11
44,9	42,5	29	5486	1232,5	35510	97,25	76,77
49,9	47,5	29	5515	1377,5	36887,5	97,77	79,75
54,9	52,5	28	5543	1470	38357,5	98,26	82,93
59,9	57,5	27	5570	1552,5	39910	98,74	86,29
64,9	62,5	13	5583	812,5	40722,5	98,97	88,04
69,9	67,5	10	5593	675	41397,5	99,15	89,50
74,9	72,5	3	5596	217,5	41615	99,20	89,97
79,9	77,5	12	5608	930	42545	99,41	91,98
84,9	82,5	5	5613	412,5	42957,5	99,50	92,88
89,9	87,5	4	5617	350	43307,5	99,57	93,63
94,9	92,5	1	5618	92,5	43400	99,59	93,83
99,9	97,5	1	5619	97,5	43497,5	99,61	94,04
104,9	102,5	4	5623	410	43907,5	99,68	94,93
109,9	107,5	4	5627	430	44337,5	99,75	95,86
114,9	112,5	1	5628	112,5	44450	99,77	96,10
119,9	117,5	3	5631	352,5	44802,5	99,82	96,87
124,9	122,5	3	5634	367,5	45170	99,88	97,66

134,9	132,5	1	5635	132,5	45302,5	99,89	97,95
144,9	142,5	2	5637	285	45587,5	99,93	98,56
149,9	147,5	1	5638	147,5	45735	99,95	98,88
154,9	152,5	1	5639	152,5	45887,5	99,96	99,21
179,9	177,5	1	5640	177,5	46065	99,98	99,59
189,9	187,5	1	5641	187,5	46252,5	100	100
Suma		5641		46252,5		2986,4	2547,4

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Météo-France.

Tabla 6. Distribución de frecuencias en clase de 10 mm del número de días de precipitación, frecuencias acumuladas (X) y porcentajes acumulados correspondientes de la precipitación aportada (Y) en Montpellier (1951-2010).

lim.sup.	ma	ni	$\sum ni$	ma*ni	$\sum ma*ni$	$\% \sum ni=X$	$\% \sum ma*ni=Y$
9,9	5	4475	4475	22375	22375	79,33	41,29
19,9	15	592	5067	8880	31255	89,82	57,67
29,9	25	268	5335	6700	37955	94,58	70,03
39,9	35	122	5457	4270	42225	96,74	77,91
49,9	45	58	5515	2610	44835	97,77	82,73
59,9	55	55	5570	3025	47860	98,74	88,31
69,9	65	23	5593	1495	49355	99,15	91,07
79,9	75	15	5608	1125	50480	99,41	93,15
89,9	85	9	5617	765	51245	99,57	94,56
99,9	95	2	5619	190	51435	99,61	94,91
109,9	105	8	5627	840	52275	99,75	96,46
119,9	115	4	5631	460	52735	99,82	97,31
129,9	125	3	5634	375	53110	99,88	98,00
139,9	135	1	5635	135	53245	99,89	98,25
149,9	145	3	5638	435	53680	99,95	99,05
159,9	155	1	5639	155	53835	99,96	99,34
179,9	175	1	5640	175	54010	99,98	99,66
189,9	185	1	5641	185	54195	100	100
Suma		5641		54195		1754,0	1579,7

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Météo-France.

Mediante la aplicación de la nueva metodología en la estación meteorológica de Montpellier, las tablas 5 y 6 y la figura 5 presentan como ejemplo los cálculos y las curvas de concentración empírica y ajustada de Montpellier para el periodo 1951-2010. La estación meteorológica de Montpellier presenta en clases de 5 mm los valores de $a = 0,02$, $b = 0,038$ y $CI5 = 0,64$ y en clase de 10 mm los valores de $a = 0,035$, $b = 0,033$ y $CI10 = 0,59$.

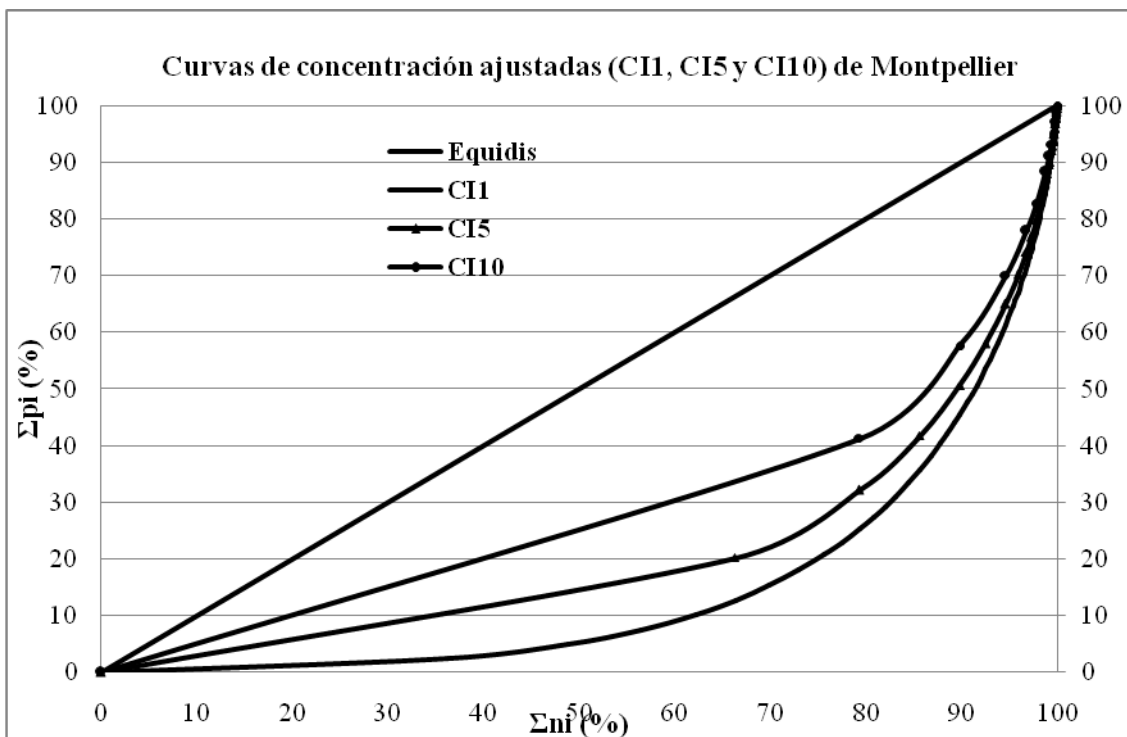


Figura 5. Curvas de concentración ajustadas mediante las curvas exponenciales de la estación de Montpellier, usando clases de 1, 5 y 10 mm, para el período 1951-2010 (elaboración propia a partir de datos de *Météo-France*).

VI. 2. Método usado para analizar las tendencias del índice CI1 anual en los diferentes periodos estudiados

El análisis de tendencias sirve para evaluar el cambio, significativo o no, en el comportamiento de las series de variables climáticas (precipitaciones, temperaturas, etc.). Este análisis se realiza mediante la aplicación de técnicas estadísticas denominadas test paramétricos y no paramétricos. Las tendencias en series climatológicas raramente son lineales (Clark y Hosking, 1986). Además, los modelos lineales (paramétricos) también tienen sus limitaciones, pues asumen la normalidad y la homogeneidad de varianza a lo largo de las series, y no son modelos confiables de extracción de tendencia cuando las series temporales no son lo suficientemente largas y son ruidosas. En el caso de valores anuales de precipitación sin tendencias acusadas, sería recomendable tener al menos 100 años para extraer una tendencia confiable por estos modelos (Miró *et al.*, 2009). En nuestro caso, la ausencia de series de esa magnitud temporal nos invita a elegir algún test no paramétrico, lo cual será más adecuado que el test paramétrico para tener resultados confiables. Vamos a utilizar, por

un lado, el test no paramétrico de Mann-Kendall para estimar la tendencia y su grado de significación, junto con la estimación Sen de pendiente.

VI. 2. 1. El test de Mann-Kendall y la estimación Sen

En la presente investigación, se ha aplicado el test no paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) en su versión monótonica anual sobre los valores anuales del índice de concentración diaria de precipitación en clases de 1 mm (CI1) en 46 observatorios elegidos, para la detección de tendencias con significancia estadística. Además, se ha complementado con la estimación Sen de pendiente de la tendencia, que complementa el test de Mann-Kendall (Sen, 1968). Para estos cálculos se ha utilizado el macro “*Makesens*”, desarrollado por Tino Salmi del Instituto Meteorológico Finlandés (Salmi *et al.*, 2002).

VI. 2. 1. 1. El uso de “*Makesens_1_0*”

La plantilla “*MAKESENS_1_0*” se ha creado usando Microsoft Excel 97 y las macros se han realizado con Microsoft Visual Basic. La plantilla se compone de cuatro hojas de trabajo: *About*, *Annual data*, *Trend Statistics* y *Figure*.

1. La hoja de trabajo “*About*” ofrece información general acerca de la plantilla.
2. Las series de datos de tiempo se introducen en la hoja “*Annual data*” El cálculo del macro se puede activar mediante el botón “*Calculate Trend Statistics*”.
3. La hoja “*Trend Statistics*” contiene los resultados.
4. Por último, los datos originales y las estadísticas de una serie de tiempo se pueden ver numérica y visualmente a la vez en la hoja “*Figure*”.

Los resultados obtenidos de las tendencias en la presente investigación se dan calculados siguiendo el test de Mann-Kendall y la estimación Sen mediante la plantilla “*Makesens_1_0*”. Aquí, se ilustra con un ejemplo: se aplica este test a la serie de los valores anuales del índice de concentración diaria de precipitación CI1 en el observatorio de Barcelona en el periodo 1951 a 2010.

En el primer paso, se introducen los valores anuales del índice de concentración CI1 en la hoja “*Annual Data*” (figura 6). Los años, los valores anuales y los nombres de las

series de tiempo tienen que estar escritos o copiados (Pegado especial / Valores) en los lugares fijos de la hoja de cálculo.

- En la celda **A3**, se pone el título de todo el conjunto de datos, en nuestro caso es *Barcelona 1951-2010*.
- Los nombres de las series de datos se introducen en las celdas **B13: Z13** a partir de la columna **B**. El número máximo de estas series que se puede introducir es **25**.
- La celda **A13** representa el título de la columna "**Años**".
- Los valores anuales de cada serie temporal se deben introducir a continuación del nombre de la serie de tiempo de acuerdo con los años de la columna **A**. Una casilla vacía indica un valor perdido (en nuestro ejemplo, no hay valores perdidos).
- El primero y el último año considerados en el cálculo de la tendencia deben ser introducidos en las filas **10** y **11**, por encima de los nombres de las series de tiempo. Cada serie temporal debe tener su propio año de inicio (1951) y de finalización (2010). Con estas líneas, se pueden definir fácilmente diferentes intervalos de tiempo para el cálculo de las estadísticas de tendencia de cada serie.
- El número de valores de cada serie de datos que se selecciona en el cálculo de la tendencia se muestra en la fila **9** (60 valores).
- La celda **B8** (1) muestra el número de las series de datos estadísticos las que se analizan.

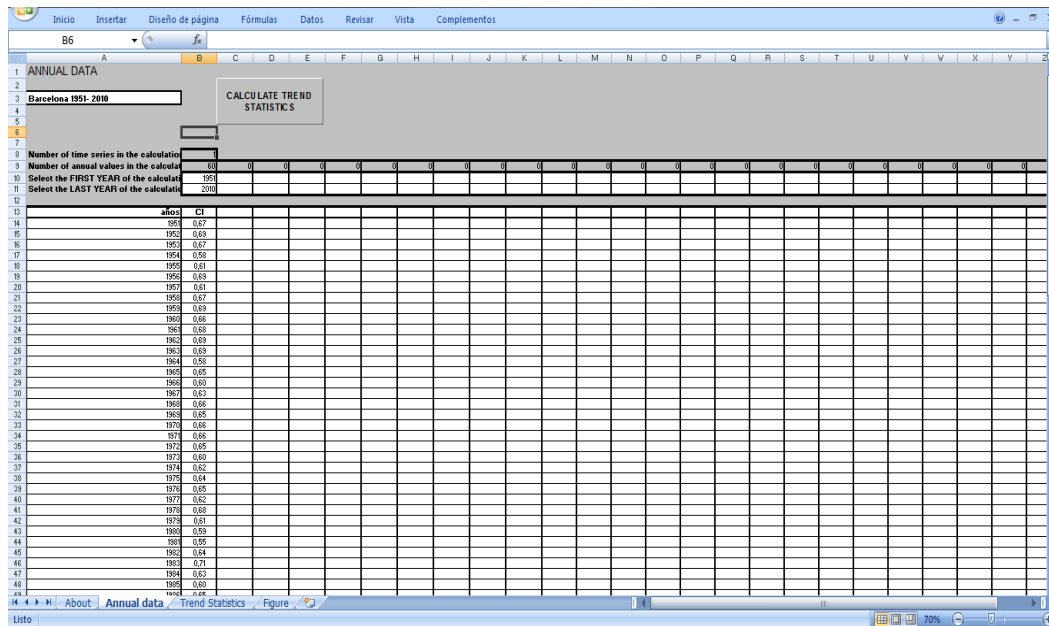


Figura 6. Los datos de entrada en la hoja de datos anual de MAKESENS_1_0 (elaboración propia).

El cálculo de “*Trend Statistics*” se inicia a partir de un clic en el botón “*Calculate Trend Statistics*” en la hoja “*Annual Data*”. La barra de estado en la parte inferior de la pantalla muestra cuándo el proceso de cálculo está listo. La tabla resumen de los resultados aparecerá en la hoja de cálculo “*Trend Statistics*” (figura 7) y la hoja de la “*Figure*” (figura 8) se activará con la primera serie de tiempo.

En el segundo paso, la hoja de cálculo “*Trend Statistics*” muestra el resumen de los resultados hallados (figura 7). Las columnas de esta hoja de trabajo tienen los siguientes significados:

- La serie temporal (columna **A**): Representa el nombre de las series de datos (**CI**) derivados de la hoja “*Annual Data*” (celda **B13**).
- El test **S** (columna **E**): Si $n \leq 9$, se muestra la estadística del test **S**. El valor absoluto de **S** se compara con las probabilidades del test no paramétrico de Mann-Kendall de tendencias para definir si existe una tendencia monótona o no con el nivel de significación α . Un valor positivo (negativo) de la **S** indica una tendencia creciente (decreciente). Si $n \geq 9$, esta celda está vacía (en nuestro ejemplo $n= 60 > 9$, por eso la celda está vacía).
- El test **Z** (columna **F**): Si $n \leq 10$, se muestra la estadística del test **Z**. El valor absoluto de **Z** se compara con la distribución normal acumulativa estándar para

definir si existe o no una tendencia al nivel de significación seleccionado α . Un valor positivo (negativo) de la Z indica una tendencia creciente (decreciente). Si $n \leq 9$, esta celda está vacía (en el caso de Barcelona, $n= 60$, $Z= 0,41$ significa una tendencia creciente).

- **Signific.** (columna **G**): Da el menor nivel de significación α con el que el test demuestra que la hipótesis nula de ninguna tendencia debería ser rechazada. Si $n \leq 9$, el test se basa en la estadística de **S** y si $n \leq 10$, el test se basa en la estadística **Z** (aproximación normal). Para los cinco niveles de significación probados los siguientes símbolos se utilizan en la plantilla:

- 1) Excelente: *** 99,9 % de significación, $\alpha= 0,001$.
- 2) Muy Buena: ** 99% de significación, $\alpha= 0,01$
- 3) Buena: * 95% de significación, $\alpha= 0,05$
- 4) Aceptable: + 90% de significación, $\alpha= 0,1$
- 5) Dudosa: (en blanco) menos del 90% de significación, $\alpha > 0,1$

TREND STATISTICS																
Barcelona 1951-2010																
Time series	First year	Last Year	n	Mann-Kendall trend			Sen's slope estimate									
				Test S	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B	Bmin99	Bmax99	Bmin95	Bmax95
C1	1951	2010	60		0.41		0.000	-0.001	0.001	0.000	0.001	0.65	0.67	0.62	0.67	0.63
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													
	0	0	0													

Figura 7. La hoja "Trend Statistics" de MAKESENS muestra los resultados del cálculo durante el período analizado (elaboración propia).

Es importante la valoración de los grados de significación estadística de los resultados, ya que cuanto más alto es el grado de significación, más fiable o confiable, en el mismo sentido, es la tendencia (en el caso de Barcelona, la casilla se encuentra en blanco, lo cual indica que la significación es dudosa, menos del 90% de significación, $\alpha > 0,1$).

Junto con ello, también se estima Sen (Q) de la pendiente mediante intervalos de confianza. Se incluyen dos, siendo el más exigente el del 99 % (Qmín99 % y Qmáx99 %) y el segundo el del 95 % (Qmín95 % y Qmáx95 %). Si los intervalos de confianza son laxos y entran tanto en terreno negativo como positivo, entonces la tendencia será dudosa, y en el caso contrario, será confiable.

- **Sen's slope estimate Q** (columna **H**): El estimador de Sen para la verdadera pendiente de la tendencia lineal, es decir, el cambio por unidad de tiempo (en este ejemplo, **Q= 0,000**).
- **Qmín99** (columna **I**): El límite inferior del intervalo de confianza del 99 % de Q ($\alpha = 0,1$) es de **-0,001**.
- **Qmáx99** (columna **J**): El límite superior del intervalo de confianza del 99 % de Q ($\alpha = 0,1$) es de **0,001**.
- **Qmín95** (columna **K**): El límite inferior del intervalo de confianza del 95 % de Q ($\alpha = 0,05$) es de **0,000**.
- **Qmáx95** (columna **L**): El límite superior del intervalo de confianza del 95 % de Q ($\alpha = 0,05$) es de **0,001**.

El último paso, después del cálculo estadístico de los resultados, se puede ver tanto numérico como visualmente en la hoja de trabajo "Figure" (véase la figura 8). Los resultados muestran una serie de tiempo y también pueden mostrar varias series a la vez. Se puede cambiar de una serie de tiempo a otra pulsando los botones "Next Time Series" y "Previous Time Series" (en nuestro ejemplo, tenemos solamente la serie de datos de Barcelona en el periodo 1951-2010).

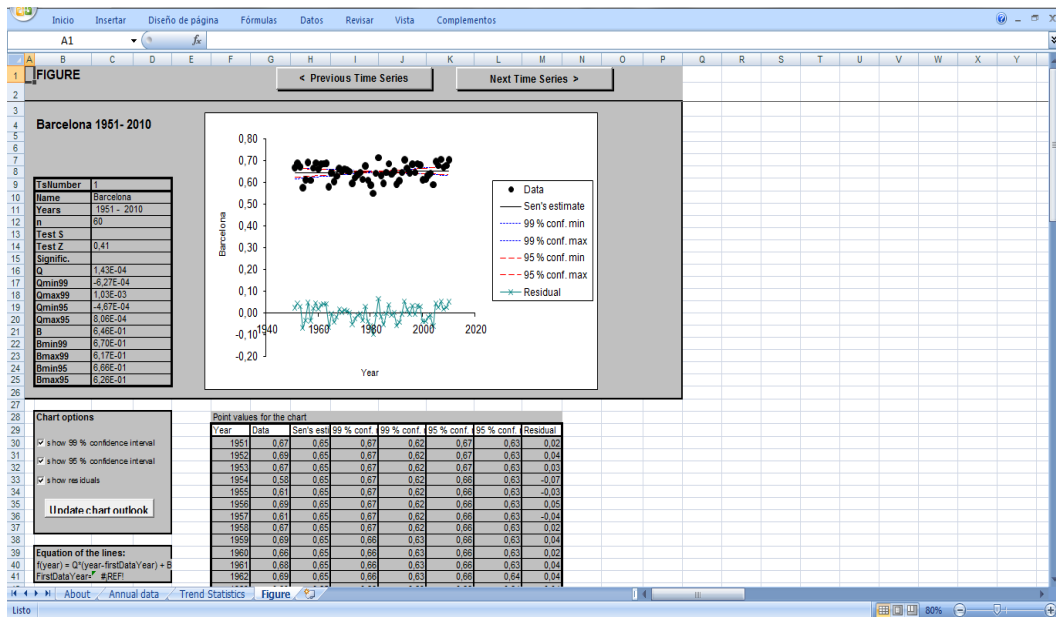


Figura 8. La "Figure" de la hoja de trabajo MAKESENS_1_0 para el caso de Barcelona (1951-2010) (elaboración propia).

VI. 3. La clasificación sinóptica de Jenkinson y Collison

La clasificación de Jenkinson y Collison (1977) es un método objetivo o automático de clasificación sinóptica, que consta de 27 tipos, y que se basa en ocho variables deducidas exclusivamente a partir de la presión atmosférica superficial. Estas variables son:

P: Presión media en superficie (hPa).

W: Componente zonal del viento (superficial) geostrófico, calculada como gradiente de presión entre 35° y 45° N, en el caso del área de estudio.

S: Componente meridiana del viento (superficial) geostrófico, calculada como gradiente de presión entre 5 °W y 15 °E en el caso del área de estudio.

D: Dirección del viento (°Azimut).

F: Velocidad del viento (m/s).

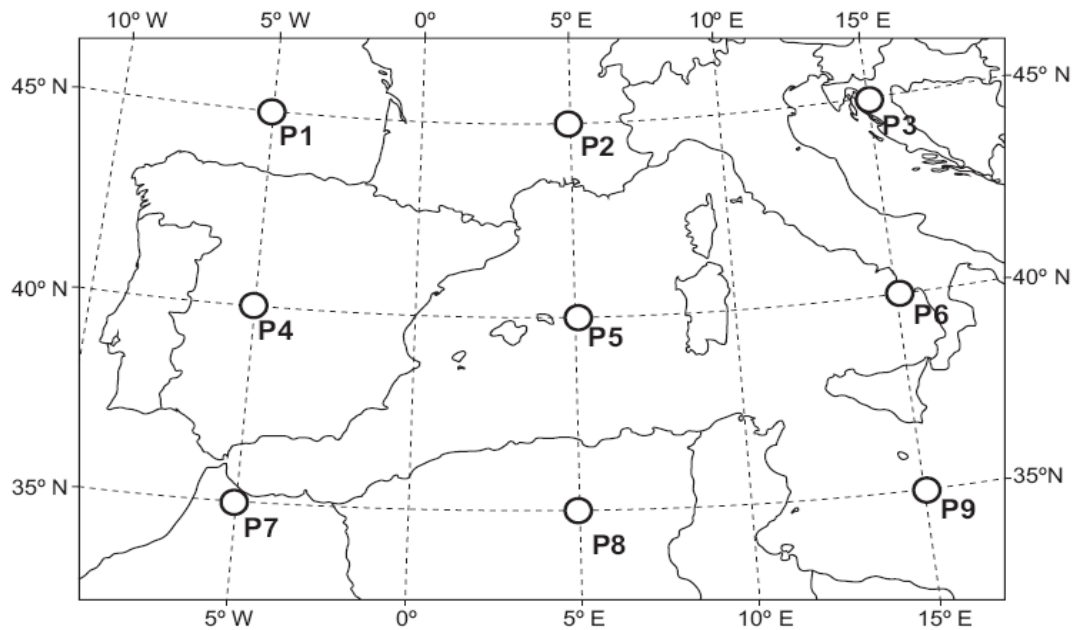
ZW: Componente zonal de la vorticidad.

ZS: Componente meridiana de la vorticidad.

Z: Vorticidad total.

Se consideró la retícula para la cuenca del Mediterráneo occidental de la figura 9. Está definida por los 9 puntos siguientes: Las intersecciones de los paralelos 35°, 40° y 45° N con los meridianos 5° W, 10° E y 15° E. Con la presión atmosférica superficial en los 9

puntos, se hallaron los valores de las ocho variables. La tabla 7 muestra las expresiones utilizadas para su cálculo.



Fuente: Grimalt et al., (2013)

Figura 9. Localización de los puntos de rejilla para la cuenca del Mediterráneo occidental.

Tabla 7. Expresiones analíticas para la península ibérica de las variables del método de Jenkinson y Collison (1977).

$$P = 0,0625[(P1+P3+P7+P9)+2(P2+P4+P6+P8)+4P5]$$

$$W = 0,25[(P7+2P8+P9)-(P1+2P2+P3)]$$

$$S = 0,653[0,25(P3+2P6+P9)-0,25(P1+2P4+P7)]$$

$$D = \arctg (W/S)$$

$$F = (W^2+S^2)^{1/2}$$

$$ZW = 1,056[(P7+2P8+P9)-(P4+2P5+P6)]-0,951[(P4+2P5+P6)-(P1+2P2+P3)]$$

$$ZS = 1,305[0,25(P3+2P6+P9)-0,25(P2+2P5+P8)-0,25(P2+2P5+P8)+0,25(P1+2P4+P7)]$$

$$Z = ZW + ZS$$

A partir de los valores de estas 8 variables, se aplican las cinco reglas siguientes para obtener el tipo sinóptico correspondiente:

1. La dirección del flujo viene dada por **D** (se usa una rosa de vientos de 8 rumbos, y se tiene en cuenta el signo de **W** y de **S**).
2. Si $|Z| < F$: Existe un tipo advectivo o direccional puro, definido según la regla 1 (N, NE, E, SE, S SW, W y NW).
3. Si $|Z| > 2F$: Existe un tipo ciclónico (C) si $Z > 0$, o anticiclónico (A) si $Z < 0$.
4. Si $F < |Z| < 2F$: Existe un tipo híbrido, según el signo de Z (regla 3) y la dirección del flujo (regla 1) (CN, CNE, CE, CSE, CS, CSW, CW, CNW, AN, ANE, AE, ASE, AS, ASW, AW y ANW).
5. Si $F < 6$ y $|Z| < 6$: Existe un tipo indeterminado (U).

En el presente trabajo, se seleccionan los años extremos, altos o bajos, de la concentración diaria de precipitación (CII) de 7 observatorios elegidos en el periodo 1970-2010 mediante la media de 287 valores del CII, los de los 7 observatorios por el número de años del periodo comprendido entre 1970 y 2010 ($7 \cdot 41 = 287$ CII) y dos umbrales, uno alto, 0,71, y uno bajo, 0,59.

A continuación se relacionan los tipos de tiempo más frecuentes obtenidos mediante la clasificación de Jenkinson y Collison con los de los años extremos del CII anual de los 7 observatorios en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, observándose las diferencias porcentuales entre los correspondientes tipos sinópticos.

CAPÍTULO VII. VALORES DE LOS ÍNDICES DE GINI Y DE CONCENTRACIÓN CON INTERVALOS DE CLASE DE 1, 5 Y 10 MM

VII. 1. Resultados y discusiones: Valores de los índices de Gini y de concentración según los diferentes periodos

VII. 1. 1. Valores de los índices de Gini y de concentración con intervalos de clase de 1, 5 y 10 mm en el periodo 1951-2010

Para el periodo completo 1951-2010, se han hallado los valores de los cuatro índices IG1, CI1, CI5 y CI10 de los 31 observatorios (tablas 8, 9, 10 y 11).

La tabla 8 presenta los valores del índice de Gini en clases de 1 mm (IG1) para el conjunto del periodo. El rango del IG1 se sitúa entre 0,61 y 0,72 (11 centésimas de variación), con una media de 0,66. Los valores máximos del índice de Gini (IG1) se dan en Narbona con 0,72, seguido por 0,71 en Perpiñán, 0,70 en Montpellier, en Valencia y en Tortosa y 0,69 en Alicante. Mientras que los valores mínimos del IG1 son de 0,63 en Bugía, Dar el Baída y Orán, 0,62 en Skikda. El valor mínimo es 0,61 y se encuentra en Annaba y Chlef.

Tabla 8. Los valores del índice de Gini en clases de 1 mm (IG1) en el periodo 1951-2010 (elaboración propia).

Observatorios	IG1
Alicante	0,69
Almería	0,64
Barcelona	0,66
Gerona	0,64
Ibiza	0,66
Mahón	0,64
Málaga	0,64
Melilla	0,66
Murcia	0,68
Palma	0,65
Tortosa	0,70
Valencia	0,70
Ajaccio	0,62
Cannes	0,67
Le Dramont	0,67

Fréjus	0,67
Montpellier	0,70
Narbona	0,72
Niza	0,66
Perpiñán	0,71
Tolón	0,67
Cagliari	0,67
Catania Sigonella	0,65
Génova	0,66
Roma	0,66
Annaba	0,61
Skikda	0,62
Bugía	0,63
Dar el Baída	0,63
Chlef	0,61
Orán	0,63

La tabla 9 muestra las constantes **a** y **b**, los valores de CI en clases de 1 mm (CI1) y el porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % (Pi25 %) y el 10 % (Pi10 %) de los días más lluviosos para cada observatorio, que se calculan a partir de las curvas de concentración exponenciales (véase el capítulo VI).

Así, para el conjunto del período, los extremos del CI1 se sitúan entre 0,60 y 0,71 (11 centésimas de variación). El valor máximo de 0,71 se da en Narbona y Perpiñán, lo que se corresponde con que el 25 % de los días más lluviosos aporta alrededor del 80 % del volumen pluviométrico total. Por el contrario el valor mínimo es en Annaba y Chlef, donde el 25 % de los días más lluviosos representa el 69,5 % de la lluvia total. La media del CI1 es 0,65. Este valor se corresponde con que el 25 % de los días más lluviosos aporta, aproximadamente, el 75 % de la lluvia total y el 10 % aporta casi el 45 % del total pluviométrico (el 90 % de los días que quedan representa el 55 % del total pluviométrico). Un valor de 0,70 refiere a que el 10 % de los días más lluviosos aporta casi la mitad (50 %) de la lluvia total (el 90 % de los días que quedan representa el 50 % de la lluvia total). Principalmente, los valores más altos del CI1 ($CI1 \geq 0,69$) en este periodo se dan en el noroeste y el oeste de la cuenca del Mediterráneo occidental (a lo largo de la mitad oeste de las costas mediterráneas francesas y el centro de la fachada oriental española), y los valores siguientes (entre 0,65 y 0,69) se registran en el norte y el noreste de la cuenca del Mediterráneo occidental, en el sureste de la fachada oriental de la España peninsular y en las islas de Cerdeña y Mallorca. Por otra parte, las regiones

con valores mínimos del CII (entre 0,57 y 0,61) se sitúan en la ribera sur de la cuenca del Mediterráneo occidental, especialmente a lo largo de las costas mediterráneas argelinas.

Tabla 9. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CII y del porcentaje de la precipitación total aportada por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 2010 (elaboración propia).

Observatorios	a	b	CII	Pi (25%)	Pi (10%)
Alicante	0,014	0,041	0,68	76,82	48,35
Almería	0,024	0,037	0,63	72,58	43,05
Barcelona	0,018	0,039	0,65	74,11	44,19
Gerona	0,025	0,036	0,63	71,99	42,41
Ibiza	0,020	0,038	0,65	73,85	44,68
Mahón	0,025	0,036	0,63	72,02	42,16
Málaga	0,022	0,037	0,64	72,91	43,12
Melilla	0,020	0,038	0,65	74,24	45,59
Murcia	0,015	0,041	0,67	75,89	46,72
Palma	0,021	0,037	0,65	74,26	45,80
Tortosa	0,010	0,044	0,69	78,22	49,08
Valencia	0,011	0,044	0,69	78,30	49,64
Ajaccio	0,025	0,036	0,62	71,28	40,57
Cannes	0,013	0,043	0,66	75,83	45,00
Le Dramont	0,013	0,043	0,67	76,34	46,02
Fréjus	0,012	0,043	0,67	76,27	45,58
Montpellier	0,009	0,045	0,69	78,48	48,91
Narbona	0,008	0,047	0,71	79,89	51,46
Niza	0,016	0,041	0,65	74,59	43,92
Perpiñán	0,009	0,046	0,71	79,55	50,93
Tolón	0,013	0,043	0,67	76,02	45,55
Cagliari	0,013	0,043	0,67	76,30	46,08
Catania Sigonella	0,024	0,036	0,64	72,96	44,45
Génova	0,018	0,039	0,65	74,49	44,64
Roma	0,014	0,042	0,65	75,11	43,80
Annaba	0,031	0,034	0,60	69,73	39,46
Skikda	0,028	0,035	0,61	70,55	40,14
Bugía	0,024	0,037	0,63	72,04	41,93
Dar el Baída	0,025	0,036	0,62	71,60	41,15
Chlef	0,033	0,033	0,60	69,47	39,48
Orán	0,025	0,036	0,62	71,85	41,76

Tabla 10. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI5 y del porcentaje de la precipitación total aportada por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 2010 (elaboración propia).

Observatorios	a	b	CI5	Pi (25%)	Pi (10%)
Alicante	0,026	0,036	0,62	71,55	41,67
Almería	0,047	0,030	0,57	66,45	36,86
Barcelona	0,034	0,033	0,60	69,17	39,20
Gerona	0,039	0,032	0,59	68,02	38,15
Ibiza	0,035	0,033	0,60	69,07	39,19
Mahón	0,041	0,031	0,58	67,40	37,39
Málaga	0,034	0,033	0,60	69,28	39,29
Melilla	0,037	0,032	0,60	69,07	39,77
Murcia	0,028	0,035	0,61	70,66	40,34
Palma	0,046	0,030	0,57	66,49	36,65
Tortosa	0,019	0,039	0,64	73,60	43,28
Valencia	0,019	0,039	0,65	73,83	43,80
Ajaccio	0,052	0,029	0,55	65,14	35,17
Cannes	0,028	0,035	0,61	70,48	39,95
Le Dramont	0,031	0,034	0,62	71,03	40,66
Fréjus	0,035	0,033	0,61	70,68	40,14
Montpellier	0,020	0,038	0,64	73,10	42,62
Narbona	0,022	0,037	0,66	75,26	45,16
Niza	0,035	0,033	0,60	69,72	39,19
Perpiñán	0,015	0,041	0,66	75,18	44,89
Tolón	0,035	0,033	0,60	69,80	39,50
Cagliari	0,042	0,031	0,57	67,12	36,88
Catania Sigonella	0,032	0,034	0,61	70,04	40,47
Génova	0,028	0,035	0,61	70,89	40,80
Roma	0,041	0,032	0,57	67,13	36,67
Annaba	0,057	0,028	0,55	64,37	34,62
Skikda	0,053	0,029	0,55	65,09	35,41
Bugía	0,041	0,031	0,58	67,38	37,35
Dar el Baída	0,047	0,030	0,56	66,16	36,16
Chlef	0,061	0,028	0,54	63,69	34,06
Orán	0,052	0,029	0,56	65,26	35,52

Respecto al índice CI5 (tabla 10), el rango de los valores varía entre 0,54 y 0,66 (12 centésimas). El valor máximo de 0,66 se da en los observatorios de Narbona y Perpiñán, indicando que el 25 % de los días más lluviosos aporta el 75 % del total pluviométrico; el valor mínimo se da en el observatorio de Chlef (Argelia), donde se observa que el 25

% de los días lluviosos aporta el 64 % de la lluvia total. La media del CI5 es 0,60, lo que significa que el 25 % de los días más lluviosos aporta casi el 69 % de la lluvia total, y el 10 % de los días más lluviosos aporta cerca del 39 %. Los valores que superan el 0,60 se localizan en la ribera norte del mar Mediterráneo occidental, el sureste de España peninsular y Sicilia. El resto de la cuenca muestra valores inferiores a 0,60 (a lo largo de la ribera sur del mar Mediterráneo occidental y de las islas que se sitúan en el sector central de la cuenca).

En cuanto al cuarto índice CI10 en este periodo (tabla 11), se observa que el rango oscila entre 0,49 y 0,61 (12 centésimas). Los valores extremos registrados de este índice se dan en los mismos observatorios donde se dieron los valores extremos del índice CI5, con una media de 0,55. El valor de 0,55 significa que el 25 % de los días más lluviosos aporta el 65 % de la lluvia total y que el 10 % aporta el 35 % del total pluviométrico.

Tabla 11. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI10 y del porcentaje de la precipitación total aportada por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 2010 (elaboración propia).

Observatorios	a	b	CI10	Pi (25%)	Pi (10%)
Alicante	0,040	0,032	0,58	67,41	37,10
Almería	0,080	0,025	0,51	61,05	32,00
Barcelona	0,052	0,029	0,55	65,15	35,17
Gerona	0,056	0,028	0,55	64,71	35,07
Ibiza	0,056	0,028	0,55	64,51	34,80
Mahón	0,068	0,027	0,52	62,52	33,06
Málaga	0,051	0,029	0,56	65,56	35,82
Melilla	0,053	0,029	0,55	65,18	35,53
Murcia	0,050	0,030	0,56	65,32	35,19
Palma	0,064	0,027	0,53	62,75	32,74
Tortosa	0,035	0,033	0,59	68,65	38,15
Valencia	0,031	0,034	0,60	69,55	38,99
Ajaccio	0,080	0,025	0,50	60,67	31,29
Cannes	0,049	0,030	0,56	65,71	35,59
Le Dramont	0,048	0,030	0,57	66,53	36,33
Fréjus	0,057	0,028	0,56	65,75	35,68
Montpellier	0,034	0,033	0,59	68,51	37,93
Narbona	0,036	0,033	0,61	70,68	40,02
Niza	0,055	0,029	0,55	65,12	34,98
Perpiñán	0,026	0,036	0,61	70,95	40,17
Tolón	0,058	0,028	0,55	65,07	35,05

Cagliari	0,068	0,027	0,52	62,22	32,41
Catania Sigonella	0,044	0,031	0,57	66,82	36,86
Génova	0,043	0,031	0,58	67,24	37,38
Roma	0,076	0,026	0,51	61,18	31,63
Annaba	0,086	0,024	0,50	59,99	30,83
Skikda	0,081	0,025	0,51	60,78	31,69
Bugía	0,061	0,028	0,53	63,44	33,59
Dar el Baída	0,072	0,026	0,52	61,93	32,41
Chlef	0,093	0,024	0,49	59,15	30,21
Orán	0,076	0,026	0,51	61,16	31,63

VII. 1. 2. Valores de los índices de Gini y de concentración con intervalos de clase de 1, 5 y 10 mm en el subperiodo 1981-2010

Los resultados obtenidos de los valores de IG1 en los 46 observatorios en el subperiodo 1981-2010 se muestran en la tabla 12. Los valores extremos del IG1 se sitúan entre 0,58 y 0,73 (15 centésimas de variación), con una media de 0,66. El valor más elevado aparece en Narbona y Perpignan, seguido por el valor de 0,70, en Palermo, Sicilia, en Montpellier y Fréjus y en Valencia y Tortosa. El valor más bajo se da en Bizerta.

Tabla 12. Los valores del índice de Gini en clases de 1 mm (IG1) en el subperiodo 1981-2010 (elaboración propia).

Observatorios	IG1
Alicante	0,66
Almería	0,65
Barcelona	0,66
Gerona	0,63
Ibiza	0,67
Mahón	0,65
Málaga	0,68
Melilla	0,67
Murcia	0,68
Palma	0,65
Tortosa	0,70
Valencia	0,70
Ajaccio	0,63
Cannes	0,68
Le Dramont	0,68
Fréjus	0,70
Marsella	0,66
Montpellier	0,70

Narbona	0,73
Niza	0,67
Perpiñán	0,73
Tolón	0,68
Cagliari	0,65
Catania Sigonella	0,64
Capo bellavista	0,68
Capo Mele	0,64
Génova	0,67
Nápoles	0,63
Pisa Norte	0,64
Roma	0,64
Gela (Sicilia)	0,64
Mesina (Sicilia)	0,63
Palermo (Sicilia)	0,70
Trapani (Sicilia)	0,67
Túnez-Cartago	0,64
Bizerta	0,58
Kélibia	0,63
Annaba	0,61
Skikda	0,61
Bugía	0,63
Dar el Baída	0,62
Chlef	0,60
Mostaganem	0,64
Miliana	0,65
Orán	0,64
Beni Saf	0,63

A partir de la tabla 13, se observa que el rango de los valores del índice de concentración CII es el mismo que para el IG1, que se sitúa entre 0,58 y 0,73 (15 centésimas de variación), con una media de 0,65. Eso significa que el 25 % de los días más lluviosos representa casi el 74 % de la lluvia total y el 10 % representa entre 44 y 47 % del total pluviométrico. El valor máximo se observa en Narbona, donde el 25 % de los días más lluviosos aporta el 82 % del total pluviométrico y el 10 % aporta el 54 % (el 90 % restante representa el 46 %), mientras que el valor más bajo se da en Bizerta, donde el 25 % de sus días más lluviosos registra el 67 % de la lluvia total y el 10 % aporta alrededor del 38 %.

Por un lado, las zonas con valores más elevados de la concentración diaria de lluvia ($CII \geq 0,69$) se han detectado principalmente en el norte y el oeste de la cuenca del

Mediterráneo occidental (a lo largo de las costas mediterráneas españolas y francesas) y en la región de Palermo, Sicilia. Le siguen los valores comprendidos entre 0,65 y 0,69, que se observan en las islas de Cerdeña, Mallorca e Ibiza. Por otro lado, las zonas con valores más bajos se sitúan en la ribera sur y el este del Mediterráneo occidental, especialmente a lo largo de las costas mediterráneas argelinas, tunecinas e italianas.

Tabla 13. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CII y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 46 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1981 y 2010 (elaboración propia).

Observatorios	a	b	CII	Pi (25%)	Pi (10%)
Alicante	0,031	0,033	0,65	72,99	47,12
Almería	0,020	0,038	0,65	73,98	44,89
Barcelona	0,019	0,039	0,66	74,56	45,40
Gerona	0,025	0,036	0,63	72,06	42,22
Ibiza	0,018	0,039	0,66	75,02	46,08
Mahón	0,020	0,038	0,64	73,65	43,87
Málaga	0,014	0,042	0,67	76,13	46,45
Melilla	0,018	0,039	0,66	75,03	46,55
Murcia	0,015	0,041	0,68	76,53	47,99
Palma	0,018	0,039	0,66	75,08	46,69
Tortosa	0,010	0,045	0,69	78,45	49,41
Valencia	0,011	0,043	0,69	78,25	50,12
Ajaccio	0,023	0,037	0,63	72,27	41,94
Cannes	0,011	0,044	0,68	77,31	47,17
Le Dramont	0,012	0,043	0,67	76,82	46,61
Fréjus	0,008	0,047	0,70	78,97	48,94
Marsella	0,017	0,040	0,66	75,10	45,56
Montpellier	0,010	0,045	0,69	78,28	49,13
Narbona	0,006	0,050	0,73	81,87	54,21
Niza	0,014	0,042	0,66	75,74	45,67
Perpiñán	0,007	0,047	0,72	80,88	53,35
Tolón	0,012	0,044	0,68	77,24	47,53
Cagliari	0,018	0,039	0,65	74,57	44,99
Catania Sigonella	0,028	0,035	0,63	71,98	43,41
Capo bellavista	0,019	0,038	0,67	75,67	48,73
Capo Mele	0,024	0,036	0,64	72,66	43,69
Génova	0,016	0,040	0,67	75,59	46,41
Nápoles	0,030	0,034	0,63	71,85	43,90
Pisa Norte	0,030	0,034	0,64	71,61	43,50
Roma	0,020	0,039	0,63	73,08	42,32
Gela (Sicilia)	0,031	0,034	0,63	71,58	43,61

Mesina (Sicilia)	0,033	0,033	0,62	70,96	42,92
Palermo (Sicilia)	0,016	0,039	0,69	77,51	51,24
Trapani (Sicilia)	0,032	0,032	0,66	73,57	48,76
Túnez-Cartago	0,032	0,033	0,63	71,81	44,63
Bizerta	0,046	0,030	0,58	67,06	37,91
Kélibia	0,032	0,033	0,62	71,29	43,37
Annaba	0,033	0,033	0,60	69,52	39,63
Skikda	0,029	0,035	0,61	70,44	40,14
Bugía	0,024	0,037	0,63	72,07	42,01
Dar el Baída	0,025	0,036	0,62	71,48	41,12
Chlef	0,035	0,033	0,59	68,85	38,73
Mostaganem	0,026	0,035	0,64	72,57	44,05
Miliana	0,019	0,039	0,65	73,78	43,90
Orán	0,024	0,036	0,63	72,45	43,05
Beni Saf	0,027	0,035	0,62	71,60	42,15

La tabla 14 muestra los parámetros a y b y los valores del CI5, con el porcentaje de la lluvia total aportada por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de cada uno de los 46 observatorios; los extremos del CI5 se sitúan en 0,52 y 0,67 (15 centésimas de variación), con una media de 0,60. Este valor significa que el 25 % de los días más lluviosos aporta el 69 % del total pluviométrico y el 10 % aporta el 40 %. El máximo de 0,67 se da en Narbona y Palermo (Sicilia), lo que indica que el 25 % de los días lluviosos aporta el 76,5 % de la lluvia total y el 10 % representa el 46,5% del total pluviométrico. En cambio, el valor mínimo de 0,52 se observa en Chlef, que muestra que el 25 % de los días más lluviosos aporta el 62 % de la lluvia total y el 10 % aporta el 33 %.

Tabla 14. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI5 y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 46 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1981 y 2010 (elaboración propia).

Observatorios	A	b	CI5	Pi (25%)	Pi (10%)
Alicante	0,027	0,035	0,63	71,71	42,53
Almería	0,047	0,030	0,57	66,62	37,23
Barcelona	0,031	0,034	0,61	70,07	40,17
Gerona	0,043	0,031	0,58	67,21	37,52
Ibiza	0,036	0,033	0,60	69,07	39,46
Mahón	0,038	0,032	0,59	68,12	37,97
Málaga	0,026	0,036	0,62	71,70	41,79
Melilla	0,035	0,033	0,60	69,47	40,28
Murcia	0,029	0,035	0,61	70,58	40,57
Palma	0,043	0,031	0,57	67,08	37,11
Tortosa	0,021	0,038	0,63	72,71	42,21
Valencia	0,019	0,039	0,65	73,82	43,96
Ajaccio	0,049	0,030	0,56	65,94	36,17
Cannes	0,026	0,036	0,62	71,30	41,05
Le Dramont	0,029	0,035	0,61	70,47	40,50
Fréjus	0,023	0,037	0,63	72,16	41,73
Marsella	0,035	0,033	0,60	68,98	39,00
Montpellier	0,022	0,037	0,63	72,48	42,17
Narbona	0,013	0,043	0,67	76,48	46,56
Niza	0,029	0,035	0,61	70,46	40,36
Perpiñán	0,013	0,043	0,67	76,65	46,75
Tolón	0,030	0,034	0,61	70,39	40,50
Cagliari	0,048	0,030	0,56	65,97	36,10
Catania Sigonella	0,042	0,031	0,59	67,90	38,62
Capo bellavista	0,024	0,036	0,64	72,67	43,49
Capo Mele	0,034	0,033	0,60	69,52	39,93
Génova	0,027	0,035	0,62	71,67	42,21
Nápoles	0,035	0,033	0,59	69,73	40,83
Pisa Norte	0,043	0,031	0,57	68,26	39,74
Roma	0,046	0,030	0,61	66,46	36,64
Gela (Sicilia)	0,037	0,032	0,60	68,98	39,67
Mesina (Sicilia)	0,047	0,030	0,58	67,34	38,88
Palermo (Sicilia)	0,016	0,040	0,67	75,72	46,56
Trapani (Sicilia)	0,045	0,029	0,60	68,92	41,98
Túnez-Cartago	0,042	0,031	0,59	68,35	39,88
Bizerta	0,067	0,027	0,53	63,16	34,06
Kélibia	0,042	0,031	0,59	67,91	38,88
Annaba	0,059	0,028	0,55	64,35	34,98

Skikda	0,053	0,029	0,55	65,10	35,42
Bugía	0,042	0,031	0,58	67,30	37,44
Dar el Baída	0,053	0,029	0,55	65,18	35,54
Chlef	0,070	0,026	0,52	62,35	33,06
Mostaganem	0,042	0,031	0,58	67,85	38,68
Miliana	0,039	0,032	0,58	68,00	38,08
Orán	0,050	0,029	0,56	65,88	36,27
Beni Saf	0,051	0,029	0,56	65,80	36,37

Para el cuarto índice CI10 (tabla 15), los extremos oscilan entre 0,46 y 0,66 (20 centésimas de variación), con una media de 0,55 (el 25 % de días lluviosos representa el 65 % de la lluvia total y el 10 % de los días aporta el 35 %). El observatorio que registra el valor máximo del CI10 es diferente al de los casos anteriores. En este caso, es el observatorio de Palermo (Sicilia) el que registra el valor máximo, de 0,66, lo que significa que el 25 % de los días más lluviosos representa el 75 % de la lluvia total y, concretamente, que el 10 % aporta hasta el 45,6 %. Los valores más bajos se localizan a lo largo de la ribera sur del Mediterráneo occidental, excepto los observatorios de Túnez-Cartago y Kélibia y los que están cerca de Palermo (Sicilia).

Tabla 15. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI10 y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 46 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1981 y 2010 (elaboración propia).

Observatorios	a	b	CI10	Pi (25%)	Pi (10%)
Alicante	0,039	0,032	0,58	67,93	37,98
Almería	0,063	0,027	0,53	63,34	33,68
Barcelona	0,050	0,029	0,56	65,60	35,76
Gerona	0,059	0,028	0,54	64,00	34,33
Ibiza	0,061	0,028	0,54	63,82	34,39
Mahón	0,066	0,027	0,53	62,93	33,37
Málaga	0,044	0,031	0,58	67,09	37,34
Melilla	0,053	0,029	0,56	65,29	35,82
Murcia	0,054	0,029	0,55	64,89	35,03
Palma	0,069	0,027	0,52	62,16	32,35
Tortosa	0,043	0,031	0,57	66,76	36,52
Valencia	0,033	0,034	0,60	69,31	38,95
Ajaccio	0,077	0,025	0,51	61,22	31,87
Cannes	0,047	0,030	0,57	66,20	36,32
Le Dramont	0,052	0,029	0,56	65,48	35,90
Fréjus	0,043	0,031	0,57	66,90	36,74

Marsella	0,051	0,029	0,55	65,15	35,00
Montpellier	0,040	0,032	0,58	67,43	37,14
Narbona	0,025	0,036	0,62	71,42	40,82
Niza	0,052	0,029	0,56	65,38	35,67
Perpiñán	0,022	0,037	0,63	72,14	41,43
Tolón	0,050	0,029	0,56	65,53	35,63
Cagliari	0,068	0,027	0,52	62,25	32,35
Catania Sigonella	0,057	0,028	0,55	64,44	34,89
Capo bellavista	0,034	0,033	0,60	69,27	39,24
Capo Mele	0,046	0,030	0,57	66,41	36,58
Génova	0,042	0,031	0,58	67,82	38,38
Nápoles	0,041	0,031	0,57	67,94	38,61
Pisa Norte	0,049	0,030	0,51	66,43	37,24
Roma	0,077	0,025	0,59	61,25	32,03
Gela (Sicilia)	0,042	0,031	0,58	67,24	37,08
Mesina (Sicilia)	0,051	0,029	0,56	66,04	36,87
Palermo (Sicilia)	0,016	0,040	0,66	75,27	45,62
Trapani (Sicilia)	0,032	0,033	0,62	71,12	42,89
Túnez-Cartago	0,040	0,032	0,58	67,76	37,80
Bizerta	0,079	0,025	0,51	60,88	31,46
Kélibia	0,049	0,030	0,56	66,00	36,29
Annaba	0,092	0,024	0,49	59,54	30,81
Skikda	0,083	0,025	0,50	60,58	31,63
Bugía	0,064	0,027	0,53	63,15	33,49
Dar el Baída	0,083	0,025	0,50	60,48	31,42
Chlef	0,112	0,022	0,46	57,14	28,77
Mostaganem	0,064	0,027	0,54	63,43	34,07
Miliana	0,061	0,028	0,54	63,59	33,88
Orán	0,069	0,027	0,52	62,25	32,56
Beni saf	0,077	0,025	0,51	61,34	32,12

VII. 1. 3. Valores de los índices de Gini y de concentración con intervalos de clase de 1, 5 y 10 mm en el subperiodo 1951-1980

Para el subperiodo de 1951-1980 se han obtenido también los valores de los cuatro índices IG1, CI1, CI5 y CI10. La tabla 16 muestra los resultados del IG1, en la que se observa que todos los valores del IG1 son altos (\geq el umbral de 0,61). Los extremos del IG1 varían entre 0,61 y 0,70 (9 centésimas de variación), con una media de 0,65. El valor máximo se da en varias zonas del área de estudio: Perpiñán, Montpellier, Valencia y Tortosa. Mientras que el valor mínimo se da en Annaba, Chlef y Ajaccio, en la isla de Córcega.

Tabla 16. Los valores del índice de Gini en clases de 1 mm (IG1) en el subperiodo 1951-1980 (elaboración propia).

Observatorios	IG1
Alicante	0,68
Almería	0,63
Barcelona	0,65
Gerona	0,64
Ibiza	0,66
Mahón	0,64
Málaga	0,64
Melilla	0,66
Murcia	0,67
Palma	0,65
Tortosa	0,70
Valencia	0,70
Ajaccio	0,61
Cannes	0,65
Le Dramont	0,65
Fréjus	0,64
Montpellier	0,70
Narbona	0,69
Niza	0,64
Perpiñán	0,70
Tolón	0,66
Cagliari	0,68
Catania Sigonella	0,67
Génova	0,65
Roma	0,67
Annaba	0,61
Skikda	0,62
Bugía	0,64
Dar el Baída	0,63
Chlef	0,61
Orán	0,62

Los resultados de los valores del CII mostrados en la tabla 17 muestran que el rango de los valores va de 0,61 a 0,70 (9 centésimas de variación), con una media de 0,65. Esto significa que el 25 % de los días más lluviosos aporta del 71 % hasta el 75 % de la lluvia total. El valor máximo se da en Montpellier y Valencia (el 25 % de los días lluviosos aporta el 78,5 % del total pluviométrico y el 10 % de los días más lluviosos representa el 50 % de la cantidad total de la lluvia). El valor mínimo se da en varios

lugares de áreas distintas como Ajaccio, Annaba, Skikda y Chlef. En estos lugares, podemos ver que el 25 % de los días lluviosos se corresponde con el 70 % de la lluvia total y el 10 % aporta alrededor del 40 %.

Tabla 17. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CII y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 1980 (elaboración propia).

Observatorios	a	b	CII	Pi (25%)	Pi (10%)
Alicante	0,014	0,041	0,68	76,71	48,13
Almería	0,028	0,035	0,62	71,46	42,37
Barcelona	0,019	0,039	0,65	73,80	43,96
Gerona	0,027	0,035	0,63	72,08	43,49
Ibiza	0,026	0,035	0,65	72,56	44,22
Mahón	0,042	0,031	0,63	68,36	39,69
Málaga	0,037	0,032	0,64	69,17	40,07
Melilla	0,029	0,034	0,65	72,34	44,98
Murcia	0,018	0,039	0,66	75,27	46,63
Palma	0,039	0,031	0,65	70,78	44,29
Tortosa	0,012	0,043	0,69	77,96	49,51
Valencia	0,011	0,043	0,70	78,40	50,61
Ajaccio	0,028	0,035	0,61	70,45	39,83
Cannes	0,017	0,040	0,65	74,20	43,27
Le Dramont	0,019	0,039	0,65	73,98	43,91
Fréjus	0,020	0,038	0,64	73,20	42,76
Montpellier	0,010	0,045	0,70	78,62	49,64
Narbona	0,015	0,040	0,68	76,98	49,40
Niza	0,019	0,039	0,64	73,47	42,89
Perpiñán	0,011	0,043	0,69	78,23	50,04
Tolón	0,016	0,040	0,65	74,62	44,11
Cagliari	0,010	0,045	0,69	77,83	48,04
Catania Sigonella	0,023	0,036	0,66	74,31	47,19
Génova	0,020	0,038	0,64	73,66	43,92
Roma	0,011	0,045	0,67	76,70	45,38
Annaba	0,031	0,034	0,61	70,11	40,14
Skikda	0,028	0,035	0,61	70,80	40,82
Bugía	0,026	0,036	0,63	72,15	42,94
Dar el Baída	0,025	0,036	0,62	71,78	41,86
Chlef	0,032	0,033	0,61	70,16	40,85
Orán	0,027	0,035	0,62	71,37	41,50

El índice CI5 para este subperiodo (tabla 18) es menor o igual a 0,60 en 21 observatorios de los 31 estudiados, o sea el 68 % del total de observatorios. Los 10 observatorios restantes, o el 32 % de los valores, superan el 0,60, por lo tanto son de alta concentración diaria, localizándose en el norte y el oeste del Mediterráneo occidental (a lo largo de las costas mediterráneas españolas y francesas) y en los observatorios de Génova y Palermo (Sicilia). Los extremos oscilan entre 0,54 y 0,65 (11 centésimas de variación), con una media de 0,59, lo que indica que el 25 % de los días más lluviosos aporta casi el 69 % de la cantidad total de lluvia y, más concretamente, el 39 % de la cantidad de la lluvia total cae en el 10 % de los días más lluviosos. El valor máximo se da en Tortosa (el 25 % de los días representa el 74 % del total pluviométrico y el 10 % de días lluviosos representa el 44 %), en cambio, el valor mínimo se da en Annaba (el 64 % del total pluviométrico es aportado por el 25% de los días más lluviosos y el 35 % de la lluvia total cae en el 10 % de los días más lluviosos).

Los valores del último índice, CI10, y los porcentajes de la lluvia total anual aportados por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos, junto con los parámetros a y b, se presentan en la tabla 19. Los extremos del CI10 se sitúan en 0,50 y 0,61 (11 centésimas de variación). Los valores extremos se dan en las mismas zonas del tercer índice, CI5, con una media de 0,55, lo que supone que el 65 % del total pluviométrico cae en el 25 % de los días lluviosos y el 35 % de la lluvia cae en el 10 % de los días (el 65 % del resto de la lluvia cae en el 90 % de los días lluviosos).

Tabla 18. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI5 y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 1980 (elaboración propia).

Observatorios	a	b	CI5	Pi (25%)	Pi (10%)
Alicante	0,028	0,035	0,62	70,92	41,16
Almería	0,048	0,030	0,57	66,24	36,63
Barcelona	0,040	0,031	0,59	68,24	38,94
Gerona	0,039	0,032	0,59	68,49	39,31
Ibiza	0,042	0,031	0,60	68,04	39,05
Mahón	0,054	0,028	0,58	65,60	36,71
Málaga	0,048	0,030	0,60	66,74	37,62
Melilla	0,047	0,030	0,60	67,58	39,34
Murcia	0,030	0,034	0,61	70,35	40,40
Palma	0,074	0,025	0,57	63,16	35,49
Tortosa	0,019	0,039	0,65	74,00	44,07
Valencia	0,021	0,038	0,64	73,33	43,77
Ajaccio	0,056	0,028	0,55	64,38	34,54
Cannes	0,032	0,034	0,60	69,44	39,05
Le Dramont	0,031	0,034	0,61	70,21	40,34
Fréjus	0,035	0,033	0,59	68,89	38,67
Montpellier	0,020	0,038	0,64	73,41	43,37
Narbona	0,022	0,037	0,64	73,16	43,93
Niza	0,035	0,033	0,59	68,87	38,63
Perpiñán	0,021	0,038	0,64	73,37	43,68
Tolón	0,035	0,033	0,59	68,90	38,86
Cagliari	0,039	0,032	0,58	67,91	37,72
Catania Sigonella	0,025	0,036	0,63	72,31	43,13
Génova	0,031	0,034	0,61	70,24	40,40
Roma	0,039	0,032	0,58	67,54	37,07
Annaba	0,058	0,028	0,54	64,29	34,77
Skikda	0,055	0,028	0,55	65,03	35,71
Bugía	0,043	0,031	0,58	67,45	38,11
Dar el Baída	0,045	0,031	0,57	66,87	37,17
Chlef	0,056	0,028	0,55	64,82	35,41
Orán	0,056	0,028	0,55	64,63	35,03

Tabla 19. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI10 y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 1980 (elaboración propia).

Observatorios	a	b	CI10	Pi (25%)	Pi (10%)
Alicante	0,046	0,030	0,57	66,37	36,35
Almería	0,095	0,023	0,49	59,19	30,64
Barcelona	0,061	0,028	0,54	63,93	34,57
Gerona	0,058	0,028	0,55	64,83	35,81
Ibiza	0,055	0,029	0,55	64,87	35,32
Mahón	0,083	0,024	0,52	61,15	32,73
Málaga	0,063	0,027	0,56	63,80	34,75
Melilla	0,064	0,027	0,55	63,80	34,92
Murcia	0,050	0,030	0,56	65,41	35,31
Palma	0,065	0,027	0,53	63,01	33,49
Tortosa	0,029	0,035	0,61	70,36	39,99
Valencia	0,033	0,033	0,60	69,43	39,39
Ajaccio	0,086	0,024	0,50	60,05	30,88
Cannes	0,053	0,029	0,55	64,92	35,01
Le Dramont	0,048	0,030	0,57	66,23	36,61
Fréjus	0,057	0,028	0,55	64,36	34,59
Montpellier	0,034	0,033	0,59	69,04	38,66
Narbona	0,036	0,033	0,59	68,93	39,08
Niza	0,055	0,029	0,55	64,54	34,65
Perpiñán	0,033	0,033	0,60	69,25	39,02
Tolón	0,058	0,028	0,54	64,26	34,60
Cagliari	0,072	0,026	0,52	61,89	32,37
Catania Sigonella	0,034	0,033	0,60	69,14	39,18
Génova	0,047	0,030	0,57	66,63	37,14
Roma	0,080	0,025	0,51	60,81	31,47
Annaba	0,085	0,024	0,50	60,16	31,05
Skikda	0,081	0,025	0,51	60,92	31,89
Bugía	0,060	0,028	0,54	63,81	34,16
Dar el Baída	0,067	0,027	0,53	62,83	33,44
Chlef	0,081	0,025	0,51	60,78	31,64
Orán	0,085	0,024	0,50	60,08	30,93

Tabla 20. Valores de los índices CII, CI5, CI10 e IG1 de los 31 observatorios analizados para el período 1951-2010 y el subperíodo 1951-1980 y de los 46 observatorios para el subperíodo 1981-2010 (elaboración propia).

Observatorios	1951-2010				1981-2010				1951-1980			
	CII	CI5	CI10	IG1	CII	CI5	CI10	IG1	CII	CI5	CI10	IG1
Alicante	0,68	0,62	0,58	0,69	0,65	0,63	0,58	0,66	0,68	0,62	0,57	0,68
Almería	0,63	0,57	0,51	0,64	0,65	0,57	0,53	0,65	0,62	0,57	0,49	0,63
Barcelona	0,65	0,60	0,55	0,66	0,66	0,61	0,56	0,66	0,65	0,59	0,54	0,65
Gerona	0,63	0,59	0,55	0,64	0,63	0,58	0,54	0,63	0,63	0,59	0,55	0,64
Ibiza	0,65	0,60	0,55	0,66	0,66	0,60	0,54	0,67	0,65	0,60	0,55	0,66
Mahón	0,63	0,58	0,52	0,64	0,64	0,59	0,53	0,65	0,63	0,58	0,52	0,64
Málaga	0,64	0,60	0,56	0,64	0,67	0,62	0,58	0,68	0,64	0,60	0,56	0,64
Melilla	0,65	0,60	0,55	0,66	0,66	0,60	0,56	0,67	0,65	0,60	0,55	0,66
Murcia	0,67	0,61	0,56	0,68	0,68	0,61	0,55	0,68	0,66	0,61	0,56	0,67
Palma	0,65	0,57	0,53	0,65	0,66	0,57	0,52	0,65	0,65	0,57	0,53	0,65
Tortosa	0,69	0,64	0,59	0,70	0,69	0,63	0,57	0,70	0,69	0,65	0,61	0,70
Valencia	0,69	0,65	0,60	0,70	0,69	0,65	0,60	0,70	0,70	0,64	0,60	0,70
Ajaccio	0,62	0,55	0,50	0,62	0,63	0,56	0,51	0,63	0,61	0,55	0,50	0,61
Cannes	0,66	0,61	0,56	0,67	0,68	0,62	0,57	0,68	0,65	0,60	0,55	0,65
Le Dramont	0,67	0,62	0,57	0,67	0,67	0,61	0,56	0,68	0,65	0,61	0,57	0,65
Fréjus	0,67	0,61	0,56	0,67	0,70	0,63	0,57	0,70	0,64	0,59	0,55	0,64
Marsella					0,66	0,60	0,55	0,66				
Montpellier	0,69	0,64	0,59	0,70	0,69	0,63	0,58	0,70	0,70	0,64	0,59	0,70
Narbona	0,71	0,66	0,61	0,72	0,73	0,67	0,62	0,73	0,68	0,64	0,59	0,69
Niza	0,65	0,60	0,55	0,66	0,66	0,61	0,56	0,67	0,64	0,59	0,55	0,64
Perpiñán	0,71	0,66	0,61	0,71	0,72	0,67	0,63	0,73	0,69	0,64	0,60	0,70
Tolón	0,67	0,60	0,55	0,67	0,68	0,61	0,56	0,68	0,65	0,59	0,54	0,66
Cagliari	0,67	0,57	0,52	0,67	0,65	0,56	0,52	0,65	0,69	0,58	0,52	0,68
Catania												
Sigonella	0,64	0,61	0,57	0,65	0,63	0,59	0,55	0,64	0,66	0,63	0,60	0,67
Capo bellavista					0,67	0,64	0,60	0,68				
Capo Mele					0,64	0,60	0,57	0,64				
Génova	0,65	0,61	0,58	0,66	0,67	0,62	0,58	0,67	0,64	0,61	0,57	0,65
Nápoles					0,63	0,59	0,57	0,63				
Pisa Norte					0,64	0,57	0,51	0,64				
Roma	0,65	0,57	0,51	0,66	0,63	0,61	0,59	0,64	0,67	0,58	0,51	0,67
Gela (Sicilia)					0,63	0,60	0,58	0,64				
Mesina (Sicilia)					0,62	0,58	0,56	0,63				
Palermo (Sicilia)					0,69	0,67	0,66	0,70				
Trapani (Sicilia)					0,66	0,60	0,62	0,67				
Túnez-Cartago					0,63	0,59	0,58	0,64				
Bizerta					0,58	0,53	0,51	0,58				
Kélibia					0,62	0,59	0,56	0,63				

Annaba	0,60	0,55	0,50	0,61	0,60	0,55	0,49	0,61	0,61	0,54	0,50	0,61
Skikda	0,61	0,55	0,51	0,62	0,61	0,55	0,50	0,61	0,61	0,55	0,51	0,62
Bugía	0,63	0,58	0,53	0,63	0,63	0,58	0,53	0,63	0,63	0,58	0,54	0,64
Dar el Baída	0,62	0,56	0,52	0,63	0,62	0,55	0,50	0,62	0,62	0,57	0,53	0,63
Chlef	0,60	0,54	0,49	0,61	0,59	0,52	0,46	0,60	0,61	0,55	0,51	0,61
Mostaghanem					0,64	0,58	0,54	0,64				
Miliana					0,65	0,58	0,54	0,65				
Orán	0,62	0,56	0,51	0,63	0,63	0,56	0,52	0,64	0,62	0,55	0,50	0,62
Beni Saf					0,62	0,56	0,51	0,63				

A partir de los valores hallados en la tabla 20 de los cuatro índices IG1, CI1, CI5 y CI10 para los tres periodos, se presenta la tabla 21, que recoge la media de estos índices para el conjunto del área de estudio en los diferentes periodos estudiados.

Tabla 21. Media de los valores de los cuatro índices en el conjunto del área de estudio en los tres periodos estudiados (elaboración propia).

	<i>1951-2010</i>	<i>1981-2010</i>	<i>1951-1980</i>
IG1	0,66	0,66	0,65
CI1 (1mm)	0,65	0,65	0,65
CI5 (5mm)	0,60	0,60	0,59
CI10 (10mm)	0,55	0,55	0,55

En la tabla 21, se observa que los valores de los cuatro índices estudiados con dos decimales son iguales, excepto los de los índices IG1 y CI5 del subperiodo 1951-1980, los cuales disminuyen en una centésima respecto a los IG1 y del CI5 para el periodo 1951-2010 y el subperiodo 1981-2010.

Si se comparan la longitud de las clases y los valores de los cuatro índices en los tres periodos, se puede destacar la relación inversa teóricamente esperable, cuando aumenta la longitud de las clases disminuye el valor del índice, en concreto, al aumentar en 5 mm, disminuye la media anual de los cuatro índices en 5 o 6 centésimas.

Los resultados obtenidos de los cuatro índices IG1, CI1, CI5 y CI10 para el periodo 1951-2010 y los dos subperiodos 1951-1980 y 1981-2010 muestran claramente la irregularidad de la cantidad de lluvia diaria que se ha registrado en los observatorios estudiados en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental. También se ha

confirmado la primera hipótesis, relativa a que los valores de la concentración diaria de la precipitación en la cuenca del Mediterráneo occidental son altos.

Se han hallado los valores de los índices IG1, CI1, CI5 y CI10 de los 31 observatorios para el período 1951-2010 y el subperíodo 1951-1980 y de los 46 observatorios para el subperíodo 1981-2010. Véase que $CI1 > CI5 > CI10$, en todos los casos, para los tres periodos diferentes con la única excepción de Trapani (Sicilia), en el que se registra $CI5 < CI10$ en el subperíodo 1981-2010.

Los valores de CI1 hallados para los observatorios litorales de la cuenca occidental mediterránea, en comparación con los obtenidos con el mismo método para Irán (Alijani *et al.*, 2008) y para la región de Xinjiang (China) (LI *et al.*, 2011), son muy parecidos. Por el contrario, si los comparamos con los obtenidos por Zang *et al.* (2009), en la cuenca del río Perla (China), son bajos. En comparación con la península de Malasia (Souhaila y Jemain, 2011), los Andes Centrales peruanos (Zubieta y Saavedra, 2009) y Chile (Sarricolea y Martín-Vide, 2012) son altos. Básicamente, los valores de CI1 obtenidos en el presente estudio permiten afirmar que la concentración diaria de la precipitación en la cuenca del Mediterráneo occidental es elevada.

Hemos hallado para el índice CI1 que la máxima contribución del 25 % de los días más lluviosos supone el 82 % del total pluviométrico, en el observatorio de Narbona (en el subperíodo 1981-2010), y el valor mínimo supone el 68 % del total de la lluvia, en el observatorio de Mahón (en el subperíodo 1951-1980).

Si se comparan CI1 e IG1, los valores con dos decimales son iguales o el índice de Gini supera al primero en una centésima en todos los observatorios para el periodo 1951-2010. Para los dos subperiodos, 1951-1980 y 1981-2010, puede verse que ocurre al revés ($CI1 > IG1$) en los observatorios de Cagliari y Palma.

El rango de valores aumenta a medida que se incrementa la longitud de las clases. Así, para el período completo, los extremos del CI1 se sitúan en 0,60 y 0,71 (11 centésimas de variación), los del CI5, en 0,54 y 0,66 (12 centésimas), los del CI10, en 0,49 y 0,61 (12 centésimas) y los del IG1, en 0,61 y 0,72 (11 centésimas). Para el subperíodo (1981-2010), los extremos del CI1 se sitúan en 0,58 y 0,73 (15 centésimas de variación), los del CI5, en 0,52 y 0,67 (15 centésimas), los del CI10, en 0,46 y 0,66 (20 centésimas) y los del IG1, en 0,58 y 0,73 (15 centésimas) y para el subperíodo 1951-1980, los

extremos del CII se sitúan en 0,61 y 0,70 (9 centésimas de variación), los del CI5, en 0,54 y 0,65 (11 centésimas), los del CII0, en 0,50 y 0,61 (11 centésimas) y los del IG1, en 0,61 y 0,70 (9 centésimas).

Tabla 22. Valores del coeficiente de correlación de Pearson entre los diferentes índices de concentración diaria de 46 observatorios del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental durante el período 1951-2010 y los subperíodos 1951-1980 y 1981-2010. Todos los valores son positivos y significativos, $p < 0,000$ (elaboración propia).

1951-2010	CII	CI5	CII0	IG1
CII	1	0,92	0,86	0,99
CI5		1	0,98	0,95
CII0			1	0,90
IG1				1
1951-1980	CII	CI5	CII0	IG1
CII	1	0,85	0,75	0,99
CI5		1	0,97	0,90
CII0			1	0,81
IG1				1
1981-2010	CII	CI5	CII0	IG1
CII	1	0,70	0,70	0,99
CI5		1	0,90	0,93
CII0			1	0,75
IG1				1

En la tabla 22 se muestran los valores del coeficiente de correlación de Pearson entre los cuatro índices de los 31 observatorios analizados para el período completo (1951-2010) y el subperíodo (1951-1980), y los 46 observatorios para el subperíodo (1981-2010). Los valores muestran correlaciones muy altas, en todos los casos significativas al nivel de confianza del 95 % ($p < 0,000$), entre CII, CI5, CII0 e IG1.

En particular, CII e IG1 presentan correlaciones prácticamente perfectas (0,99) en los tres periodos, el completo (1951-2010), el subperíodo (1951-1980) y el subperíodo (1981-2010). En consecuencia, los mapas resultantes de representar los valores de cada uno de los cuatro índices de los 31 observatorios para el periodo 1951-2010 y el subperíodo 1951-1980 y de los 46 observatorios para el subperíodo 1981-2010, que se presentan en el capítulo siguiente, son similares.

VII. 2. Resultados y discusiones: Variación de la concentración diaria entre los subperiodos 1951-1980 y 1981-2010

En la tabla 23 se observa el detalle por observatorio de la variación de los cuatro índices entre los dos subperiodos analizados, que muestra los observatorios que tienen diferencias en los valores de los índices, incremento, decrecimiento o igualdad entre los subperiodos (1951-1980) y (1981-2010).

Tabla 23. Evolución de los cuatro índices CI1, CI5, CI10 e IG1 entre los dos subperiodos (1951-1980) y (1981-2010). Elaboración propia.

Observatorios	Lat.	Long.	Variación del IG1	Variación del CI1	Variación del CI5	Variación del CI10
Alicante	38,37	-0,50	-0,02	-0,03	0,01	0,02
Almería	36,85	-2,38	0,02	0,03	0,00	0,05
Barcelona	41,30	2,08	0,01	0,01	0,02	0,02
Gerona	41,90	2,77	-0,01	0,00	-0,02	-0,01
Ibiza	38,88	1,38	0,01	0,01	0,00	-0,01
Mahón	39,85	4,22	0,02	0,02	0,01	0,00
Málaga	36,67	-4,48	0,03	0,03	0,03	0,02
Melilla	35,28	-2,95	0,01	0,01	0,00	0,00
Murcia	37,95	-1,23	0,01	0,01	0,00	-0,01
Palma	39,57	2,73	0,00	0,01	0,01	-0,01
Tortosa	40,82	0,48	0,00	0,00	-0,01	-0,04
Valencia	39,48	-0,38	0,00	0,00	0,00	0,00
Ajaccio	41,92	8,78	0,02	0,02	0,02	0,01
Cannes	43,53	6,95	0,03	0,03	0,02	0,01
Le Dramont	43,42	6,85	0,03	0,03	0,00	-0,01
Fréjus	43,42	6,73	0,06	0,06	0,03	0,03
Montpellier	43,58	3,97	0,00	0,00	-0,01	-0,02
Narbona	43,15	2,95	0,04	0,05	0,03	0,02
Niza	43,65	7,20	0,03	0,02	0,02	0,01
Perpiñán	42,73	2,87	0,02	0,03	0,03	0,03
Tolón	43,10	5,93	0,03	0,03	0,02	0,01
Cagliari	39,23	9,05	-0,02	-0,03	-0,02	0,00
Catania Sigonella	37,40	14,92	-0,03	-0,03	-0,05	-0,05
Génova	44,42	8,93	0,02	0,02	0,02	0,01
Roma	41,78	12,58	-0,03	-0,04	0,03	0,08
Annaba	36,83	7,80	-0,01	-0,01	0,00	-0,01
Skikda	36,88	6,90	0,00	0,00	0,00	0,00
Bugía	36,72	5,07	0,00	0,00	0,00	-0,01
Dar el Baída	36,68	3,22	-0,01	0,00	-0,02	-0,03
Chlef	36,20	1,33	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04
Orán	35,63	-0,60	0,01	0,01	0,01	0,02

Al comparar los valores de los distintos índices de los 31 observatorios analizados entre los subperiodos 1951-1980 y 1981-2010 surge la tabla 24.

Tabla 24. Número de observatorios según la diferencia entre los valores de los índices CII, CI5, CI10 e IG1 del subperiodo 1981-2010 menos los del subperiodo 1951-1980 de los 31 observatorios analizados (elaboración propia).

<i>Diferencia valores (1981-2010 menos 1951-1980)</i>	<i>CII</i>	<i>CI5</i>	<i>CI10</i>	<i>IG1</i>
<i>Aumento</i>	18	15	14	17
<i>Igualdad</i>	7	9	5	6
<i>Disminución</i>	6	7	12	8

Los índices CII e IG1 muestran un claro predominio de los aumentos de la concentración al pasar del primero al segundo subperiodo: en más del 54% de los observatorios se da un incremento. Solo en el noroeste y el oeste del área de estudio, Alicante y Gerona, el este, Cagliari, Roma y Catania Sigonella, y el sur, Annaba, Dar el Baída y Chlef, con el IG1 (Alicante, Cagliari, Roma, Catania Sigonella, Annaba y Chlef, con el CII) han visto disminuir los valores de los índices IG1 y CII (véase la tabla 23). Los aumentos en algunos observatorios cabe considerarlos sustantivos, entre 4 y 6 centésimas para el CII y el IG1, casi siempre en las costas mediterráneas francesas, como son los casos de Narbona y Fréjus (véase más detalles en la representación espacial en el capítulo siguiente).

Los índices CI5 y CI10 confirman el predominio de aumentos de la concentración diaria, aunque en un porcentaje de observatorios inferior, de algo menos del 40% (véanse las tablas 23 y 24). Estos resultados coinciden con los observados por Benhamrouche y Martín-Vide (2012) en el periodo de 1951 a 2010, los cuales mostraron incrementos claros de la concentración diaria según los cuatro índices estudiados en la fachada oriental de la península ibérica.

El número de los observatorios en aumento de la concentración diaria entre el primero y el segundo subperiodo disminuye a medida que aumenta la longitud de las clases. Así, para el CII se hallan 18 observatorios, 17 para el IG1, 15 para el CI5 y 14 para el CI10.

En consecuencia, se confirma también la tercera hipótesis, relativa a un incremento de la concentración diaria entre el primer y el segundo subperiodo, en consonancia con algunas de las tendencias halladas en el comportamiento extremo de la precipitación en la cuenca del Mediterráneo (IPCC, 2007; Gallego *et al.*, 2006), aunque tales análisis y, sobre todo, sus proyecciones futuras presentan una acusada incertidumbre.

CAPÍTULO VIII. ANÁLISIS ESPACIAL DE LOS VALORES DE LOS ÍNDICES DE GINI Y DE CONCENTRACIÓN CON INTERVALOS DE CLASE 1, 5 Y 10 MM

En este capítulo, se realiza un análisis de la distribución espacial de los valores de los cuatro índices de la concentración diaria de la precipitación IG1, CI1, CI5 y CI10 hallados en el capítulo anterior, en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental. Los valores de los cuatro índices se han calculado tomando el periodo completo 1951-2010 con 31 observatorios, el primer subperiodo 1981-2010 con 46 observatorios y el segundo subperiodo 1951-1980 con 31 observatorios. Se han cartografiado estos resultados mediante las herramientas de los programas Didger 3 y Surfer 8®.

VIII. 1. Resultados y discusiones: Distribución Comparación espacial de la concentración diaria según los diferentes índices y periodos

VIII. 1. 1. La distribución espacial del índice de Gini IG1 y de CI1, CI5 y CI10 en el periodo 1951-2010

Los mapas 10, 11, 12 y 13, resultantes de la representación espacial de los valores de cada uno de los cuatro índices estudiados, mediante puntos de color de los 31 observatorios en el periodo completo 1951-2010, no muestran grandes diferencias entre ellos, en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental. Las figuras 10 y 11 presentan una distribución espacial de los índices IG1 y CI1 que es muy parecida. Se observan pequeñas diferencias en los observatorios de Barcelona y Catania Sigonella, al ser levemente mayor el IG1 que el CI1 por una centésima. Por tal razón, los valores del CI1 de estos dos observatorios se incluyen en un intervalo menor [0,61 a 0,65[que el intervalo de IG1 [0,65 a 0,69[y cambian sus colores en el mapa correspondiente.

A partir de la distribución espacial de los valores de IG1 y CI1 se distinguen básicamente dos zonas, la primera es la ribera norte de la cuenca del Mediterráneo occidental, con valores elevados, en la que se observa que la mitad oeste de la costa mediterránea francesa (Narbona, Montpellier y Perpiñán) y la región central de la costa mediterránea española (Valencia y Tortosa) presentan los valores más elevados de IG1

y CII, que oscilan entre 0,69 y 0,74, lo que indica que entre el 78 % y el 80 % del total de la lluvia cae en el 25 % de los días más lluviosos, perfectamente descrito en los mapas 10 y 11. Usándose el umbral de 0,61 para los índices de IG1 y CII, se discriminan las regiones con alta concentración de precipitación diaria y, por lo tanto, con precipitación altamente agresiva (Martín-Vide, 2004). En general, un valor de 0,61 significa que el 25 % de los días lluviosos aporta el 70 % de la precipitación total y, más precisamente, el 10 % de los días más lluviosos representa el 40 % del total pluviométrico. Una segunda zona es la ribera sur del Mediterráneo occidental, con valores moderados, la cual abarca la costa argelina, en la que se registran los valores más bajos de IG1 y CII (Annaba y Chlef), que varían entre 0,57 y 0,61, lo que significa que entre el 69 % y el 70 % del total de la lluvia cae en el 25 % de los días más lluviosos. Estas son las regiones con más regularidad entre las cantidades de precipitación diaria de la zona de estudio. El resto de la cuenca del Mediterráneo occidental queda confinado, en cuanto a valores, entre la primera y la segunda zona.

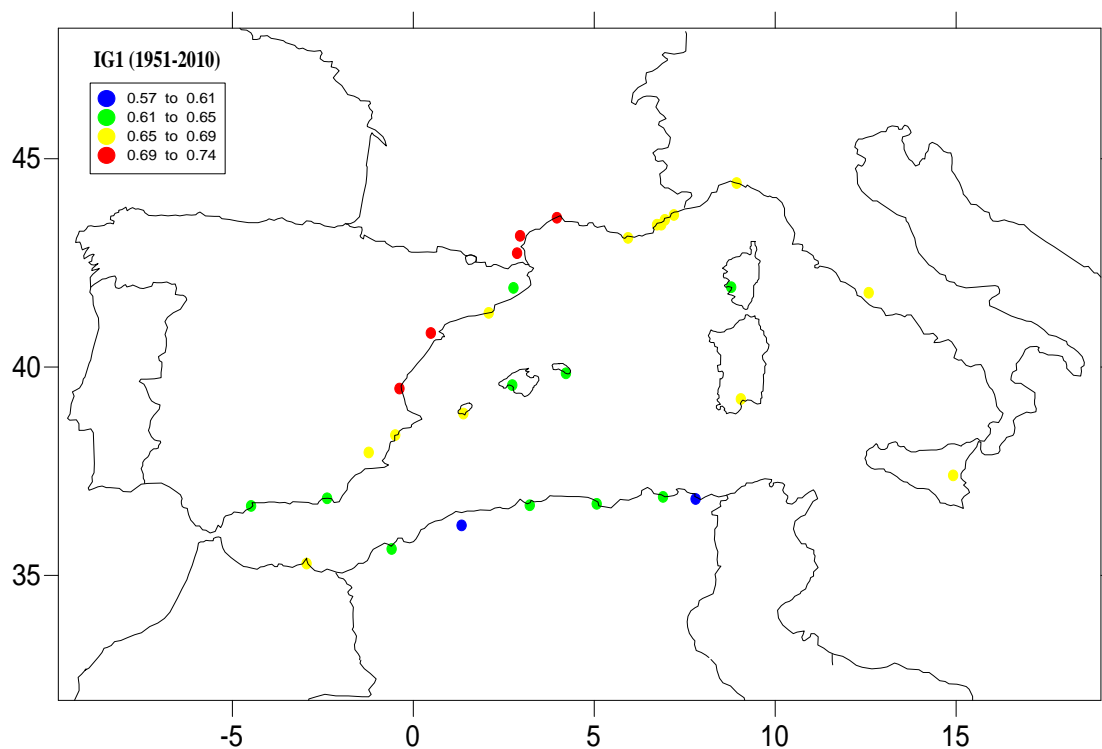


Figura 10. Distribución espacial del índice de Gini IG1 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental durante el periodo comprendido entre 1951 y 2010 (elaboración propia).

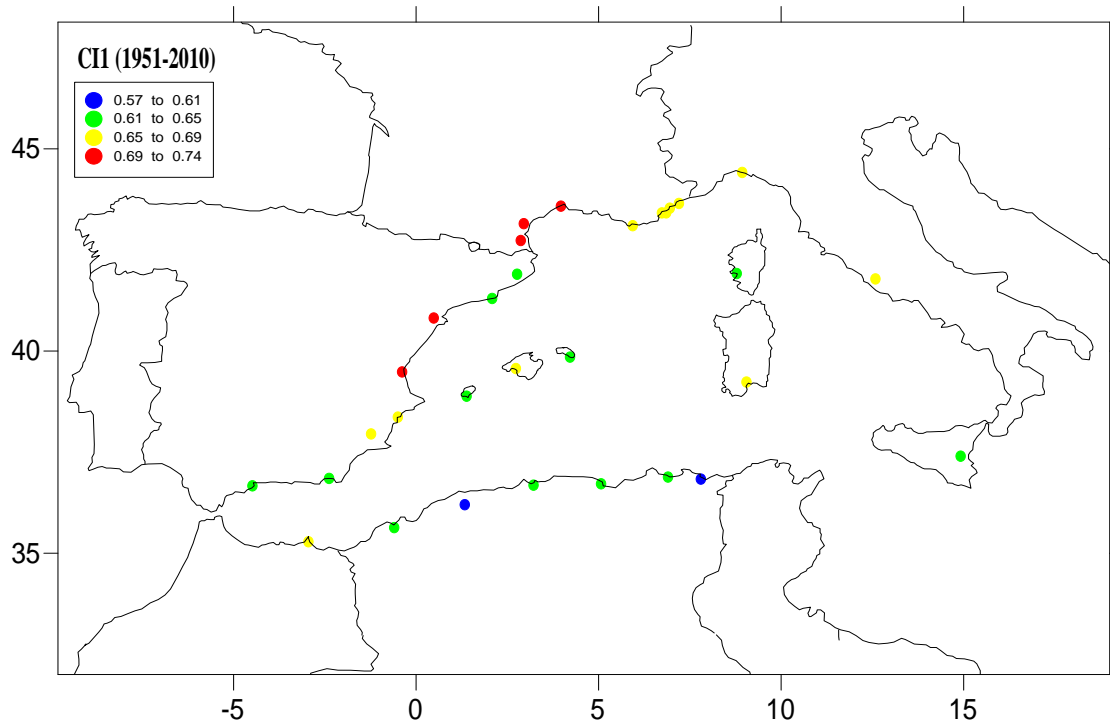


Figura 11. Distribución espacial del índice de concentración CII en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental durante el periodo comprendido entre 1951 y 2010 (elaboración propia).

Las figuras 12 y 13 muestran la distribución espacial de los valores de los índices CI5 y CI10, respectivamente. Podemos observar una gran similitud entre dichas figuras. La única diferencia marcada en algunos observatorios, especialmente en la ribera norte del área de estudio (Roma, Almería, Murcia, Valencia, Tortosa, Fréjus, Cannes, Niza, etc.) viene justificada por el aumento de la longitud de las clases. Como al aumentar la longitud de las clases de los índices, disminuyen sus valores, es posible que cambie el intervalo de un índice a otro. Los valores elevados de los índices CI5 y CI10 siguen dominando en la ribera norte del área de estudio, mientras que los valores moderados se presentan en la ribera sur de la misma. La mitad oeste de la costa mediterránea francesa (Narbona, Montpellier y Perpiñán) y la región central de la costa mediterránea española (Valencia y Tortosa) presentan los valores más elevados de CI5 y CI10, los cuales oscilan entre 0,64 y 0,68 (el 25 % de los días más lluviosos aporta entre el 73 % y el 75 % de la lluvia total) y entre 0,60 y 0,67 (el 25 % de los días más lluviosos aporta entre el 69 % y 71 % del total pluviométrico), respectivamente. En cambio, los valores más bajos de CI5 y CI10 se presentan en algunas sectores puntuales (la costa mediterránea argelina, Ajaccio, Almería y Roma), para el CI5, que se sitúa entre 0,52 y 0,56 (el 25 % de los días más lluviosos aporta entre el 63 % y el 65 % del total pluviométrico) y para

CI10, que se sitúa entre 0,46 y 0,51 (el 25 % de los días más lluviosos aporta entre el 50 % y el 61 % de la lluvia total).

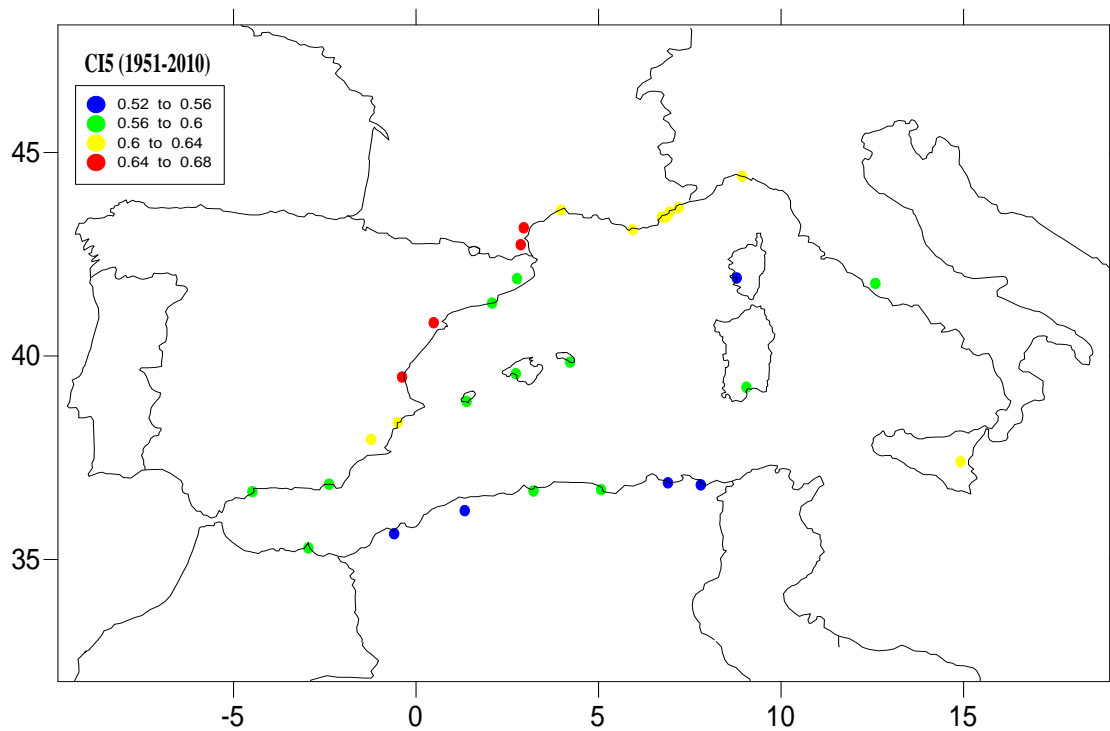


Figura 12. Distribución espacial del índice de concentración CI5 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el periodo comprendido entre 1951 y 2010 (elaboración propia).

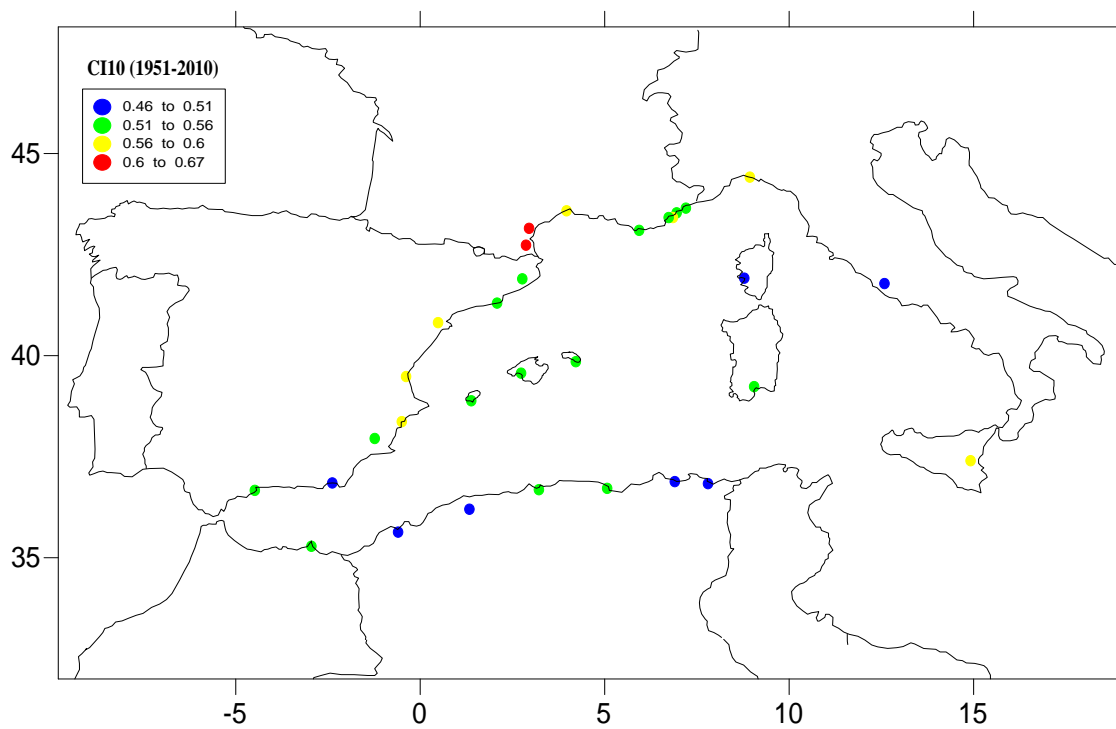


Figura 13. Distribución espacial del índice de concentración CI10 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el periodo comprendido entre 1951 y 2010 (elaboración propia).

A la vista del conjunto de los mapas presentados anteriormente, podemos decir que las distribuciones espaciales obtenidas para los valores de los cuatro índices distintos usados, para el periodo 1951-2010, son muy similares y reflejan claramente las distintas zonas, zonas con alta o moderada concentración diaria de precipitación en el área de estudio, a pesar de que la longitud de las clases y el rango de valores son diferentes.

VIII. 1. 2. La distribución espacial del índice de Gini IG1 y de CI1, CI5 y CI10 en el subperiodo 1981-2010

En este subperiodo, se han cartografiado en las figuras 14, 15, 16 y 17 los valores de los cuatro índices estudiados de 46 observatorios (véase el capítulo anterior). Estos mapas son muy parecidos. Se distingue básicamente una distribución espacial algo dispersa de los valores de los cuatro índices en el área estudiada, aunque pueden distinguirse bien las áreas y sectores con los valores más altos y más bajos.

Las figuras 14 y 15 muestran la distribución espacial del IG1 y CI1 en clases de 1 mm, en las que se observan claramente las áreas con valores muy altos de la concentración diaria de precipitación, en el intervalo $[0,69-0,74[$, que se localizan en la mitad oeste de la costa mediterránea francesa más la región de Fréjus, el sector central de la costa mediterránea española (Valencia y Tortosa) y el área de Palermo (Sicilia). En estas áreas, la mayor parte de la lluvia cayó en unos pocos días (por ejemplo, en Narbona, el 25 % de los días más lluviosos aporta el 82 % del total pluviométrico y el 10 % aporta el 54 %). Siguen los valores comprendidos entre 0,65 y 0,69, valores altos de la concentración diaria de la precipitación, presentes en la mitad este de la costa mediterránea francesa, el sur y una parte del sureste de la costa mediterránea española, el área de Barcelona, el norte de Marruecos (y la vecina Melilla), las islas de Ibiza, Mallorca, Menorca, Cerdeña y las áreas de Miliana, Génova y Trapani (Sicilia). Las zonas de valores intermedios, $[0,61-0,65[$, son abundantes en la costa mediterránea italiana y argelina. Los valores más bajos se localizan en algunos tramos dispersos de la costa mediterránea africana (Bizerta, Annaba, Skikda y Chlef), con lluvias más regulares o menos concentradas.

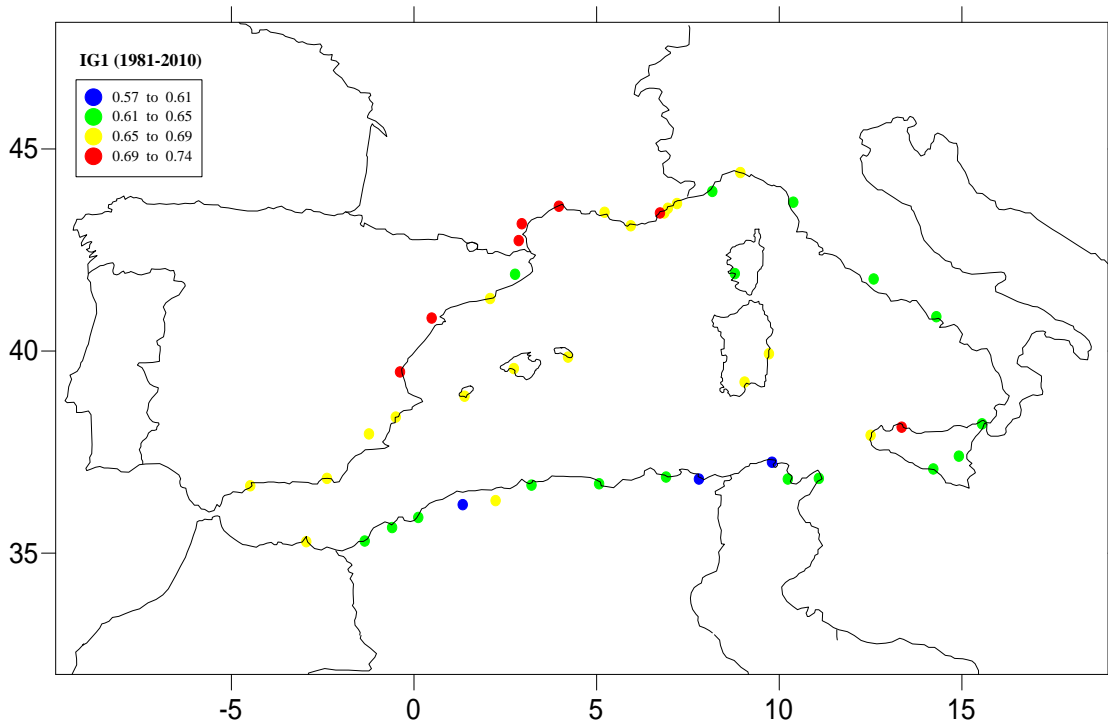


Figura 14. Distribución espacial del índice de Gini IG1 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1981 y 2010 (elaboración propia).

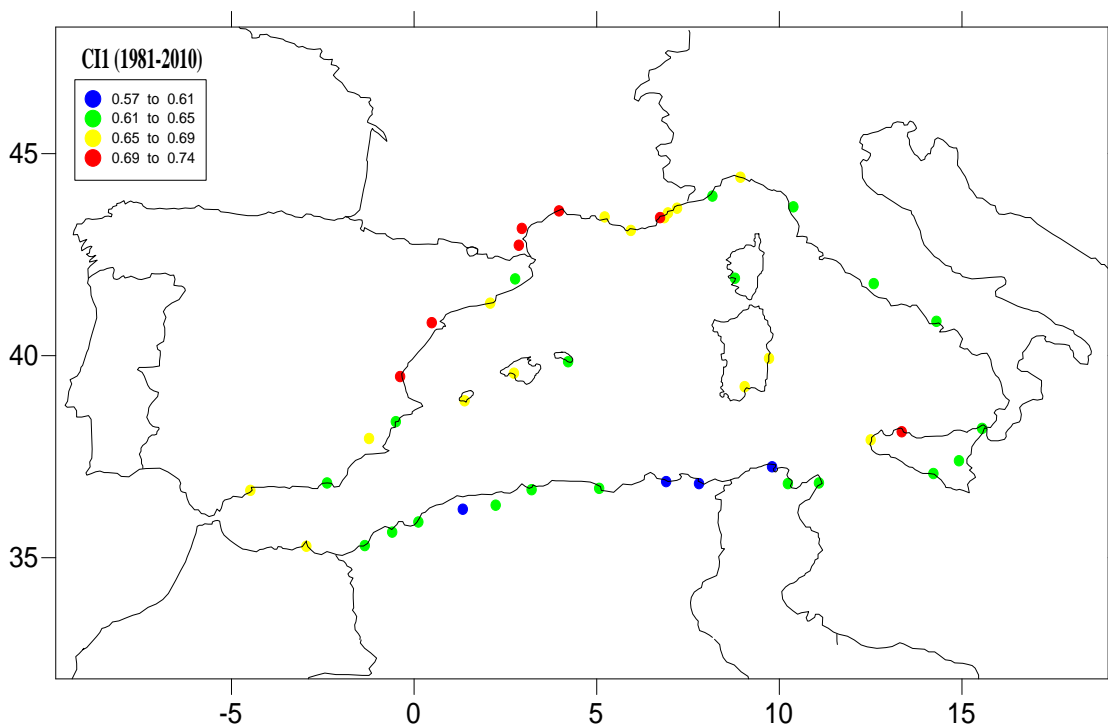


Figura 15. Distribución espacial del índice de concentración CII en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1981 y 2010 (elaboración propia).

Las figuras 16 y 17 exponen la distribución espacial del CI5 y CI10 en clases de 5 y 10 mm, respectivamente. A partir de ellas, podemos destacar algunas pequeñas diferencias en los valores máximos (Valencia y Trapani, Sicilia) y en los valores altos de CI5 y CI10 en Tolón, Cannes, Niza, Nápoles, Mesina (Sicilia), Gela (Sicilia), Túnez-Cartago, Kélibia y Melilla, debido a que, si la longitud de las clases aumenta, el rango de los valores de los índices CI5 y CI10 disminuye, por lo tanto, puede cambiar el intervalo de valores muy alto y alto de un índice a otro. No obstante, la estructura de la distribución espacial de estos dos índices sigue conservando el mismo comportamiento de las figuras 14 y 15, es decir, la distribución espacial de los valores de los cuatro índices es muy similar en el conjunto de los cuatro mapas, a pesar de que la amplitud de las clases y el rango de valores de los índices son diferentes.

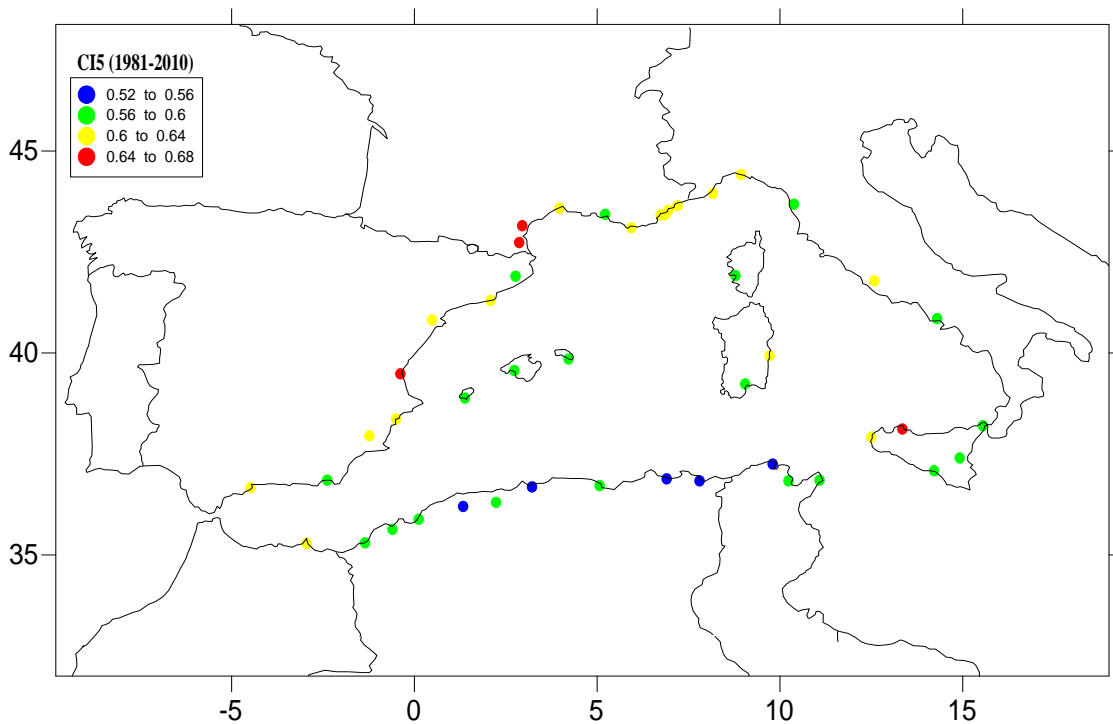


Figura 16. Distribución espacial del índice de concentración CI5 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperíodo comprendido entre 1981 y 2010 (elaboración propia).

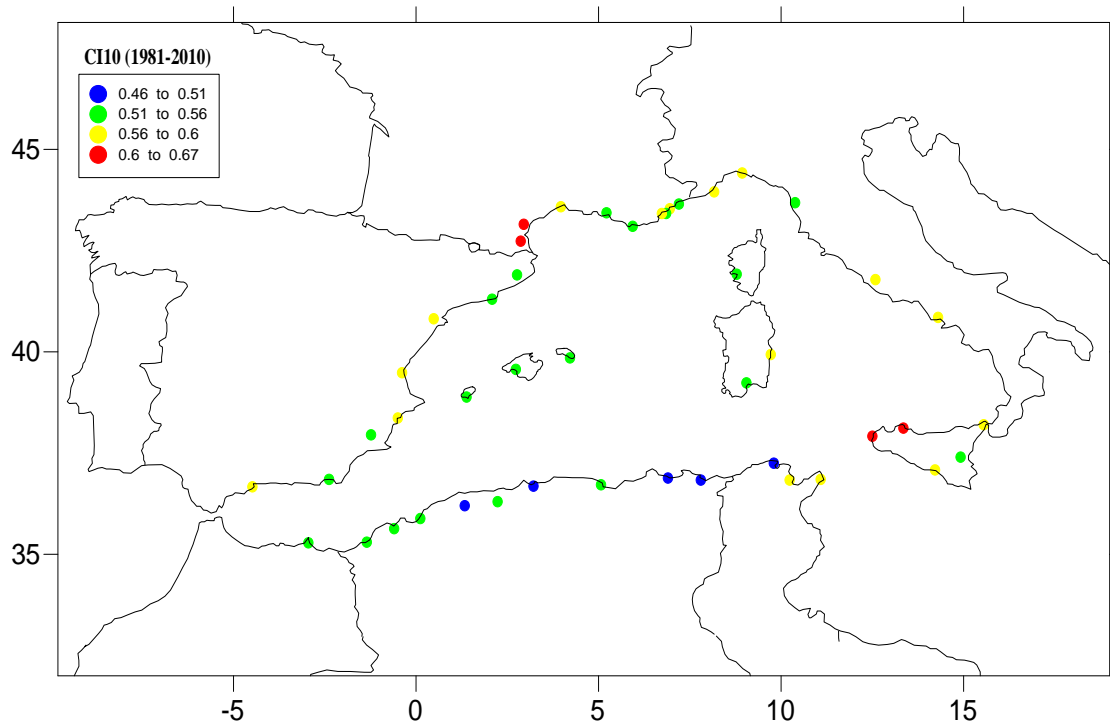


Figura 17. Distribución espacial del índice de concentración CI10 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1981 y 2010 (elaboración propia).

A partir del conjunto de los mapas de los cuatro índices, IG1, CI1, CI5 y CI10, durante el subperiodo 1981-2010, la conclusión que se extrae es que, efectivamente, estamos ante unos resultados muy similares en toda el área de estudio.

VIII. 1. 3. La distribución espacial del índice de Gini IG1 y de CI1, CI5 y CI10 en el subperiodo 1951-1980

La distribución en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental de los valores del índice de Gini (IG1) y de concentración diaria de la precipitación CI1, CI5 y CI10, en el subperiodo 1951-1980, permite distinguir claramente unas áreas y sectores con los valores de los cuatro índices más altos y más bajos.

Las figuras 18 y 19 muestran la distribución espacial del IG1 y del CI1 en clases de 1 mm, en las que se observan claramente las regiones con valores más altos de la concentración diaria de la precipitación, en el intervalo $[0,69-0,74[$, localizándose en la mitad oeste de la costa mediterránea francesa y en el sector central de la costa mediterránea española (Valencia y Tortosa), donde la mayor parte de la lluvia cae en

unos pocos días (por ejemplo, en Montpellier el 25 % de los días más lluviosos aporta el 79 % del total pluviométrico y el 10 % aporta el 50 %). Siguen los valores comprendidos entre 0,65 y 0,69, valores altos de la concentración diaria de la precipitación representados en Barcelona, Alicante, Murcia, Melilla, Tolón, Roma, las islas de Ibiza, Mallorca, Cerdeña y Sicilia. Los sectores con valores intermedios, [0,61-0,65[, son abundantes en el sur de la costa mediterránea española; la mitad este de la costa mediterránea francesa y a lo largo de la costa argelina. Los valores que podrían considerarse bajos no se observan en la figura 18, mientras que, en la figura 19 aparecen en algunos lugares puntuales (Annaba, Chlef y Ajaccio). La ausencia de estos valores en la figura 18 y su aparición en la figura 19 no es relevante, siendo debida a que el IG1 supera al CI1 por una centésima, por eso los valores del CI1 se han clasificado en otro intervalo menor [0,57 a 0,61[que en el caso del intervalo de IG1 [0,61 a 0,65[. En Palma de Mallorca ocurre, al revés de lo habitual, $IG1 < CI1$, por eso el valor de CI1 se ha clasificado en un intervalo mayor, [0,65 a 0,69[, que el intervalo de IG1, [0,61 a 0,65[.

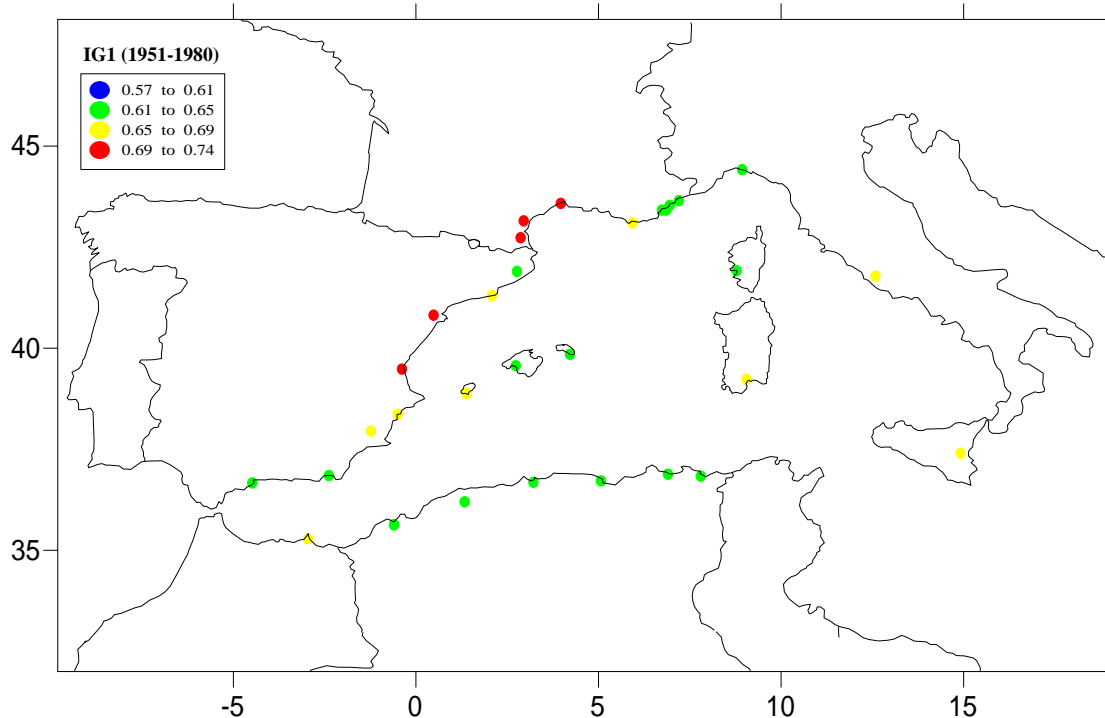


Figura 18. Distribución espacial del índice de Gini IG1 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1951 y 1980 (elaboración propia).

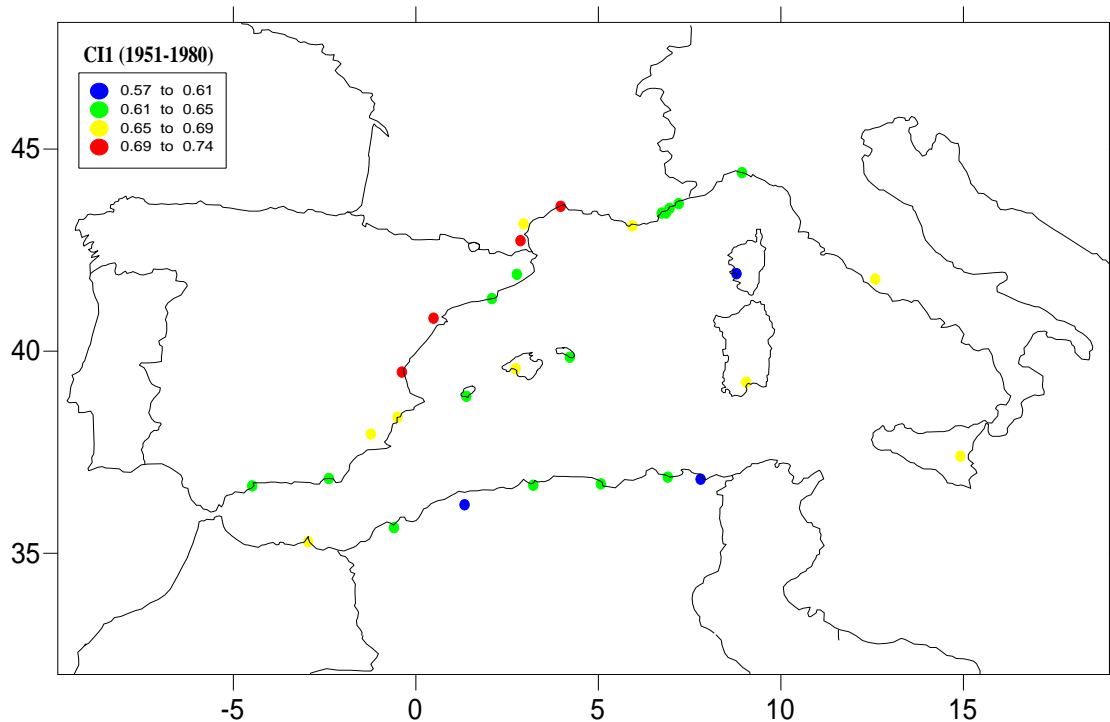


Figura 19. Distribución espacial del índice de concentración CII en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1951 y 1980 (elaboración propia).

Respecto a las figuras 20 y 21, que presentan los valores de los índices CI5 y CI10, en el subperiodo de análisis, destacan algunas diferencias en las áreas que tienen los valores extremos (máximos y mínimos), mientras que los valores intermedios, [0,61 a 0,65[, presentan una localización similar. Estas pequeñas diferencias se explican por el aumento de la longitud de las clases, dado que, si aumenta la longitud de las clases de los índices, disminuyen los valores de los índices, pudiendo, por tanto, cambiar el intervalo de un índice a otro.

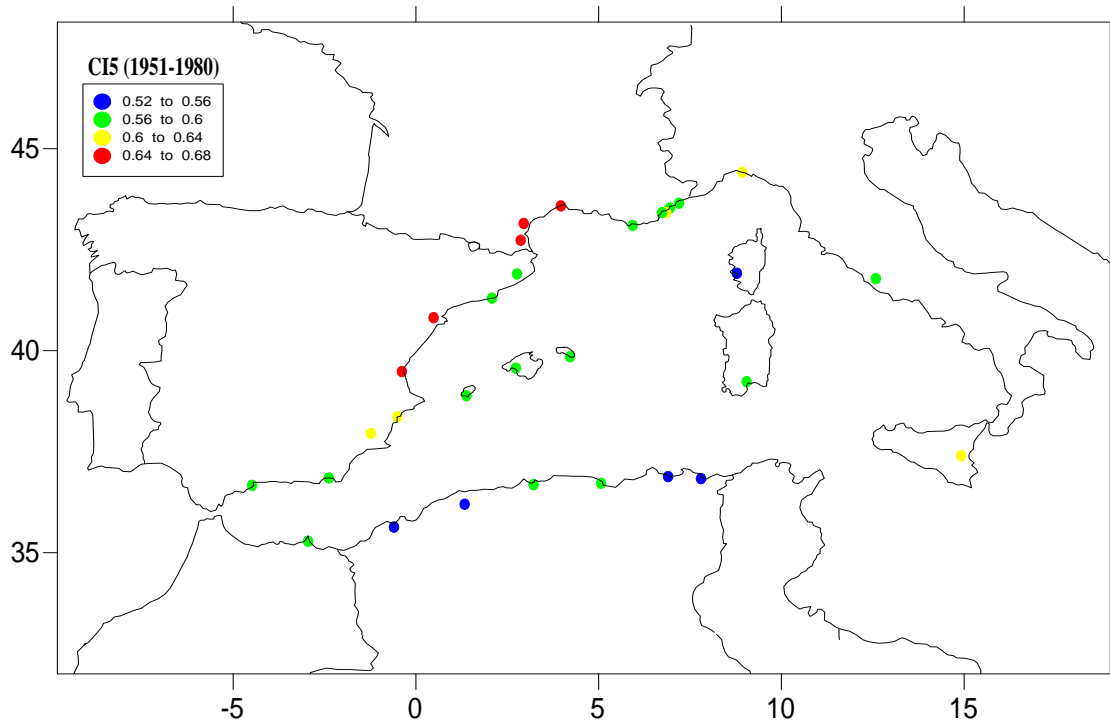


Figura 20. Distribución espacial del índice de concentración CI5 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1951 y 1980 (elaboración propia).

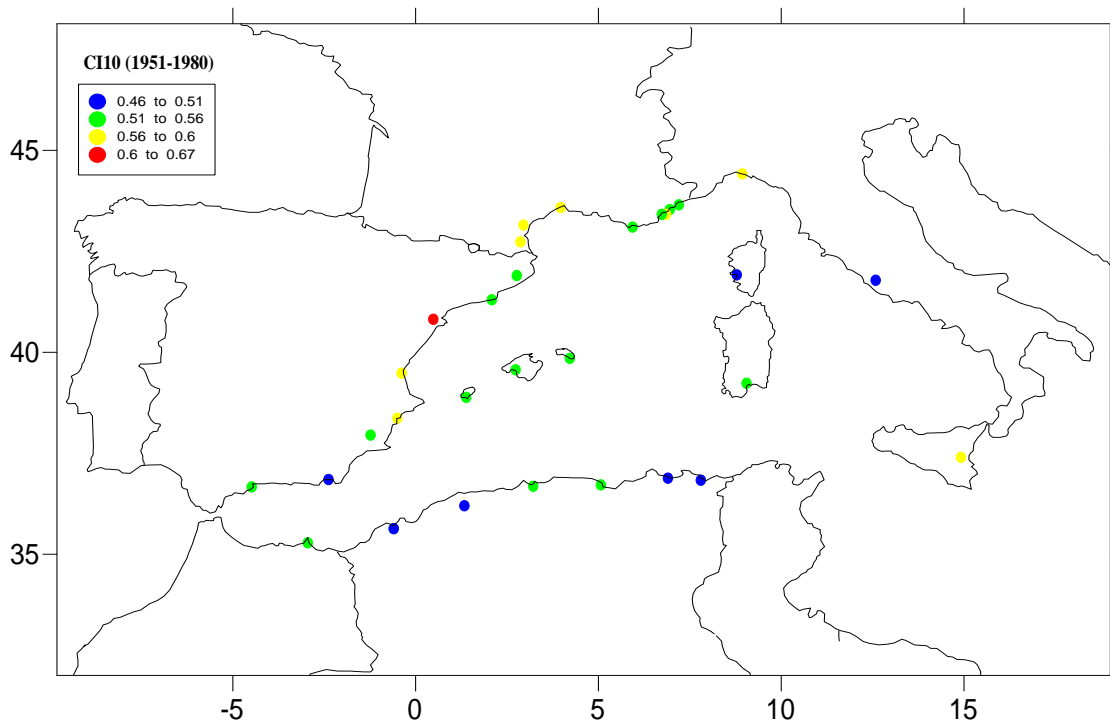


Figura 21. Distribución espacial del índice de concentración CI10 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1951 y 1980 (elaboración propia).

Los mapas de IG1, CI1, CI5 y CI10 de los tres periodos estudiados en este capítulo son muy parecidos a los hallados por Martín-Vide (2004), Sánchez Lorenzo y Martín-Vide (2006) y Benhamrouche y Martín-Vide (2012) para la Península Ibérica. Los valores más elevados de CI1, para el período completo, son los de Perpiñán y Narbona (0,71), seguidos por los de Montpellier, Valencia y Tortosa, que son de 0,69, y Cagliari, Tolón, Fréjus, Le Dramont y Murcia, de 0,67, por lo que se puede concluir que en la costa mediterránea francesa se hallan los valores más elevados del CI1, junto con la parte central de la franja oriental ibérica, ya intuidos en los trabajos de Cortesi *et al.* (2012) y de Martín-Vide (1987). En consecuencia, de estos resultados puede rechazarse rotundamente la segunda hipótesis, relativa a que los valores de la concentración diaria de la precipitación son más elevados en la ribera africana que en la europea.

El conjunto de los mapas de IG1, CI1, CI5 y CI10 de los tres periodos refleja nítidamente las pequeñas diferencias espaciales entre los cuatro índices de la concentración diaria de la precipitación utilizados sobre el territorio de estudio. Si se dispone solo de valores pluviométricos diarios clasificados en clases de 5 o incluso de 10 mm, y se sabe que estos son de calidad y que están completos, no hay ninguna objeción para evaluar la concentración diaria de la precipitación con los índices CI5 o CI10, aunque naturalmente el rango de valores es diferente. Es decir, desde un punto de vista metodológico, podrán admitirse como buenos los valores de los índices de concentración CI5 y CI10 de los observatorios sin una gran precisión en el registro de las décimas de precipitación, si los registros son completos o casi completos, dado que habrá pocas asignaciones erróneas de valores entre clases, al ser estas relativamente escasas.

VIII. 2. Resultados y discusiones: Variación espacial de la concentración diaria entre los subperíodos 1951-1980 y 1981-2010

Con respecto a la variación de la concentración diaria entre el primer y el segundo subperiodo, se han realizado los mapas de las diferencias, positivas o negativas, entre los cuatro índices (figuras 22, 23, 24 y 25). A la vista de los mapas de diferencias del CII y del IG1, muy parecidos, donde simplemente se representa las observatorios con aumento de la concentración diaria (+), con disminución de la concentración diaria (-) y sin variación (=), se aprecia que las áreas con aumentos de la concentración diaria de la precipitación al pasar del primer al segundo subperiodo se localizan en el norte, en la parte central y en la parte suroeste del Mediterráneo occidental. En cambio, las áreas con disminución de la concentración diaria se sitúan en la parte este y en algunos sectores de la costa argelina. Las áreas sin variación de la concentración diaria se localizan en sectores y lugares puntuales del golfo de Valencia, en Bugía y en Annaba (Argelia). Este resultado coincide con lo observado por Benhamrouche y Martín-Vide (2012) para la Península ibérica en el periodo 1951-2010.

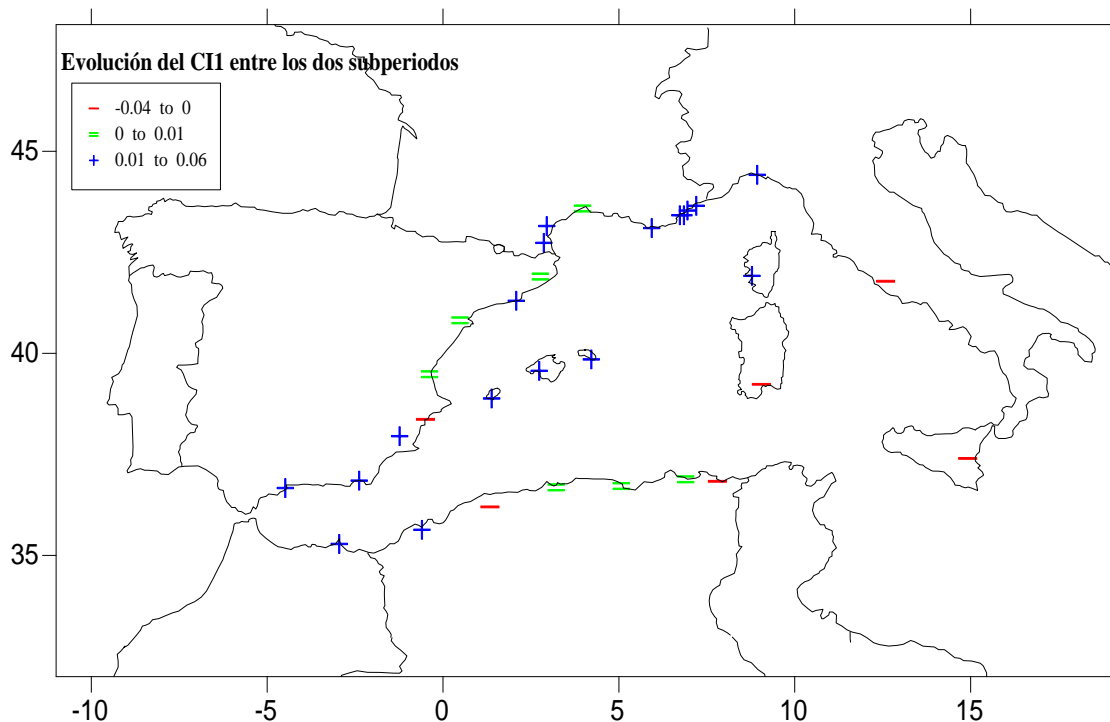


Figura 22. Evolución del CII entre los subperíodos 1951-1980 y 1981-2010 (elaboración propia).

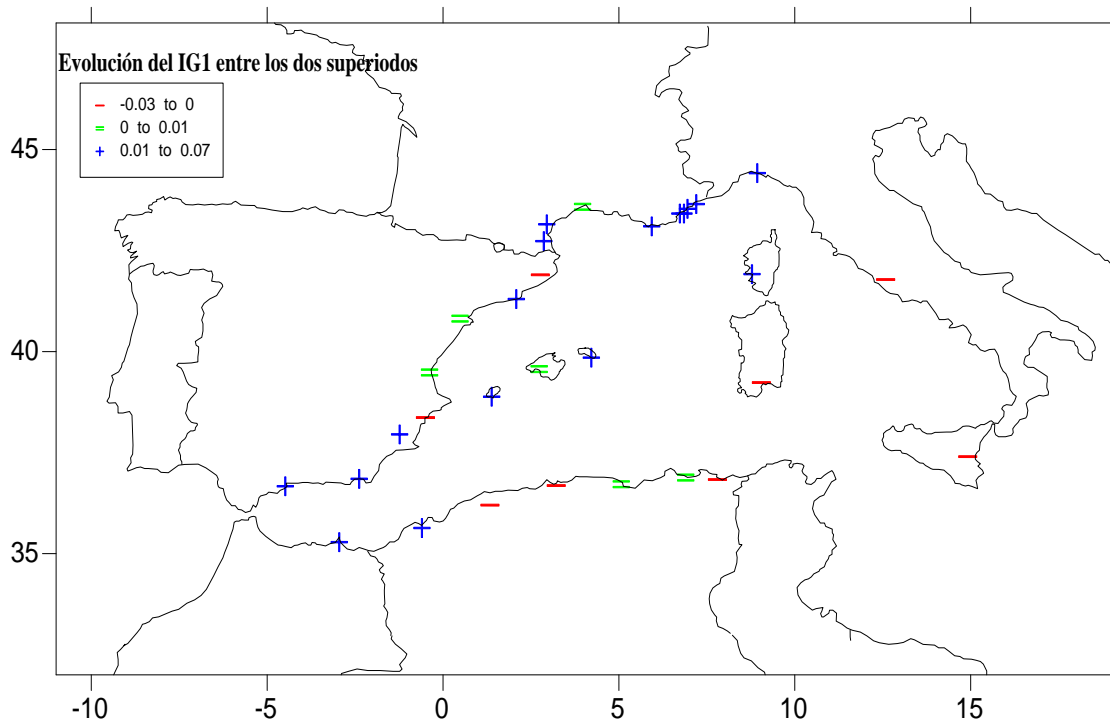


Figura 23. Evolución del IG1 entre los subperiodos 1951-1980 y 1981-2010 (elaboración propia).

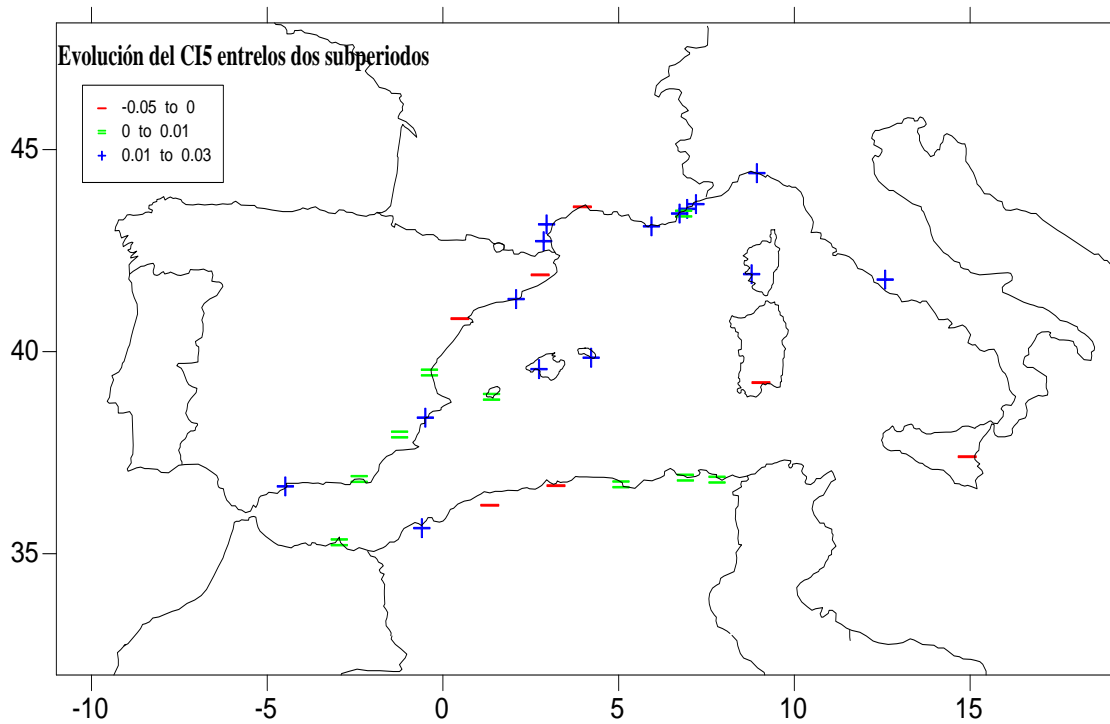


Figura 24. Evolución del CI15 entre los subperiodos 1951-1980 y 1981-2010 (elaboración propia).

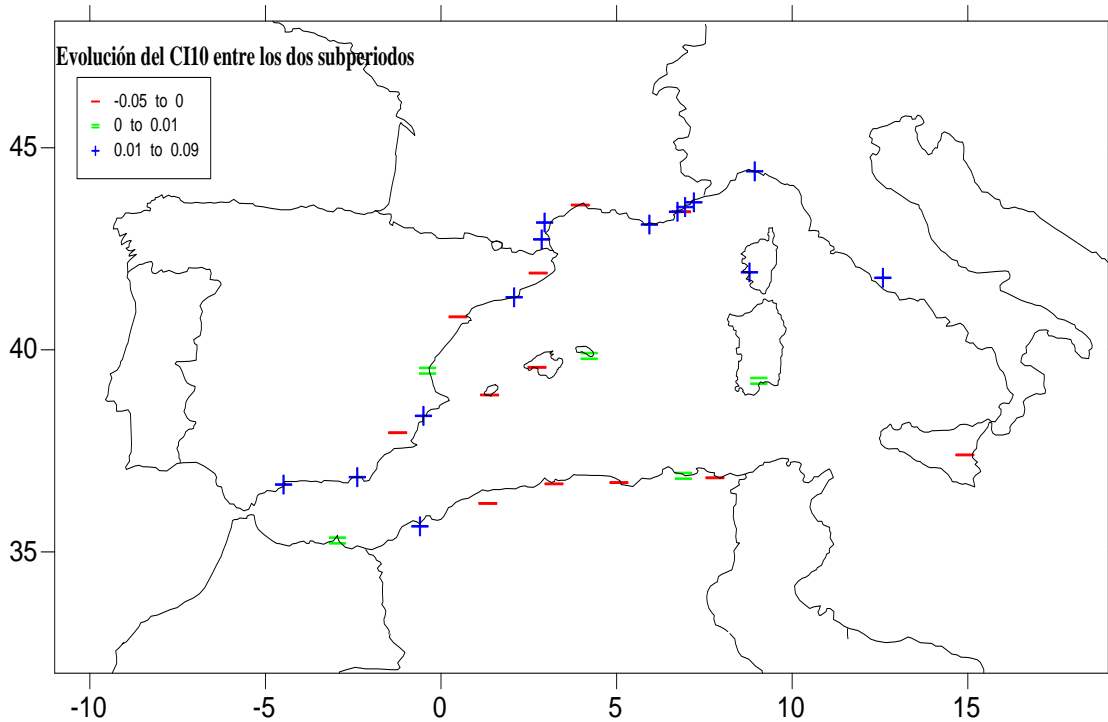


Figura 25. Evolución del CI10 entre los subperiodos 1951-1980 y 1981-2010 (elaboración propia).

Sin embargo, los mapas de la variación entre los subperiodos del CI5 y CI10 marcan algunas diferencias en comparación con los mapas de CI1 e IG1, pero confirman el predominio de aumentos de la concentración diaria de la precipitación, aunque con un porcentaje un poco menor que los de los CI1 e IG1. Se observan las zonas con aumentos predominantes en la parte norte y el oeste del área de estudio y en algunos observatorios en el centro de la cuenca. En cambio, las áreas con disminución y sin variación dominan la parte este y sur del área de estudio, respectivamente, además de algunos observatorios dispersos en el centro de la misma.

En consecuencia, se confirma en líneas generales, con las excepciones señaladas, la tercera hipótesis, relativa a un incremento de la concentración diaria entre el primer y el segundo subperiodo.

CAPÍTULO IX. TENDENCIAS DE LA CONCENTRACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DIARIA EN EL LITORAL DE LA CUENCA DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

IX. 1. Resultados y Discusiones

IX. 1. 1. Tendencias del índice de concentración de la precipitación diaria (CI1)

IX. 1. 2. Periodo completo 1951-2010

Se ha trabajado con series de valores de la concentración de la precipitación diaria anualmente en los 30 observatorios analizados para el periodo completo (1951-2010). Los resultados de la aplicación del test de Mann-Kendall y de la estimación Sen para determinar las tendencias del índice de concentración de la precipitación diaria se muestran en la tabla 25.

En la tabla 25, se observan cambios significativos en la concentración diaria de la precipitación, anualmente, en 12 (40 % del total) de los observatorios analizados para el conjunto del periodo (1951-2010), que implican un aumento o descenso en la concentración de la precipitación diaria (CI1). En 10 observatorios la tendencia es positiva y en 2, solo un 6,6 % del total, hay tendencia negativa significativa, con una disminución de 0,001 por año, esta se da en los observatorios de Cagliari y Roma. El porcentaje de los observatorios con tendencia positiva significativa es mayor que en el de los de tendencia negativa (un 33,3 %), y varía entre 0,001 y 0,003 por año. El máximo aumento del CI1 se da en el observatorio de Mahón, seguido por los de Málaga y Fréjus con 0,002/año, lo cual tiene un potencial impacto en diferentes sectores, como el agrícola y la ordenación territorial. El mínimo aumento significativo se da en Tolón y Niza. El test de Mann-Kendall determina una significación estadística del 99,9 % (excelente) en el aumento de la concentración de la precipitación diaria, anualmente, en Mahón, Málaga, Fréjus y Ajaccio (tabla 25 y figura 26); del el 99 %, o muy buena significación, en Ibiza, Cannes, Cagliari y Roma (figura 27); del 95 %, o buena significación, en Le Dremont, Niza, Perpiñán y Tolón (figura 28).

Tabla 25. Resultados del test de Mann-Kendall y de la estimación Sen de pendiente sobre las tendencias del índice de concentración de la precipitación diaria, en el periodo 1951-2010. Los valores en negrita y con asteriscos (***) , (**) y (*) son estadísticamente significativos en niveles de confianza del 99,9 %, 99 % y del 95 %, respectivamente, según el test de Mann-Kendall, según el test de Mann-Kendall (elaboración propia).

Observatorios	Primer año	Ultimo año	Años	Mann-Kendall trend		Sen's Slope Estimate
				Test Z	Sign	Q
Alicante	1951	2010	60	-1,35		-0,001
Almería	1951	2010	60	1,26		0,001
Barcelona	1951	2010	60	0,41		0,000
Gerona	1951	2010	60	-0,80		-0,000
Ibiza	1952	2010	59	2,77	**	0,001
Mahón	1965	2010	46	5,33	***	0,003
Málaga	1951	2010	60	4,43	***	0,002
Melilla	1970	2010	40	1,36		0,001
Murcia	1951	2010	60	1,51		0,001
Tortosa	1951	2010	60	1,08		0,000
Valencia	1951	2010	60	-0,03		0,000
Ajaccio	1951	2010	60	3,42	***	0,001
Cannes	1951	2010	60	3,18	**	0,001
Le Dramont	1966	2010	45	2,40	*	0,002
Fréjus	1951	2010	60	4,46	***	0,002
Montpellier	1951	2010	60	0,59		0,000
Niza	1951	2010	60	2,05	*	0,001
Perpiñán	1951	2010	60	2,57	*	0,001
Tolón	1951	2010	60	2,32	*	0,001
Cagliari	1951	2010	60	-3,08	**	-0,001
Catania Sigonella	1960	2010	51	-0,63		-0,000
Génova	1951	2008	58	1,50		0,001
Roma	1951	2008	58	-3,18	**	-0,001
Annaba	1951	2010	60	-1,27		-0,000
Skikda	1956	2010	55	-1,19		-0,000
Bugía	1970	2010	41	-0,86		-0,001
Dar el Baída	1951	2010	60	-0,24		-0,000
Chlef	1951	2010	60	-0,06		0,000
Miliana	1971	2010	40	0,22		0,000
Orán	1951	2010	60	0,92		0,000

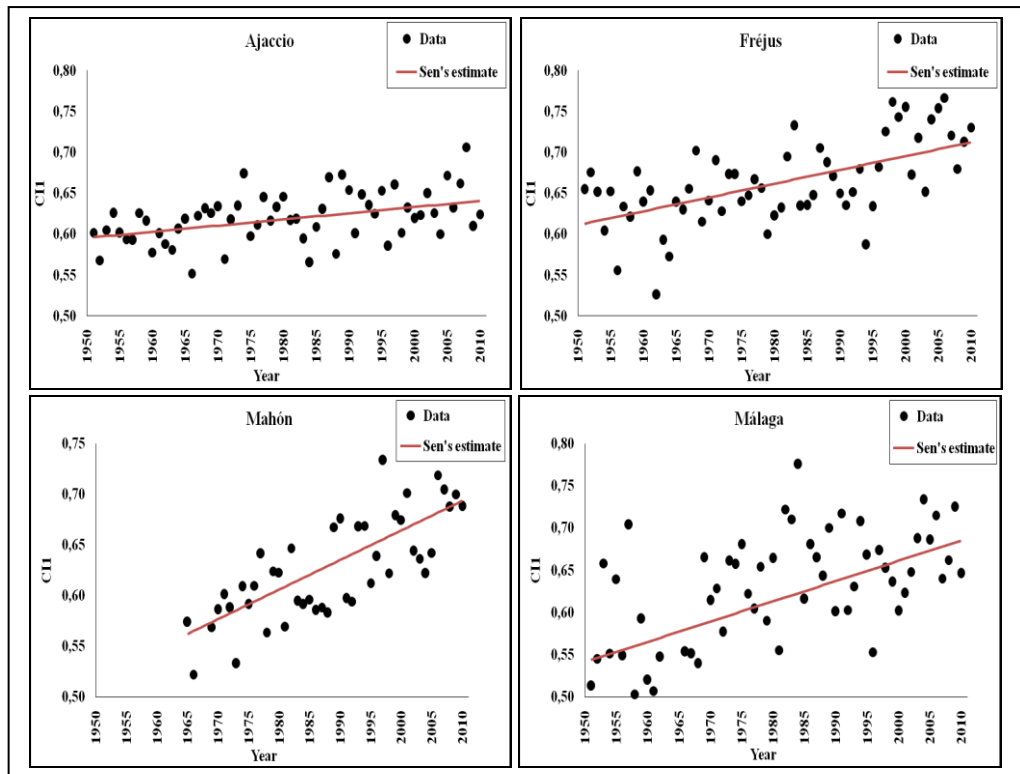


Figura 26. Evolución temporal del CII de los observatorios con tendencias significativas al 99,9 %, en el periodo 1951-2010 (elaboración propia).

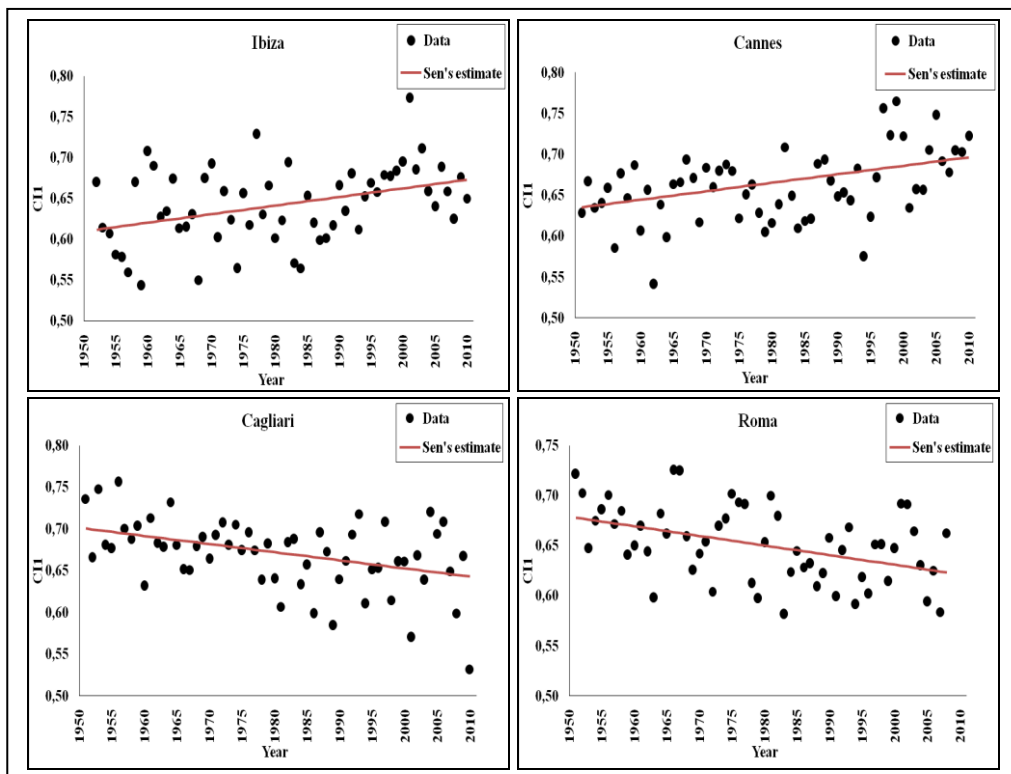


Figura 27. Evolución temporal del CII de los observatorios con tendencias significativas al 99 %, en el periodo 1951-2010 (elaboración propia).

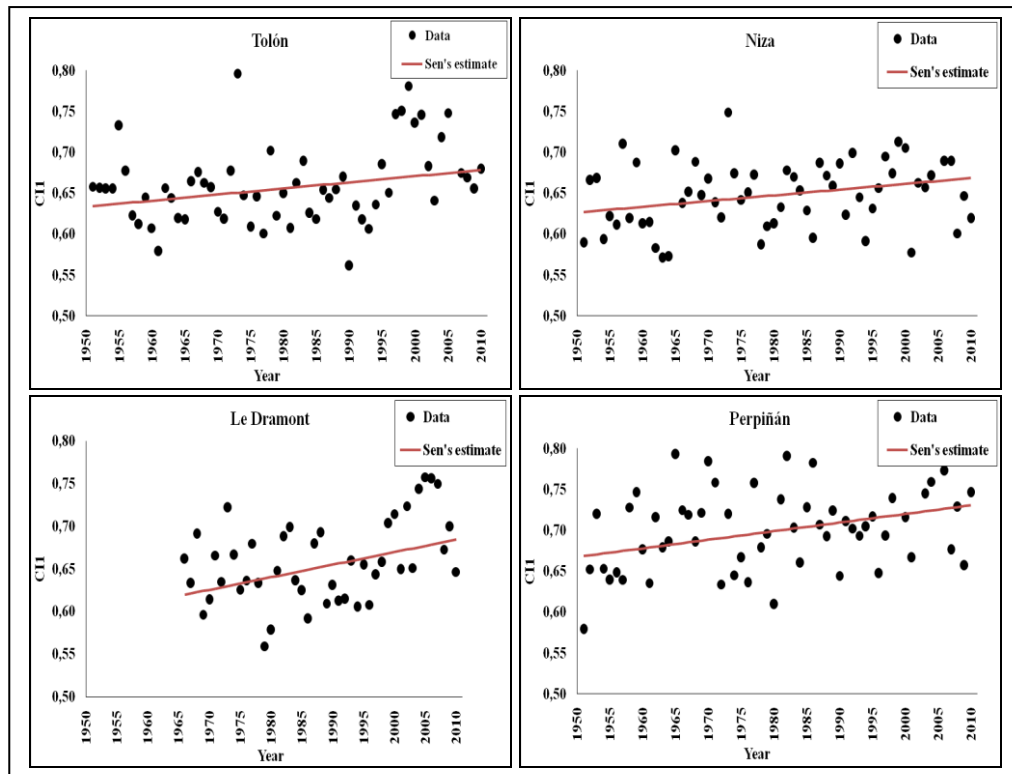


Figura 28. Evolución temporal del CII de los observatorios con tendencias significativas al 95 %, en el periodo 1951-2010 (elaboración propia).

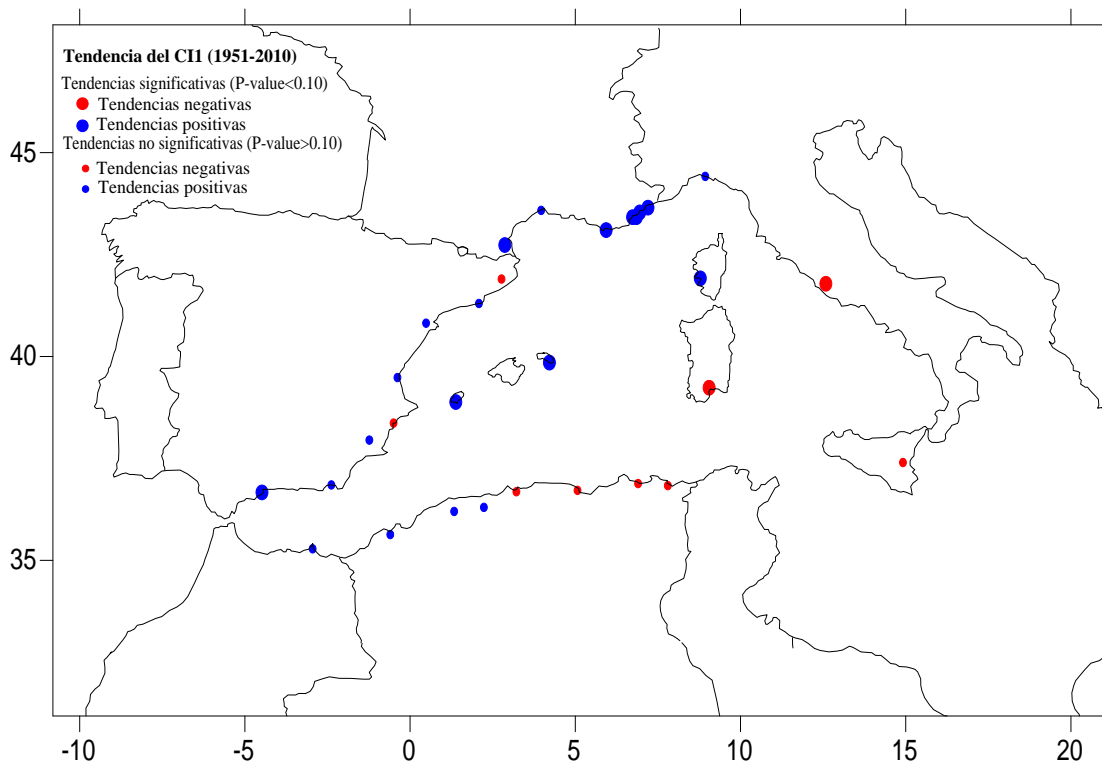


Figura 29. Distribución espacial de la tendencia del CII, anualmente, en el periodo 1951-2010 (elaboración propia).

En relación a la distribución espacial de los cambios significativos detectados sobre la concentración de la precipitación diaria (CI1), anualmente, según lo que muestra la figura 29, esta indica heterogeneidad en todo el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental. En la costa mediterránea española, ninguno de los observatorios analizados muestra una tendencia estadística significativa, excepto el de Málaga, en el que se observa una tendencia positiva significativa de la concentración diaria de la precipitación. En cambio, en la costa mediterránea francesa se observa una tendencia estadística positiva significativa en todos los observatorios, excepto en el de Montpellier, como confirma el test de Mann-Kendall. Igualmente, la pendiente de Sen es positiva (tabla 25). En la costa mediterránea italiana, se muestra una tendencia estadística negativa significativa en el observatorio de Roma, mientras que no se detecta ninguna tendencia estadística significativa en el resto de los observatorios analizados (Génova y Catania Sigonella).

Respecto al sector central del área de estudio, representado por las islas de Ibiza, Menorca (Mahón), Córcega (Ajaccio) y Cerdeña (Cagliari), muestra una tendencia estadística significativa en todos los observatorios, positiva en los dos primeros y negativa en el tercero. Este resultado coincide con lo observado por Cortesi *et al.* (2012) entre los años 1971 y 2010, los cuales estimaron incrementos significativos de la concentración anual en el norte y el centro de la cuenca del Mediterráneo occidental y descensos significativos en el este de la misma.

En cambio, en el comportamiento de la concentración diaria de la precipitación a lo largo de la costa mediterránea africana en el conjunto del periodo de análisis, no se observa ninguna tendencia estadística significativa y, según el test de Mann-Kendall, el descenso en los observatorios que se sitúan en la mitad este de la costa argelina no es suficientemente destacado como para ser significativo estadísticamente. Igualmente, la pendiente de Sen es negativa, pero los intervalos de confianza ponen en duda la tendencia (tabla 25 y figura 30). En la mitad oeste de la costa argelina y en la costa marroquí, sin que las tendencias observadas alcancen los niveles de significación, según el test de Mann-Kendall y la estimación Sen (tabla 25), se aprecia una ligera tendencia positiva (figura 31).

Las estaciones no descritas representan el 60 % del total y presentan tendencias dudosas (menos del 90 % de significación).

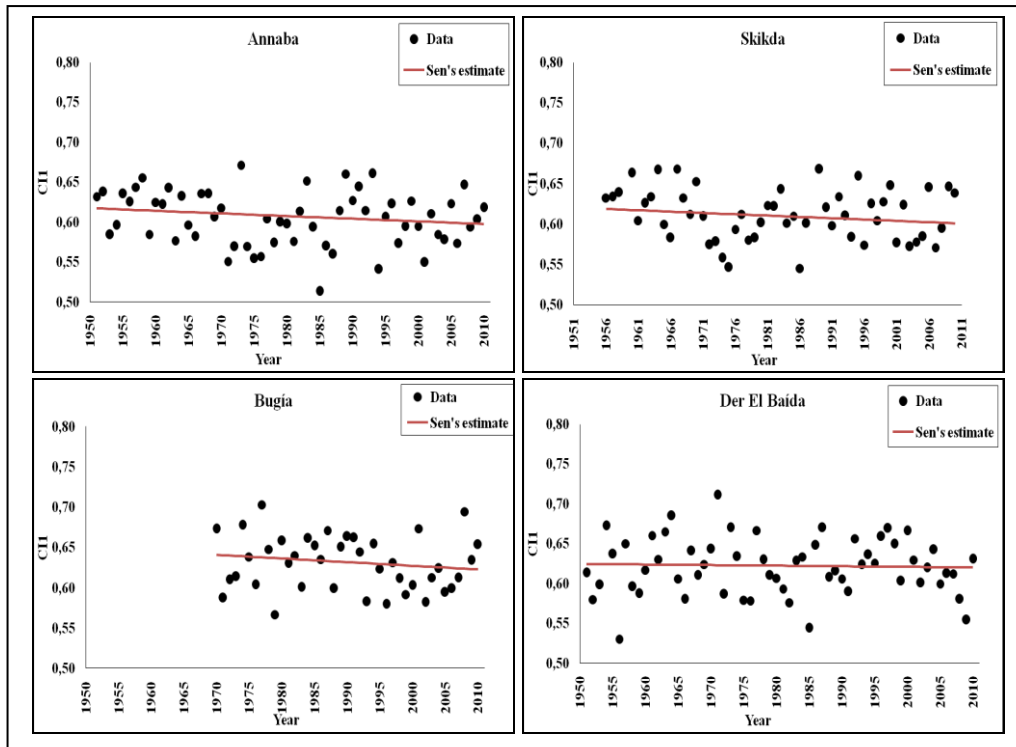


Figura 30. Evolución temporal del CI de los observatorios localizados en la mitad este de la costa argelina, sin tendencia estadísticamente significativa, en el período 1951-2010 (elaboración propia).

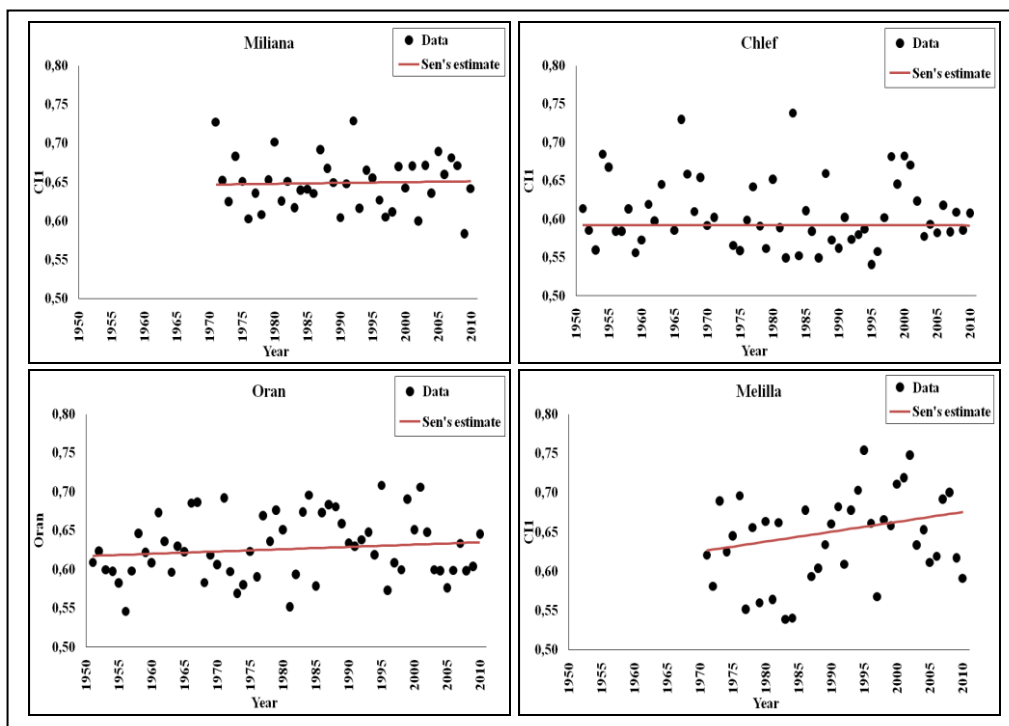


Figura 31. Evolución temporal del CI de los observatorios localizados en la mitad oeste de la costa argelina y en la costa marroquí sin tendencia estadísticamente significativa, en el período 1951-2010 (elaboración propia).

IX. 1. 3. El primer subperiodo, 1951-1980

Para este subperiodo (1951-1980) se analiza la tendencia de los 30 observatorios utilizados en el periodo completo, detectándose cambios significativos en la concentración anual de la precipitación diaria (CII), distintos a los que hemos visto en el periodo completo. La tabla 26 presenta las tendencias estadísticamente significativas, crecientes o de descenso, en solo 8 (26,6 % del total) observatorios de análisis (figura 32). Del total de observatorios, se estima un porcentaje del 16,6 % de tendencia negativa significativa, con el rango de variación de -0,003 y -0,001 por año, mientras que el porcentaje de los observatorios con tendencia positiva significativa es menor (10 %), que varía entre 0,002 y 0,004 por año. Como se observa, hay una ausencia del nivel de 99,9 % de significación en todos los observatorios, una disminución del número de observatorios significativos y cambios también en su distribución espacial. En la figura 32, se observan tendencias estadísticamente significativas en algunos observatorios nuevos (Skikda y Annaba) y la ausencia en otros en comparación con los resultados del periodo completo.

El nivel de la significación varía entre aceptable y muy buena (tabla 26). El máximo nivel de significación de tendencia positiva del CII se da en el observatorio de Ajaccio (**) con un aumento de 0,002/año, seguido por el de Mahón y Málaga (*) con un aumento de 0,004/año. En cambio, el máximo nivel de significación de tendencia negativa se da en el observatorio de Skikda (**) con una disminución de 0,003/año y el mínimo se da en el observatorio de Cagliari (+) con una disminución de 0,001/año.

Tabla 26. Resultados del test de Mann-Kendall y de la estimación Sen de pendiente sobre las tendencias del índice de concentración de la precipitación diaria, en el subperiodo 1951-1980. Los valores en negrita y con asteriscos (***) , (**), (*) y (+) son estadísticamente significativos en niveles de confianza del 99,9 %, 99 %, 95 % y del 90 %, respectivamente, según el test de Mann-Kendall (elaboración propia).

Observatorios	Primer año	Ultimo año	Años	Mann-Kendall trend		Sen's Slope Estimate
				Test Z	Sign	Q
Alicante	1951	1980	30	-0,57		-0,001
Almería	1951	1980	30	-2,25	*	-0,003
Barcelona	1951	1980	30	-2,14	*	-0,002
Gerona	1951	1980	29	-0,96		-0,001
Ibiza	1952	1980	29	0,62		0,001
Mahón	1965	1980	14	2,52	*	0,004
Málaga	1951	1980	30	2,07	*	0,004
Melilla	1971	1980	10	0,36		0,004
Murcia	1951	1980	30	0,54		0,001
Tortosa	1951	1980	30	0,57		0,000
Valencia	1951	1980	30	0,39		0,000
Ajaccio	1951	1980	30	2,71	**	0,002
Cannes	1951	1980	30	0,36		0,000
Le Dramont	1966	1980	15	-0,89		-0,004
Fréjus	1951	1980	30	0,50		0,000
Montpellier	1951	1980	30	-0,07		0,000
Niza	1951	1980	30	0,46		0,001
Perpiñán	1951	1980	30	0,75		0,001
Tolón	1951	1980	30	-0,43		0,000
Cagliari	1951	1980	30	-1,71	+	-0,001
Catania Sigonella	1960	1980	21	-0,75		-0,001
Génova	1951	1980	30	-0,18		0,000
Roma	1951	1980	30	-1,57		-0,001
Annaba	1951	1980	30	-2,25	*	-0,002
Skikda	1956	1980	24	-2,75	**	-0,003
Bugía	1970	1980	11	0,31		0,003
Der ElBaida	1951	1980	30	0,25		0,000
Chlef	1951	1980	29	-0,39		0,000
Miliana	1971	1980	10	-0,36		-0,003
Orán	1951	1980	30	1,18		0,001

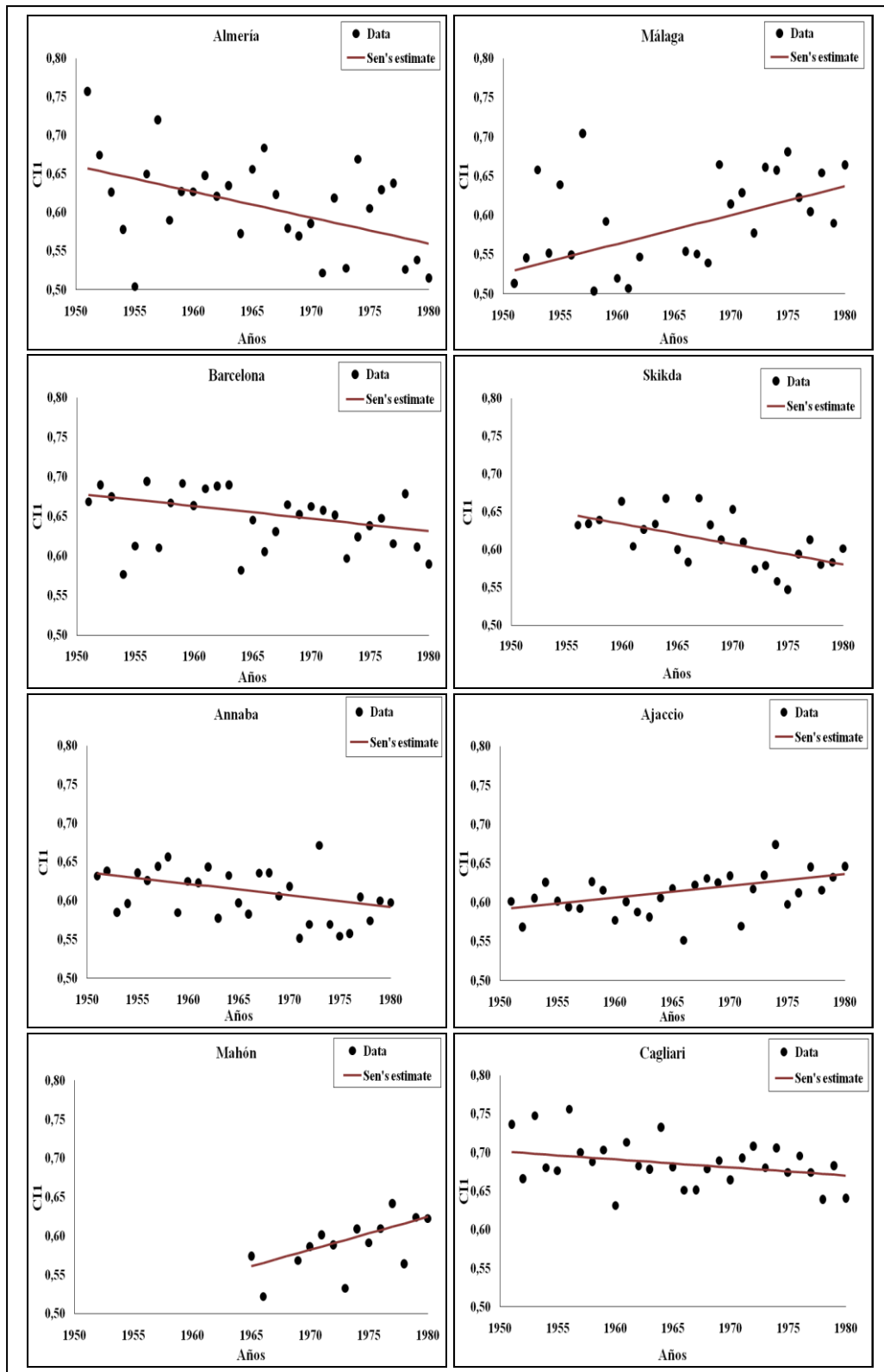


Figura 32. Evolución temporal del CI de los observatorios con tendencias significativas, en el subperiodo 1951-1980 (elaboración propia).

La distribución espacial de las tendencias significativas indica heterogeneidad en todo el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, sin patrones generales o similares (figura 33). En general, los observatorios con tendencias negativas significativas superan a los observatorios con tendencias positivas significativas. A escala espacial, es interesante destacar que la costa mediterránea francesa y la costa mediterránea italiana no tienen ninguna tendencia estadísticamente significativa. Por el contrario, en la costa mediterránea española se halla el observatorio de Málaga con un importante aumento anual significativo del CII (0,004/año), y Barcelona y Almería con una disminución de 0,002/año y 0,003/año, respectivamente. En el sector central de la cuenca, hay observatorios con un importante aumento anual del CII representados por las islas de Córcega (Ajaccio) y Menorca (Mahón) (0,002/año y 0,003/año, respectivamente), y una disminución de 0,001/año en Cerdeña (Cagliari). A lo largo de la costa mediterránea africana, en este subperiodo de análisis, se detectan tendencias estadísticas significativas en algunos observatorios; se observa que el test de Mann-Kendall señala un descenso en los observatorios de Skikda y Annaba, que se localizan en la mitad este de la costa argelina, con un nivel de significación suficientemente elevado para ser aceptable. La pendiente de Sen es negativa (tabla 26). Este resultado contrasta con lo observado por Cortesi *et al.* (2012) entre los años 1971 y 2010 y con lo que se ha visto en el apartado anterior (el periodo completo 1951-2010).

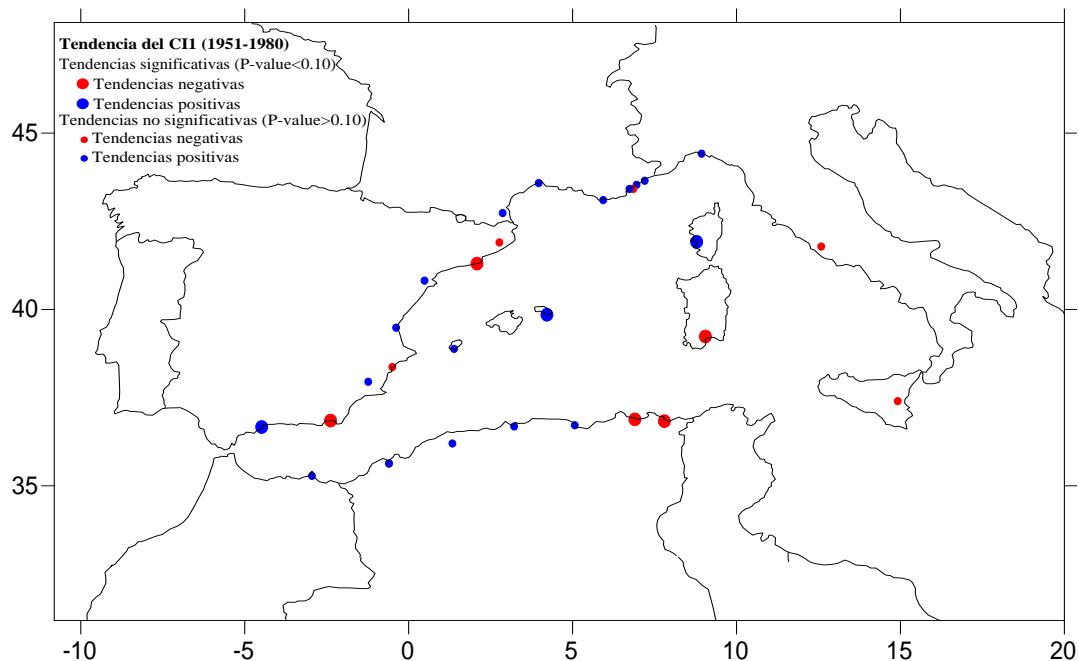


Figura 33. Distribución espacial de la tendencia del CII, anualmente, en el subperiodo 1951-1980 (elaboración propia).

IX. 1. 4. El segundo subperiodo, 1981-2010

El análisis de la tendencia del CII de los últimos 30 años de los 45 observatorios analizados para este subperiodo en la cuenca del mar Mediterráneo occidental (tabla 27) muestra que la tendencia es principalmente positiva, detectándose un aumento del número de cambios significativos, 12 (26,6 % del total) (figura 34). El rango del aumento varía entre 0,002 y 0,003 por año. La tasa máxima del aumento del CII con tendencia estadísticamente significativa llega hasta 0,003 por año, y se da en Mahón con un nivel de significación excelente (99,9 %). Otros aumentos significativos son los de Fréjus, con un nivel de significación del 99 %, Le Dramont, Cannes, Tolón y Palma, con 95 % de significación, y Kélibia, con 90 % de significación. La tasa mínima de variación es de 0,002 por año, se da en Ibiza y Bizerta (99 %), Almería (95 %) y Montpellier y Túnez-Cartago (90 %). Se detecta una disminución de los descensos, que se dan en solo 4 casos (un porcentaje del 8,8 %), con el rango de variación de -0,004 a -0,002 por año. La tasa máxima del descenso del CII se da en Beni Saf, con un nivel de significación aceptable (90 %), seguido por un descenso de 0,003 en Pisa y Nápoles, con 99 % y 95 %, respectivamente, y la tasa mínima del descenso se da en Mesina (Sicilia), con 99,9 % de significación (tabla 27 y figura 35).

Tabla 27. Resultados del test de Mann-Kendall y de la estimación Sen de pendiente sobre las tendencias del índice de concentración de la precipitación diaria, en el subperiodo 1981-2010. Los valores en negrita y con asteriscos (***), (**), (*) y (+) son estadísticamente significativos en niveles de confianza del 99,9 %, 99 %, 95 % y del 90 %, respectivamente, según el test de Mann-Kendall (elaboración propia)

Observatorios	Primer año	Ultimo año	Años	Mann-Kendall trend		Sen's Slope Estimate
				Test Z	Sign	Q
Alicante	1981	2010	30	-1,39		-0,002
Almería	1981	2010	30	2,28	*	0,002
Barcelona	1981	2010	30	1,61		0,002
Gerona	1981	2010	30	0,11		0,000
Ibiza	1981	2010	30	2,64	**	0,002
Mahón	1981	2010	30	3,82	***	0,003
Málaga	1981	2010	30	0,18		0,000
Melilla	1981	2010	30	0,93		0,001
Murcia	1981	2010	30	-0,25		0,000
Palma	1981	2010	30	2,11	*	0,003
Tortosa	1981	2010	30	-0,04		0,000
Valencia	1981	2010	30	-0,39		-0,001

Ajaccio	1981	2010	30	1,46		0,001
Cannes	1981	2010	30	2,50	*	0,003
Le Dramont	1981	2010	30	2,43	*	0,003
Fréjus	1981	2010	30	2,71	**	0,003
Marsella	1981	2010	30	1,21		0,001
Montpellier	1981	2010	30	1,93	+	0,002
Niza	1981	2010	30	0,52		0,000
Perpiñán	1981	2010	30	0,68		0,001
Tolón	1981	2010	30	2,57	*	0,003
Cagliari	1981	2010	30	0,07		0,000
Catania Sigonella	1981	2010	28	0,77		0,001
Capo Bellavista	1981	2010	29	-1,41		-0,002
Capo Mele	1981	2010	30	-1,00		-0,001
Génova	1981	2008	28	-0,30		0,000
Nápoles	1981	2010	30	-2,50	*	-0,003
Pisa	1981	2010	30	-2,71	**	-0,003
Roma	1981	2008	28	-0,10		0,000
Gela (Sicilia)	1981	2010	29	0,77		0,001
Mesina (Sicilia)	1981	2010	30	-3,32	***	-0,004
Palermo (Sicilia)	1981	2010	30	-1,39		-0,002
Trapani (Sicilia)	1981	2010	30	-1,61		-0,002
Túnez-Cartago	1981	2010	30	1,71	+	0,002
Bizerta	1981	2009	29	2,83	**	0,002
Kélibia	1981	2010	30	1,71	+	0,003
Annaba	1981	2010	30	0,14		0,000
Skikda	1981	2010	30	-0,14		0,000
Bugía	1981	2010	30	-0,86		-0,001
Dar el Baída	1981	2010	30	-0,25		0,000
Chlef	1981	2010	30	1,32		0,001
Mostghanem	1981	2010	29	-0,99		-0,001
Miliana	1981	2010	30	0,79		0,001
Orán	1981	2010	30	-1,18		-0,001
Beni Saf	1981	2010	29	-1,78	+	-0,002

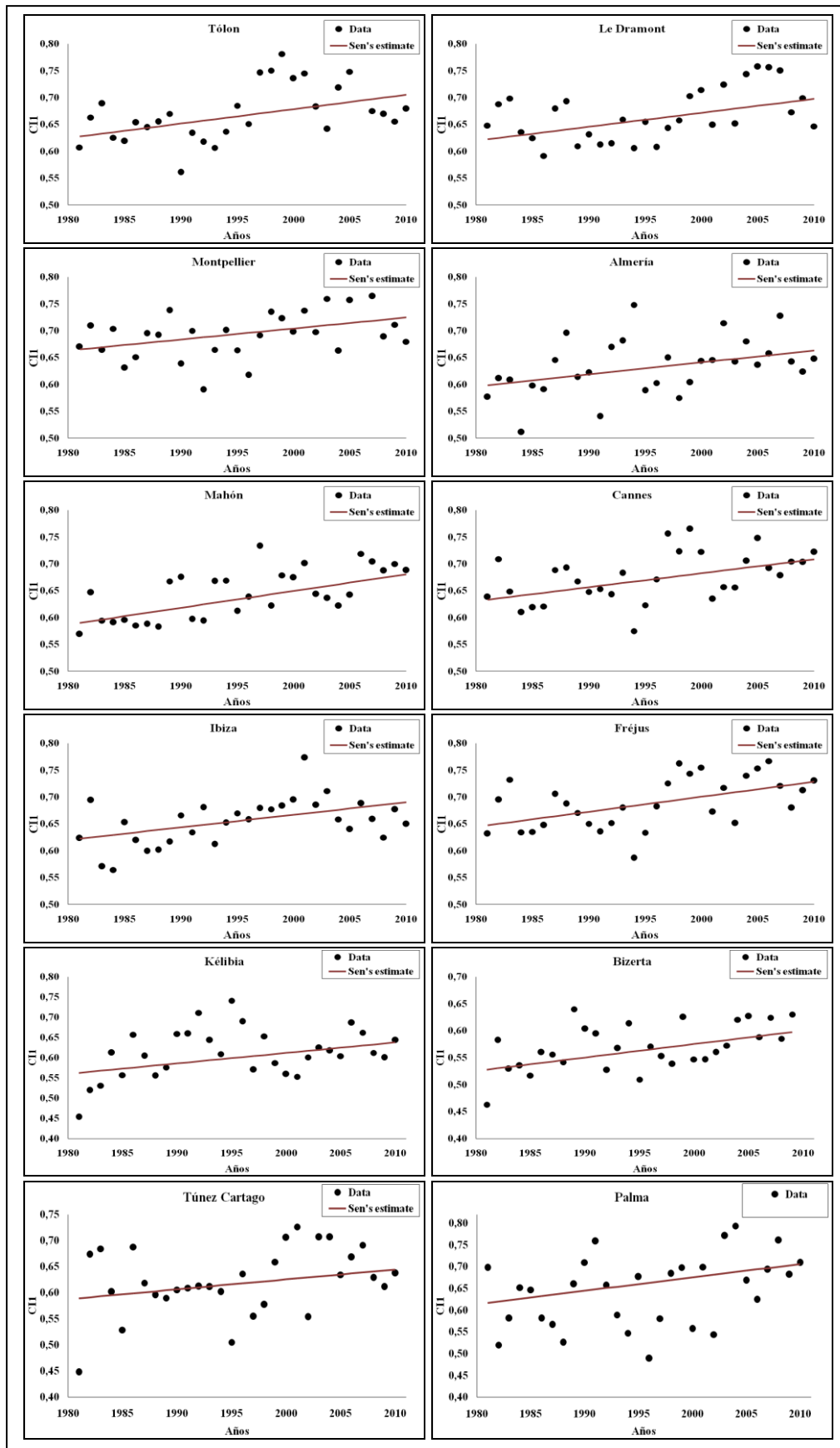


Figura 34. Evolución temporal del CII de los observatorios con tendencias positivas significativas, en el subperiodo 1981-2010 (elaboración propia).

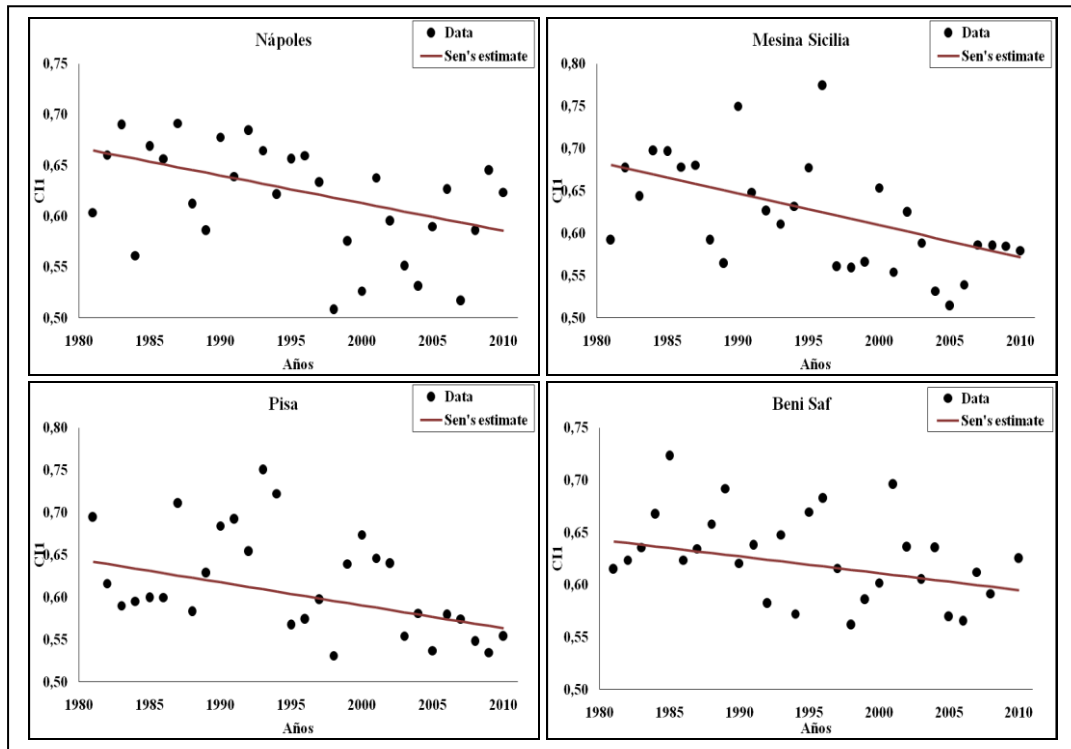


Figura 35. Evolución temporal del CII de los observatorios con tendencias negativas significativas, en el subperiodo 1981-2010 (elaboración propia).

En relación a la distribución espacial de la tendencia del índice de concentración de la precipitación diaria (CII) en el subperíodo 1981-2010, que se muestra en la tabla 27 y la figura 36, en la cuenca del Mediterráneo occidental en general es positiva y estadísticamente significativa en bastantes localidades de la cuenca. Cuantitativamente, se aprecian aumentos que varía entre 0,002 y 0,003 por año y disminuciones que oscilan entre -0,004 y -0,002 por año, en los últimos 30 años.

La estructura espacial de las tendencias de las series de la concentración de la precipitación diaria (CII), anualmente, en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental para el subperíodo 1981-2010, es muy distinta a la que hemos obtenido en el primer subperíodo (1951-1980) y muy similar al periodo completo (1951-2010). Las tendencias positivas significativas se dan en los 12 observatorios localizados en la costa mediterránea francesa, las islas de Menorca (Mahón), Mallorca (Palma) e Ibiza, la costa tunecina y el sur de la península ibérica (Almería). En cambio, las tendencias negativas significativas están localizadas a lo largo de la costa italiana, y en el observatorio de Beni Saf, que se sitúa en el oeste de la costa argelina (figura 36). Este resultado coincide con lo observado por Cortesi *et al.* (2012) entre los años 1971 y 2010, los cuales

estimaron incrementos significativos de la concentración diaria de la precipitación en el norte y el centro de la cuenca occidental mediterránea y decrecimientos significativos del CII a lo largo de la costa italiana.

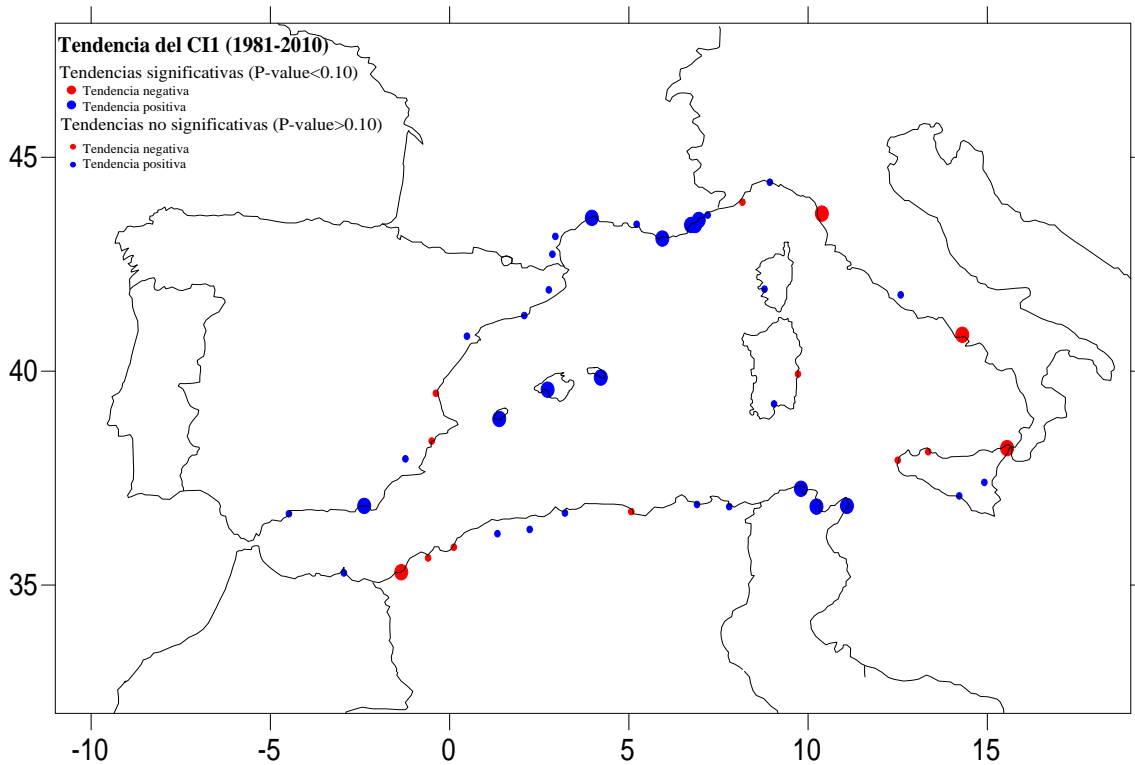


Figura 36. Distribución espacial de la tendencia CII, anualmente, en el subperíodo 1981-2010 (elaboración propia).

Tabla 28. Análisis de tendencias del CII. Número de observatorios con tendencia significativa, al nivel de significación del 90% ($p < 0,10$), en los tres períodos analizados. Elaboración propia.

		1951-2010	1951-1980	1981-2010
Número de observatorios según el signo de la tendencia	Negativo	11	15	13
	Positivo	19	15	17
Número de observatorios con tendencia significativa	Negativo	2	5	4
	Positivo	10	3	12
Porcentaje de observatorios con tendencia significativa	Negativo	6,6 %	16,6 %	8,8 %
	Positivo	33,3 %	10 %	26,7 %

Los resultados de los análisis de tendencias, que se presentan en la tabla 28, muestran que la tendencia del CII es principalmente positiva, excepto en el período 1951-1980,

pero el porcentaje de casos con tendencia estadísticamente significativa es bajo. Solo el 6,6 % de los observatorios presentan una tendencia negativa significativa en el periodo completo (1951-2010), el 16,6 % en el subperiodo 1951-1980 y el 8,8 % en el subperiodo 1981-2010, mientras que el porcentaje de los observatorios con una tendencia positiva significativa, que es mayor que la negativa, en el periodo 1951-2010 y el subperiodo 1981-2010, es del 33,3 % y el 26,7 %, respectivamente. En cambio, en el subperiodo 1951-1980 ocurre al revés, la tendencia negativa significativa (16,6 %) supera a la positiva (10 %).

CAPÍTULO X. ANÁLISIS SINÓPTICO DE LOS AÑOS EXTREMOS EN EL PERIODO 1970-2010

X. 1. Resultados y discusiones

A partir de las consideraciones realizadas en el capítulo anterior, se ha realizado un análisis sinóptico de los años con valores extremos del CII en una selección de observatorios. En concreto, se han hallado las situaciones sinópticas de los años extremos con valores altos del CII, iguales o superiores a la media más la desviación típica ($\mu + \text{Desv}$), o sea, $\text{CII} \geq 0,71$, y los años extremos con bajas concentraciones del CII, iguales o inferiores a la media menos la desviación típica ($\mu - \text{Desv}$), o sea, $\text{CII} \leq 0,59$, entre 1970 y 2010 en los 7 observatorios distribuidos alrededor y en el centro de la cuenca del Mediterráneo occidental siguientes: Cagliari, Dar el Baída, Melilla, Roma, Tolón, Túnez-Cartago y Valencia (figura 37). La clasificación sinóptica utilizada ha sido la automática de Jenkinson y Collison (J&C), explicada en el capítulo de metodología. Los años extremos con alta o baja concentración se dan en un total de 82 años en los 7 observatorios estudiados. Algunos de estos años son comunes o están repetidos en más de un observatorio (tabla 29).

Tabla 29. Los años extremos con alta o baja concentración diaria de la precipitación en los 7 observatorios estudiados, entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

	Cagliari	Dar el Baída	Melilla	Roma	Tolón	Túnez-Cartago	Valencia
CII\geq0,71	1972, 1974, 1993, 1997, 2004 y 2006	1971	1985, 1995, 2000, 2001 y 2002		1973, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2004, 2005 y 2006	1973, 2000, 2001, 2003 y 2004	1971, 1973, 1975, 1976, 1980, 1981, 1983, 1984, 1986, 1989, 1992, 2000, 2002, 2004, 2007 y 2009
CII\leq0,59	1989, 2001 y 2010	1972, 1975, 1976, 1981, 1982, 1985, 1991, 1998 y 2009	1972, 1977, 1979, 1981, 1983, 1984, 1987, 1997 y 2010	1983, 1994, 2005 y 2007	1990	1974, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1985, 1989, 1995, 1997, 1998 y 2002	1985 y 1999

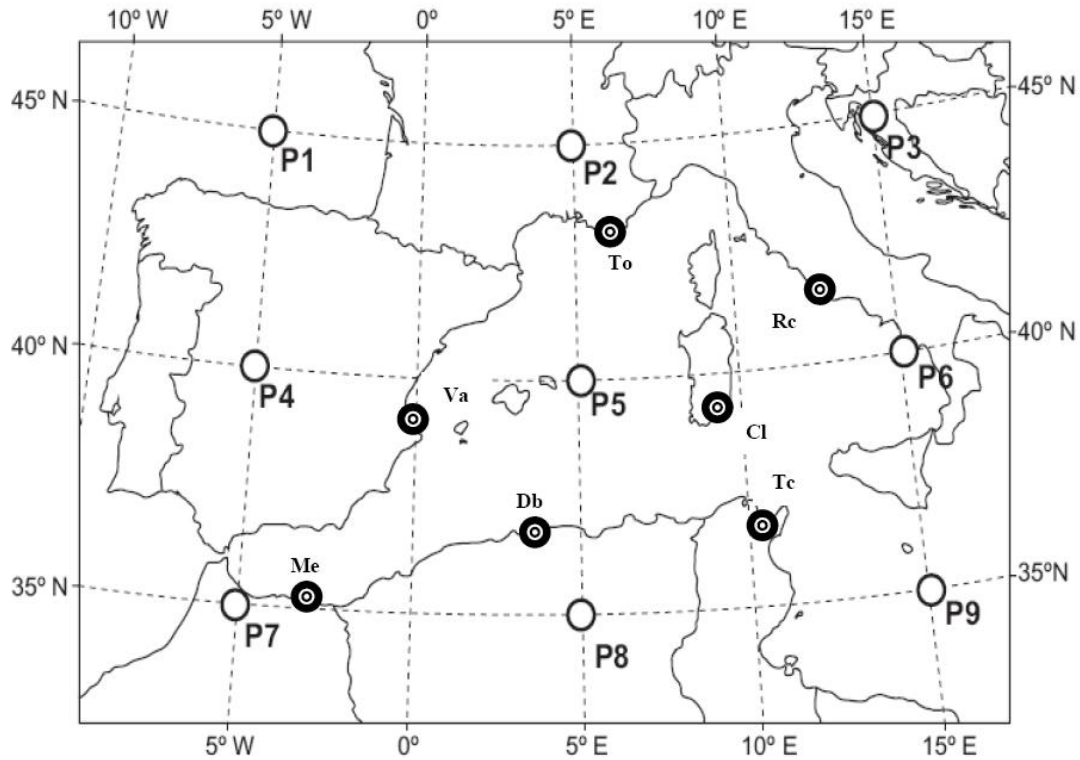


Figura 37. Retícula para la clasificación de Jenkinson y Collinson y los 7 observatorios pluviométricos utilizados (elaboración propia).

X. 1. 1. Frecuencia anual de los tipos sinópticos de la clasificación J&C en la cuenca del Mediterráneo occidental durante el periodo 1970-2010

Una vez que los 14935 días del período de estudio han sido clasificados de acuerdo con los tipos de la clasificación J&C, los valores de los parámetros estadísticos básicos se han registrado en la tabla 30. El tipo más frecuente es U (indeterminado), con un promedio anual de más de cien días (101,6, lo que representa el 27,9 % del total del periodo). Seguido por el tipo A (anticiclón), con 70,3 días al año (19,3 %) y C (depresión), con 68,8 días al año (18,9 %). Los tipos U, A y C juntos representan las dos terceras partes (66,1 %) del total. Ninguno de los tipos restantes presenta una frecuencia absoluta superior a 13 días al año, es decir, que no alcanza el 3,5 %, por lo tanto, quedando lejos de los tres anteriormente citados. Los tipos que siguen a los tres más comunes tienen porcentajes de frecuencia entre 2,35 % y 3,5 %, y todos ellos son advectivos puros, excepto la situación ciclónica del noreste (CNE): NW (3,5 %), W (3,2 %), NE (3,17 %), CNE (2,6 %), E (2,36 %) y N (2,35 %).

Los tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 114 días en 2005; A, 99 días en 1981, y C, 107 días en 2009. Los restantes nunca han superado los 25 días en un año (W, 25 días en 2001). En el otro extremo, más de la mitad de los tipos (14, que incluyen E, SE, S, CSE, CS, CSW, CW, AN, ANE, ASE, AS, ASW, AW y ANW) no aparecen en todos los años. Por otra parte, es interesante observar que los tipos con un mayor coeficiente de variación (más del 75 %) presentan una componente sur, excepto en el caso del tipo AN, 94 %.

Tabla 30. Número total de días, media anual, porcentaje máximo anual, máximo y mínimo, desviación estándar mínima (SD) y coeficiente de variación (CV) de los tipos de la clasificación de J&C en la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje (%)	Máx.	Mín.	DS	CV (%)
N	365	8,5	2,3	17	2	3,5	41
NE	458	11,5	3,2	21	4	4,2	36
E	361	8,6	2,4	20	0	4,1	47
SE	119	3,0	0,8	8	0	2,0	65
S	82	2,0	0,5	6	0	1,6	80
SW	228	5,9	1,6	18	1	3,3	55
W	472	11,7	3,2	25	5	4,6	40
NW	527	12,8	3,5	21	6	4,2	33
C	2793	68,8	18,9	107	44	13,5	20
A	2909	70,3	19,3	99	39	14,4	21
CN	229	5,4	1,5	11	2	2,1	38
CNE	381	9,5	2,6	18	2	4,0	42
CE	171	4,1	1,1	8	1	2,0	49
CSE	82	2,1	0,6	6	0	1,7	83
CS	57	1,4	0,4	5	0	1,4	97
CSW	76	2,0	0,5	6	0	1,5	75
CW	142	3,4	0,9	8	0	2,0	60
CNW	225	5,4	1,5	12	1	2,6	48
AN	106	2,6	0,7	11	0	2,4	94
ANE	169	4,2	1,2	11	0	2,5	60
AE	247	6,0	1,7	12	1	2,7	45
ASE	122	3,0	0,8	6	0	1,7	58
AS	55	1,4	0,4	4	0	1,1	79
ASW	83	2,1	0,6	10	0	1,9	92
AW	139	3,1	0,8	10	0	2,1	68
ANW	164	4,0	1,1	10	0	2,4	59
U	4173	101,6	27,9	114	80	8,5	8
Suma	14935	364,3	100				

Agrupando los tipos advectivos en puros, o ADV (N, NE, E, SE, S, SW, W y NW), advectivos ciclónicos, o ADVC (CN, CNE, CE, CSE, CS, CSW, CW y CNW) y advectivos anticiclónicos, o ADVA (AN, ANE, AE, ASE, AS, ASW, AW y ANW), el número medio de días por año es de 64, 33,1 y 26,4, respectivamente, cuyos porcentajes sobre total de tipos son el 17,6 %, 9,1 % y 7,3 % (tabla 31).

Al agregar el número de días de tipo C y el número de días advectivos ciclónicos (ADVC), se obtienen 4156 días con carácter o curvatura ciclónica o vorticidad positiva, que representan el 28 % del total. Estos valores son superiores a los correspondientes a la suma del tipo A y los anticiclónicos advectivos (ADVA), con un total de 3994 días con carácter o curvatura anticiclónica, o vorticidad negativa, que representan el 26,6 % del total.

Tabla 31. Número total de días, media anual, porcentaje anual máximo y mínimo, desviación estándar (DS) y coeficiente de variación (CV) de los tipos C, A, U, ADV, ADVC y ADVA en la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

	C	A	U	ADV	ADVC	ADVA	Total
Días	2793	2909	4173	2612	1363	1085	14935
Media	68,8	70,3	101,6	64,0	33,1	26,4	364,3
%	18,9	19,3	27,9	17,6	9,1	7,3	100
Máx.	107	99	114	78	47	47	
Mín.	44	39	80	49	19	13	
SD	13,5	14,4	8,5	8,5	6,7	6,4	
CV	20	20	8	13	20	24	

X. 1. 2. Frecuencia anual de los tipos de la clasificación de J&C en los 7 observatorios estudiados

En el presente apartado se halla la distribución de frecuencias anuales relativas de los tipos de la clasificación de J&C correspondientes a años extremos altos y bajos de la concentración diaria de precipitación en clase de un 1 mm ($CI1 \geq 0,71$) y $CI1 \leq 0,59$), respectivamente, en cada uno de los 7 observatorios estudiados en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental.

X. 1. 2. 1. En el caso de Cagliari, se han analizado 2.186 días, o 6 años con concentraciones diarias altas, y se han clasificado de acuerdo con los tipos de la clasificación de J&C (tabla 32). El tipo más frecuente es U (indeterminado), con un promedio anual de más de cien días (101, lo que representa el 27,8 % del total del periodo), seguido por el tipo C (depresión), con 74 días al año (20,4 %) y A (anticiclón), con 70 días al año (19,1 %). Los tipos U, A y el grupo C juntos representan las dos terceras partes (67,3 %) del total. Ninguno de los tipos restantes es superior a 12 días al año, es decir, que no alcanzan el 3,3 %, por lo tanto, se quedan lejos de los tres anteriormente citados. Los tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 113 días en 1972; A, 80 días en 1993, y C, 94 días en 1997. Los restantes nunca han superado 18 días en un año. En el otro extremo, hay 7 tipos, los E, S, CSE, CS, CSW, CW y AS que no aparecen en ningún año (tabla 32).

Tabla 32. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años extremos con $CI1 \geq 0,71$ en el observatorio de Cagliari, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	34	6	1,6	10	2
NE	62	10	2,8	16	7
E	46	8	2,1	13	0
SE	21	4	1,0	7	1
S	10	2	0,5	4	0
SW	42	7	1,9	10	4
W	56	9	2,6	14	6
NW	71	12	3,3	18	8
C	445	74	20,4	94	60
A	418	70	19,1	80	56
CN	34	6	1,6	8	4
CNE	57	10	2,6	17	2
CE	27	5	1,2	8	1
CSE	19	3	0,9	6	0
CS	6	1	0,3	2	0
CSW	10	2	0,5	4	0
CW	14	2	0,6	4	0
CNW	37	6	1,7	8	5
AN	20	3	0,9	11	1
ANE	25	4	1,1	10	2
AE	38	6	1,7	9	4
ASE	19	3	0,9	6	1
AS	6	1	0,3	2	0
ASW	22	4	1,0	10	1
AW	21	4	1,0	7	2
ANW	18	3	0,8	5	1
U	608	101	27,8	113	90
Suma	2186	364	100		

Para los años con una concentración diaria baja se han analizado 1093 días, o 3 años (tabla 33). El tipo U (indeterminado) es el más frecuente, con un promedio anual de más de cien días (108 o el 29,8 % del total del período), seguido por el tipo A (anticiclón), con 67 días al año (18,4 %) y C (depresión), con 64 días al año (17,7 %). Los tipos U, A y el grupo C juntos representan un poco menos de las dos terceras partes (65,9 %) del total. Ninguno de los tipos restantes apareció en más de 16 días al año, es decir, que no alcanzan el 4,5 %, por lo tanto, se quedan lejos de los tres anteriormente citados. Los tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 111 días en

1989; A, 95 días en 1989, y C, 86 días en 2010. Los restantes nunca han superado 25 días en un año. En el otro extremo, hay 5 tipos, SE, S, CS, CSW y AS, que no aparecieron en ningún año (tabla 33).

Tabla 33. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Cagliari, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	25	8	2,3	12	6
NE	27	9	2,5	12	6
E	29	10	2,7	14	6
SE	9	3	0,8	8	0
S	5	2	0,5	5	0
SW	28	9	2,6	18	3
W	49	16	4,5	25	9
NW	24	8	2,2	9	7
C	193	64	17,7	86	44
A	201	67	18,4	95	51
CN	13	4	1,2	5	4
CNE	27	9	2,5	14	3
CE	7	2	0,6	3	2
CSE	9	3	0,8	6	1
CS	8	3	0,7	5	0
CSW	4	1	0,4	3	0
CW	8	3	0,7	3	2
CNW	14	5	1,3	8	1
AN	5	2	0,5	2	1
ANE	17	6	1,6	11	1
AE	24	8	2,2	11	6
ASE	10	3	0,9	5	2
AS	4	1	0,4	3	0
ASW	7	2	0,6	3	1
AW	12	4	1,1	7	1
ANW	9	3	0,8	4	1
U	325	108	29,8	111	105
Suma	1093	364	100		

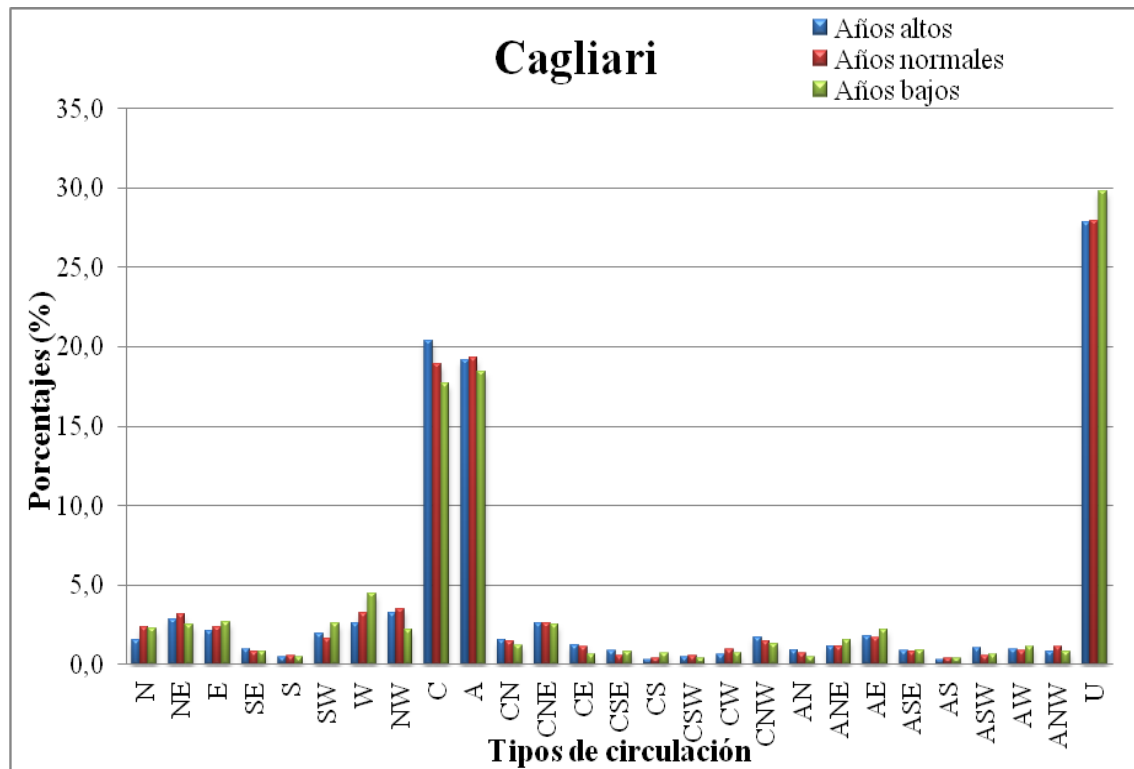


Figura 38. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos ($CI1 \geq 0,71$ y $CI1 \leq 0,59$) y al conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Cagliari (elaboración propia).

En la figura 38, se representa la distribución de las frecuencias relativas medias de los 27 tipos de la clasificación de J&C correspondientes a los años extremos con baja o alta concentración diaria y al conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010. Si se comparan los porcentajes de las frecuencias de los años extremos, se aprecia una diferencia en la frecuencia del tipo C, según el $CI1$ anual: los años con alta concentración presentan mayor frecuencia del tipo ciclónico (20,4 %, normal: 18,9 %), mientras que ocurre lo contrario para los años con baja concentración (17,7 %). El tipo U es más frecuente en los años con baja concentración. Curiosamente, el tipo A es menos frecuente en los años con baja concentración (18,4 %). Finalmente, el tipo advectivo W es más frecuente en los años con baja concentración (4,5 %).

X. 1. 2. 2. En el observatorio de Dar el Baída (Argel) hay 364 días, o solo un año, con alta concentración diaria (tabla 34). El tipo U es el más frecuente, con un promedio anual de 98 días, lo que representa el 26,9 % del total del periodo. Sigue el tipo A, con 77 días al año (21,2 %) y el tipo C, con 68 días al año (18,7 %). La suma de los tres tipos más frecuentes representa el 66,8 % del total. En el otro extremo, hay 3279 días, o

9 años, con baja concentración (tabla 35). En este caso, el tipo más frecuente es U, con un promedio anual de 102 días (28 %), seguido por el tipo A, con 74 días al año (20,3 %) y C, con 72 días al año (19,7 %). Los tres tipos más frecuentes juntos representan un poco más de las dos terceras partes (68 %) del total. Estos tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 113 días en 1972; A, 99 días en 1981, y C, 107 días en 2009. Los restantes nunca han superado 20 días en un año. En el otro extremo, hay 12 tipos, los SE, S, CSE, CS, CSW, AN, ANE, ASE, AS, ASW, AW y ANW, que no aparecen en ningún año.

Tabla 34. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI \geq 0,71$ en el observatorio de Dar el Baída, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	3	3	0,8	3	3
NE	12	12	3,3	12	12
E	11	11	3,0	11	11
SE	5	5	1,4	5	5
S	1	1	0,3	1	1
SW	2	2	0,5	2	2
W	14	14	3,8	14	14
NW	11	11	3,0	11	11
C	68	68	18,7	68	68
A	77	77	21,2	77	77
CN	4	4	1,1	4	4
CNE	10	10	2,7	10	10
CE	5	5	1,4	5	5
CSE	1	1	0,3	1	1
CS	2	2	0,5	2	2
CSW	2	2	0,5	2	2
CW	8	8	2,2	8	8
CNW	7	7	1,9	7	7
AN	1	1	0,3	1	1
ANE	4	4	1,1	4	4
AE	5	5	1,4	5	5
ASE	2	2	0,5	2	2
AS	0	0	0,0	0	0
ASW	1	1	0,3	1	1
AW	4	4	1,1	4	4
ANW	6	6	1,6	6	6
U	98	98	26,9	98	98
Suma	364	364	100,0		

Tabla 35. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Dar el Baída, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	65	7	2,0	12	4
NE	98	11	3,0	13	9
E	90	10	2,7	19	6
SE	26	3	0,8	7	0
S	15	2	0,5	3	0
SW	61	7	1,9	10	3
W	91	10	2,8	15	6
NW	98	11	3,0	20	8
C	646	72	19,7	107	54
A	664	74	20,3	99	39
CN	47	5	1,4	8	4
CNE	88	10	2,7	16	2
CE	35	4	1,1	8	1
CSE	20	2	0,6	6	0
CS	6	1	0,2	2	0
CSW	18	2	0,5	4	0
CW	32	4	1,0	8	1
CNW	57	6	1,7	12	4
AN	21	2	0,6	7	0
ANE	33	4	1,0	10	0
AE	54	6	1,6	9	2
ASE	21	2	0,6	5	0
AS	12	1	0,4	3	0
ASW	17	2	0,5	5	0
AW	19	2	0,6	4	0
ANW	25	3	0,8	8	0
U	920	102	28	113	88
Suma	3279	364,3	100		

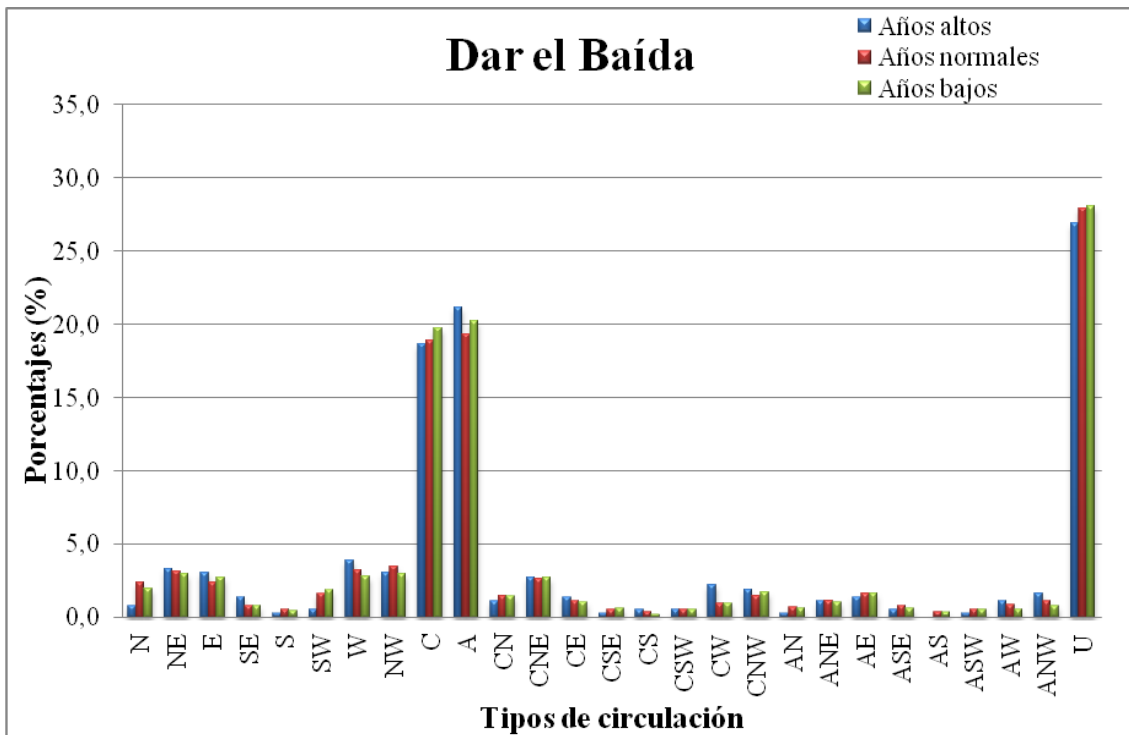


Figura 39. Frecuencias relativas medias de los tipos J&C observados en los años extremos ($CI1 \geq 0,71$ y $CI1 \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Dar el Baída (elaboración propia).

En la figura 39, se observa la distribución de las frecuencias relativas medias de los tipos de circulación en el observatorio de Dar el Baída (Argel) correspondientes a los años con alta y baja concentración diaria y al conjunto de los años del período. Se aprecia una diferencia en la frecuencia del tipo C según el CI1 anual: Curiosamente, los años con alta concentración presentan menor frecuencia del tipo ciclónico (18,7 %, normal: 18,9 %), mientras que ocurre lo contrario para los años con baja concentración (19,7%); también, el tipo A es menos frecuente en los años con baja concentración (20,3 %). El tipo U es más frecuente en los años con baja concentración. Finalmente, el tipo advectivo W es más frecuente en los años con alta concentración (3,8 %). Este resultado, estadísticamente, tiene poca significación porque en el observatorio de Dar el Baída se ha dado solo un año con alta concentración.

X. 1. 2. 3. En el observatorio de Melilla, se han analizado 1821 días, o 5 años con alta concentración diaria. La tabla 36 muestra los 27 tipos de circulación de la clasificación de J&C. El tipo más frecuente es U, con un promedio anual de más de 106 días (el 29,1 % del total del periodo), seguido por el tipo A, con 75 días al año (19,3 %) y el tipo C, con 65 días al año (17,9 %). Los tipos U, A y C juntos representan las dos terceras

partes (66,3 %) del total. Los tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 113 días en 1972; A, 93 días en 1985, y C, 81 días en 2002. Los restantes nunca han superado 25 días en un año. En el otro extremo, hay 8 tipos, los SE, S, CSE, CS, CSW, AS, ASW y ANW, que no aparecen en ningún año.

Tabla 36. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \geq 0,71$ en el observatorio de Melilla, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	40	8	2,2	12	5
NE	43	9	2,4	16	4
E	34	7	1,9	9	4
SE	15	3	0,8	6	0
S	6	1	0,3	3	0
SW	38	8	2,1	12	2
W	81	16	4,5	25	12
NW	61	12	3,4	17	8
C	325	65	17,9	81	54
A	351	70	19,3	93	55
CN	30	6	1,6	8	5
CNE	48	10	2,6	14	5
CE	24	5	1,3	8	2
CSE	8	2	0,4	4	0
CS	5	1	0,3	3	0
CSW	9	2	0,5	3	0
CW	14	3	0,8	3	2
CNW	27	5	1,5	10	2
AN	9	2	0,5	3	1
ANE	24	5	1,3	11	2
AE	27	5	1,5	9	2
ASE	17	3	0,9	6	1
AS	5	1	0,3	2	0
ASW	12	2	0,7	5	0
AW	23	5	1,3	10	1
ANW	16	3	0,9	5	0
U	529	106	29,1	113	93
Suma	1821	364	100		

Sin embargo, en los años con baja concentración agrupan 3279 días, o 9 años (tabla 37). El tipo U sigue siendo el más frecuente, con un promedio anual de 98 días (26,9 % del total del periodo), seguido por el tipo C, con 73 días al año (20,1%) y A, con 71 días al

año (19,5 %). Los tipos U, A y C juntos representan alrededor de las dos terceras partes (66,5%) del total. Estos tres tipos presentan los siguientes máximos anuales: U, 113 días en 1972; A, 99 días en 1981, y C, 94 días en 1997. Los restantes nunca han superado 22 días en un año. En el otro extremo, hay 3 tipos, los S, CSE y CS, que no aparecen en ningún año.

Tabla 37. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Melilla, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	71	8	2,2	12	3
NE	87	10	2,7	16	4
E	71	8	2,2	10	5
SE	31	3	0,9	7	1
S	21	2	0,6	6	0
SW	70	8	2,1	18	3
W	107	12	3,3	22	7
NW	120	13	3,7	21	9
C	660	73	20,1	94	63
A	640	71	19,5	99	51
CN	40	4	1,2	8	2
CNE	68	8	2,1	13	2
CE	31	3	0,9	6	1
CSE	17	2	0,5	6	0
CS	22	2	0,7	5	0
CSW	29	3	0,9	6	2
CW	35	4	1,1	7	1
CNW	48	5	1,5	8	2
AN	13	1	0,4	2	1
ANE	40	4	1,2	10	2
AE	56	6	1,7	9	4
ASE	21	2	0,6	6	1
AS	15	2	0,5	4	1
ASW	23	3	0,7	4	1
AW	26	3	0,8	7	1
ANW	34	4	1,0	6	1
U	883	98	26,9	113	84
Suma	3279	364	100,0		

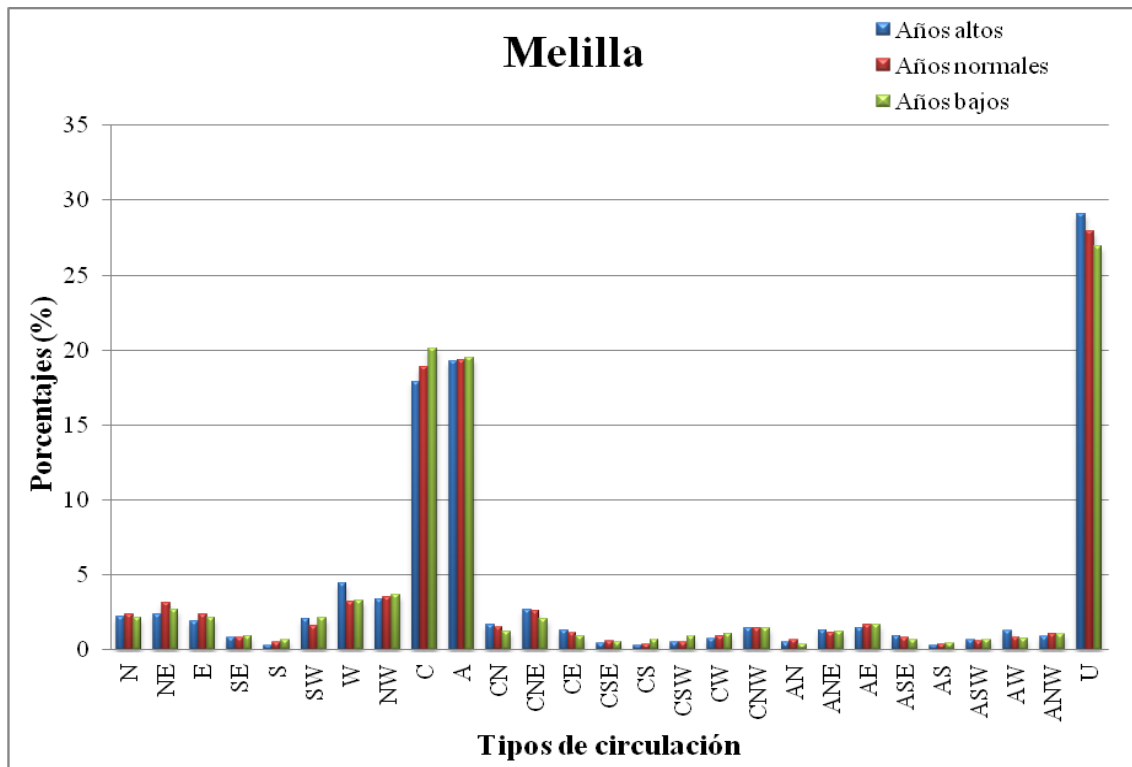


Figura 40. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos ($CI1 \geq 0,71$ y $CI1 \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Melilla (elaboración propia).

La figura 40 muestra la distribución de las frecuencias relativas medias de los 26 tipos sinópticos más el tipo U de los años extremos y del conjunto de los años normales del periodo 1970-2010 en el observatorio de Melilla, donde se aprecia una diferencia en la frecuencia del tipo C según el CI1 anual: es curioso que los años con alta concentración presenten menor frecuencia del tipo ciclónico (17,9 %, normal: 18,9 %), mientras que ocurre lo contrario para los años con baja concentración (20,1 %). El tipo U es más frecuente en los años con alta concentración. El tipo A es similar en los años con baja y alta concentración. Finalmente, el tipo advectivo W es más frecuente en los años con alta concentración (4,5 %).

X. 1. 2. 4. El caso de Roma viene a ser muy diferente respecto a los 6 observatorios restantes estudiados, dado que en él no se aprecia ningún año con alta concentración, es decir que no se ha registrado un año con $CI1 \geq 0,71$ durante el periodo de estudio. Con baja concentración se han hallado 1456 días, o 4 años (tabla 38). El tipo U es el más frecuente, con un promedio anual de más de cien días (104 o el 28,6% del total del periodo). Le siguen el tipo A, con 70 días al año (19,3 %) y el C, con 69 días al año

(19,0 %). Los tipos U, A y C juntos representan casi las dos terceras partes (66,9 %) del total. Ninguno de los tipos restantes presenta una frecuencia superior a 17 días al año, es decir, que no alcanzan el 4,7 %, por lo tanto, se quedan lejos de los tres anteriormente citados. Los tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 114 días en 2005; A, 88 días en 1983, y C, 79 días en 2007. Los restantes nunca han superado 18 días en un año. En el otro extremo, hay 5 tipos, los S, CS, CSW, ASW y AW, que no aparecen en ningún año.

Tabla 38. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Roma, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	46	12	3,2	17	6
NE	68	17	4,7	18	16
E	29	7	2,0	11	2
SE	13	3	0,9	4	2
S	5	1	0,3	3	0
SW	14	4	1,0	6	1
W	32	8	2,2	13	5
NW	57	14	3,9	16	13
C	276	69	19,0	79	62
A	281	70	19,3	88	52
CN	22	6	1,5	8	4
CNE	38	10	2,6	11	6
CE	19	5	1,3	7	2
CSE	7	2	0,5	2	1
CS	3	1	0,2	2	0
CSW	3	1	0,2	2	0
CW	5	1	0,3	2	1
CNW	15	4	1,0	6	3
AN	10	3	0,7	4	1
ANE	12	3	0,8	4	2
AE	26	7	1,8	8	4
ASE	13	3	0,9	6	1
AS	8	2	0,5	4	1
ASW	4	1	0,3	2	0
AW	11	3	0,8	6	0
ANW	23	6	1,6	10	1
U	416	104	28,6	114	86
Suma	1456	364	100		

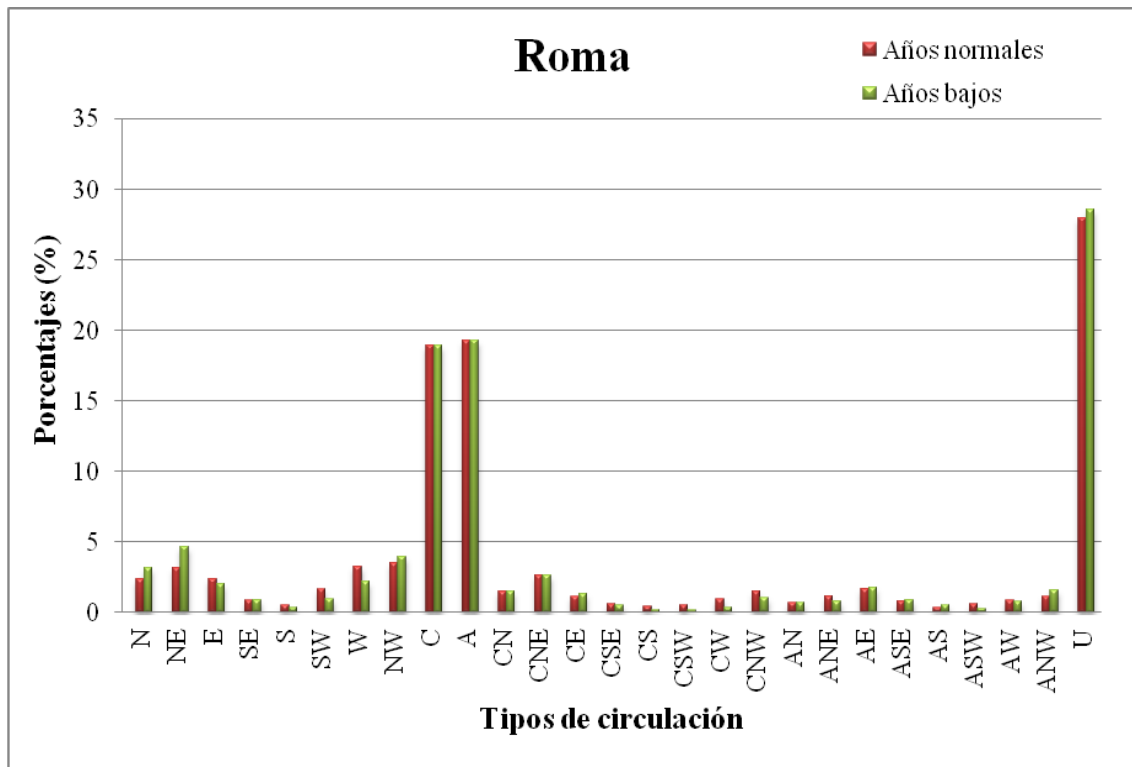


Figura 41. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos bajos ($CI1 \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Roma (elaboración propia).

En la figura 41, se representa la distribución de frecuencias medias de los años con baja concentración y del conjunto de los años del periodo estudiado, con la ausencia total de años con alta concentración. Los tres tipos más frecuentes en los años con baja concentración y en el conjunto del período son muy similares.

X. 1. 2. 5. Respecto al observatorio de Tolón, se han analizado 3278 días, o 9 años, con alta concentración diaria (tabla 39). El tipo más frecuente es U, con un promedio anual de alrededor de cien días (101 o el 27,6 % del total del periodo). Le siguen el tipo C (depresión), con 71 días al año (19,6 %), y A (anticiclón), con 67 días al año (18,4 %). La suma de los tipos U, A y C representa el 65,6 % del total. Estos tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 114 días en 2005; A, 80 días en 2005, y C, 94 días en 1997. Los años con baja concentración diaria se reducen a uno, o 364 días (tabla 40). El tipo U sigue siendo el más frecuente, con un promedio anual de 109 días (el 29,9 % del total del periodo). Le siguen el tipo A, con 90 días al año (24,7 %), y C, con 47 días al año (12,9 %). Los tipos U, A y C juntos representan el 67,6 % del total. Los tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U,

109 días en 1990; A, 90 días en 1990, y C, 47 días en 1990. Los restantes nunca han superado 18 días en un año. En el otro extremo, hay solamente un tipo, CS, que no aparece en ningún año.

Tabla 39. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de clasificación de J&C de los años con $CII \geq 0,71$ en el observatorio de Tolón, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	70	8	2,1	13	2
NE	110	12	3,4	21	5
E	72	8	2,2	20	2
SE	23	3	0,7	6	0
S	15	2	0,5	4	0
SW	54	6	1,6	10	1
W	114	13	3,5	25	6
NW	115	13	3,5	21	6
C	641	71	19,6	94	54
A	603	67	18,4	83	55
CN	61	7	1,9	11	4
CNE	115	13	3,5	18	8
CE	38	4	1,2	6	2
CSE	19	2	0,6	4	0
CS	6	1	0,2	2	0
CSW	15	2	0,5	4	0
CW	24	3	0,7	4	1
CNW	42	5	1,3	8	2
AN	25	3	0,8	9	1
ANE	42	5	1,3	11	2
AE	49	5	1,5	9	3
ASE	34	4	1,0	6	1
AS	11	1	0,3	4	0
ASW	19	2	0,6	5	0
AW	25	3	0,8	7	0
ANW	31	3	0,9	7	1
U	905	101	27,6	114	80
Suma	3278	364	100,1		

Los años con baja concentración diaria se reducen a uno, o 364 días (tabla 40). El tipo U sigue siendo el más frecuente, con un promedio anual de 109 días (el 29,9 % del total del periodo). Le siguen el tipo A, con 90 días al año (24,7 %), y C, con 47 días al año (12,9 %). Los tipos U, A y C juntos representan el 67,6 % del total. Los tres tipos más

frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 109 días en 1990; A, 90 días en 1990, y C, 47 días en 1990. Los restantes nunca han superado 18 días en un año. En el otro extremo, hay solamente un tipo, CS, que no aparece en ningún año.

Tabla 40. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Tolón, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	6	6	1,6	6	6
NE	11	11	3,0	11	11
E	12	12	3,3	12	12
SE	2	2	0,5	2	2
S	2	2	0,5	2	2
SW	1	1	0,3	1	1
W	7	7	1,9	7	7
NW	18	18	4,9	18	18
C	47	47	12,9	47	47
A	90	90	24,7	90	90
CN	3	3	0,8	3	3
CNE	7	7	1,9	7	7
CE	4	4	1,1	4	4
CSE	1	1	0,3	1	1
CS	0	0	0,0	0	0
CSW	2	2	0,5	2	2
CW	7	7	1,9	7	7
CNW	2	2	0,5	2	2
AN	3	3	0,8	3	3
ANE	5	5	1,4	5	5
AE	12	12	3,3	12	12
ASE	4	4	1,1	4	4
AS	2	2	0,5	2	2
ASW	1	1	0,3	1	1
AW	3	3	0,8	3	3
ANW	3	3	0,8	3	3
U	109	109	29,9	109	109
Suma	364	364	100,0		

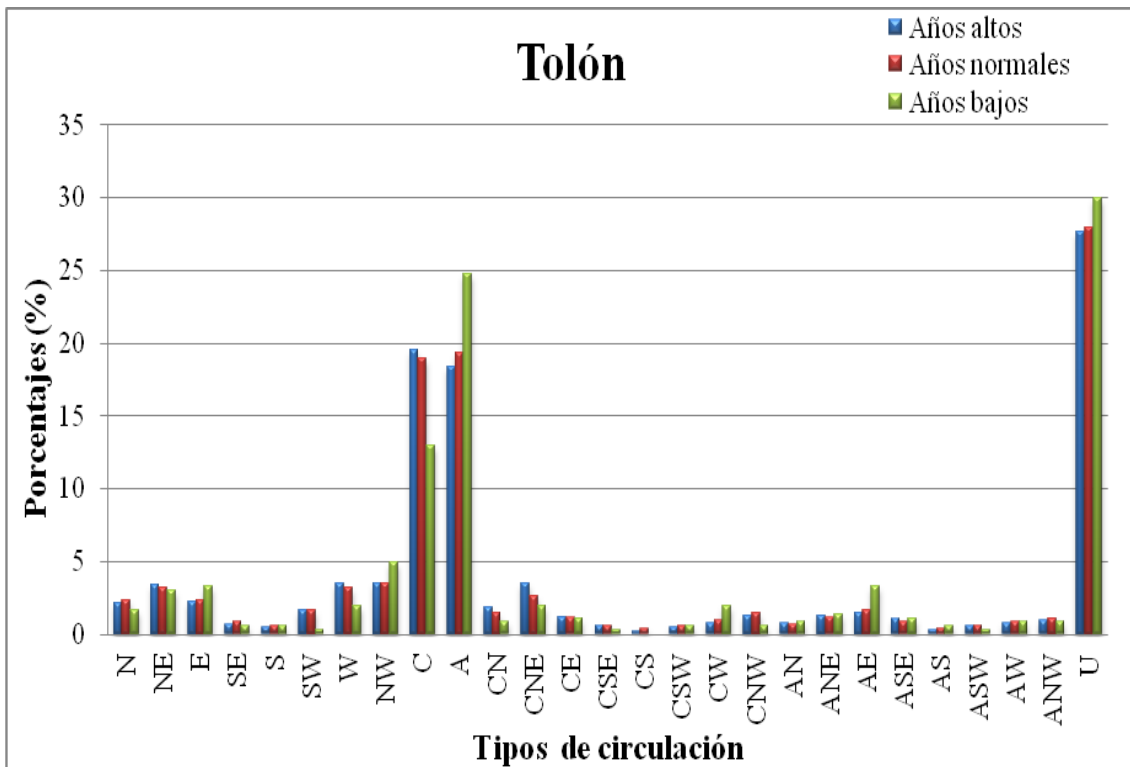


Figura 42. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos ($CI1 \geq 0,71$ y $CI1 \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Tolón (elaboración propia).

La figura 42 muestra la distribución de las frecuencias relativas medias de los 26 tipos sinópticos más el tipo U de los años extremos y del conjunto de los años del periodo de estudio en el observatorio de Tolón, donde se aprecia una diferencia muy clara en la frecuencia del tipo C según el CI1 anual: los años con alta concentración presentan mayor frecuencia del tipo ciclónico (19,6 %, normal: 18,9 %), mientras que ocurre lo contrario para los años con baja concentración (12,9 %). Los dos tipos U y A son también apreciablemente más frecuentes en los años con baja concentración (29,9 % y 24,7 %, respectivamente). Finalmente, el tipo advectivo NW es más frecuente en los años con baja concentración (4,9 %). Este resultado, estadísticamente, es poco significativo, porque en este observatorio se ha dado solo un año con baja concentración.

X. 1. 2. 6. En el observatorio de Túnez-Cartago se han analizado 1822 días, o 5 años con alta concentración diaria (tabla 41). El tipo más frecuente es U, con un promedio anual de alrededor de cien días (101 o el 27,7 % del total del periodo). Le siguen el tipo C, con 70 días al año (19,3 %) y A, con 64 días al año (17,6 %). La suma de los tipos U,

A y C representa el 64,6 % del total. Los tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 109 días en 2001; A, 74 días en 2004, y C, 86 días en 2004. Los restantes nunca han superado 14 días en un año. En el otro extremo, hay 8 tipos, los SE, S, CSE, CS, CSW, AS, ASW y AW, que no aparecen en cualquier año.

Tabla 41. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \geq 0,71$ en el observatorio de Túnez-Cartago, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	42	8	2,3	12	6
NE	57	11	3,1	21	5
E	53	11	2,9	20	4
SE	16	3	0,9	6	0
S	8	2	0,4	4	0
SW	31	6	1,7	10	4
W	70	14	3,8	25	6
NW	55	11	3,0	17	6
C	352	70	19,3	86	54
A	321	64	17,6	74	55
CN	36	7	2,0	11	4
CNE	59	12	3,2	15	8
CE	16	3	0,9	5	2
CSE	13	3	0,7	4	0
CS	3	1	0,2	1	0
CSW	9	2	0,5	3	0
CW	15	3	0,8	4	1
CNW	16	3	0,9	5	2
AN	16	3	0,9	9	1
ANE	35	7	1,9	11	2
AE	28	6	1,5	9	1
ASE	23	5	1,3	5	3
AS	6	1	0,3	3	0
ASW	12	2	0,7	5	0
AW	12	2	0,7	7	0
ANW	14	3	0,8	4	2
U	504	101	27,7	109	90
Suma	1822	364	100,1		

Los años con baja concentración suponen 4369 días, o 12 años (tabla 42). El tipo U sigue siendo el más frecuente, con un promedio anual de 101 días (27,7 % del total del periodo), seguido por el tipo A, con 74 días al año (20,4 %), y C, con 69 días al año

(18,8 %). Los tipos U, A y C juntos representan las dos terceras partes (66,9 %) del total. Estos tres tipos presentan los siguientes máximos anuales: U, 113 días en 1985; A, 99 días en 1981, y C, 94 días en 1997. Los restantes nunca han superado 23 días en un año. En el otro extremo, hay 10 tipos, los E, SE, S, CSE, CS, CSW, AN, AS, ASW y ANW, que no aparecen en ningún año.

Tabla 42. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Túnez-Cartago, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	104	9	2,4	17	3
NE	108	9	2,5	16	4
E	83	7	1,9	14	0
SE	33	3	0,8	8	0
S	28	2	0,6	6	0
SW	73	6	1,7	12	2
W	167	14	3,8	23	9
NW	167	14	3,8	21	7
C	823	69	18,8	94	44
A	891	74	20,4	99	53
CN	62	5	1,4	11	2
CNE	90	8	2,1	18	3
CE	49	4	1,1	8	1
CSE	16	1	0,4	6	0
CS	17	1	0,4	4	0
CSW	25	2	0,6	6	0
CW	42	4	1,0	7	1
CNW	74	6	1,7	10	1
AN	31	3	0,7	11	0
ANE	37	3	0,8	6	1
AE	63	5	1,4	11	2
ASE	34	3	0,8	6	1
AS	19	2	0,4	4	0
ASW	31	3	0,7	10	0
AW	52	4	1,2	10	1
ANW	40	3	0,9	6	0
U	1210	101	27,7	113	80
Suma	4369	364	100,0		

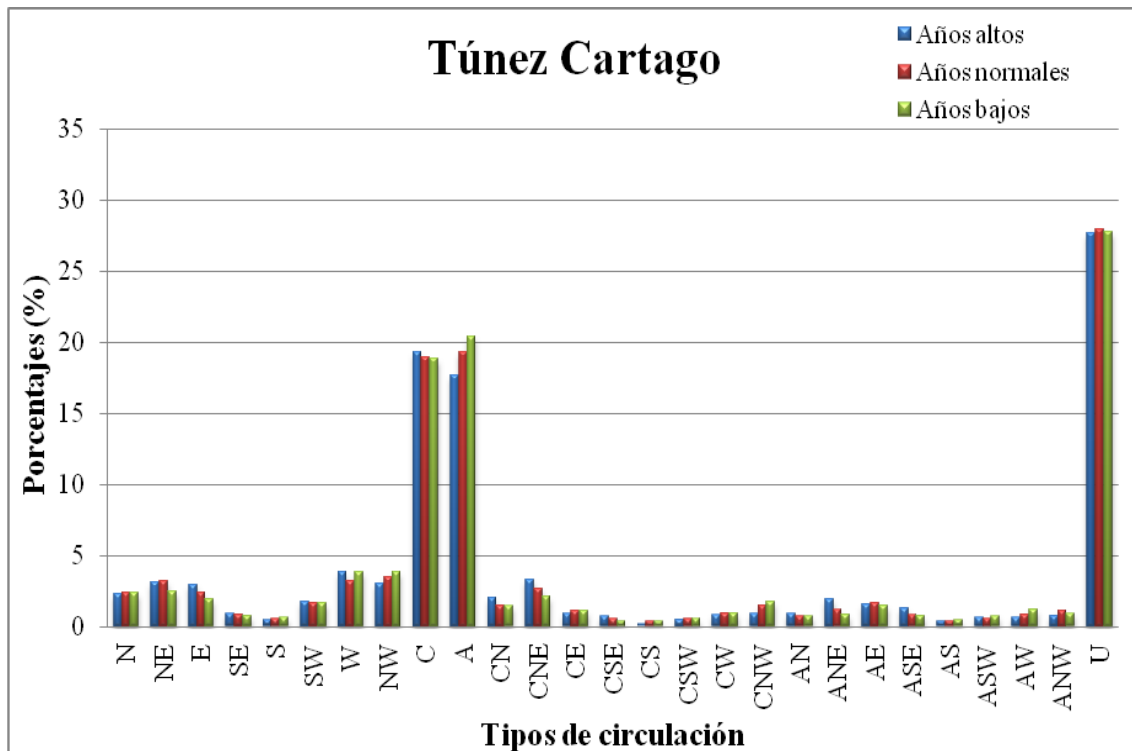


Figura 43. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos ($CI1 \geq 0,71$ y $CI1 \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Túnez-Cartago (elaboración propia).

En la figura 43 se representa, como en los casos anteriores, la distribución de las frecuencias medias de los 27 tipos de circulación de J&C en los años extremos y en el conjunto de los años del periodo 1970-2010 en el observatorio de Túnez-Cartago. En esta figura, se aprecia una pequeña diferencia en la frecuencia del tipo C según el CI1 anual: los años con alta concentración presentan mayor frecuencia del tipo ciclónico (19,3 %, normal: 18,9 %), mientras que ocurre lo contrario para los años con baja concentración (18,8 %). El tipo U es casi igual en los años con baja y alta concentración. Lógicamente, el tipo A es mayor en los años con baja concentración (20,4 %). En conjunto, las diferencias, salvo en el tipo A, apenas son relevantes.

X. 1. 2. 7. En el caso de Valencia, se han analizado 5830 días, o 16 años con alta concentración (tabla 43). El tipo U es el más frecuente, con un promedio anual de 99 días (27,2 % del total), seguido por los tipos C y A, con 71 días al año (19,4 y 19,5 %, respectivamente). Los tipos U, A y C juntos representan el 66,9 % del total. Estos tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 111 días en 1989; A, 99 días en 1981, y C, 107 días en 2009. Los restantes nunca han superado 22 días (W) en un año. En el otro extremo, hay 12 tipos, los SE, S, CSE, CS, CSW, AN, ANE, ASE,

AS, ASW, AW y ANW, que no aparecen en ningún año. Los años con baja concentración suponen 728 días, o 2 años (tabla 44). El tipo U sigue siendo el más frecuente, con un promedio anual de 112 días (30,6 % del total del periodo), seguido por el tipo A, con 77 días al año (21,0%), y C, con 62 días al año (17,0 %). La suma de los tipos U, A y C representa más de las dos terceras partes (68,6 %) del total. Estos tres tipos más frecuentes presentan los siguientes máximos anuales: U, 113 días en 1985; A, 93 días en 1985, y C, 65 días en 1985. Los restantes nunca han superado 21 días (NW) en un año. En el otro extremo, hay 6 tipos, los S, CSE, CS, CSW, AS y ANW, que no aparecen en ningún año.

Tabla 43. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los con $CI \geq 0,71$ en el observatorio de Valencia, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	135	8	2,3	17	3
NE	177	11	3,0	21	4
E	154	10	2,6	20	4
SE	52	3	0,9	8	0
S	27	2	0,5	5	0
SW	89	6	1,5	12	2
W	176	11	3,0	22	5
NW	203	13	3,5	21	6
C	1128	71	19,4	107	44
A	1135	71	19,5	99	39
CN	90	6	1,5	11	2
CNE	169	11	2,9	16	3
CE	66	4	1,1	7	1
CSE	36	2	0,6	6	0
CS	20	1	0,3	3	0
CSW	27	2	0,5	4	0
CW	56	4	1,0	8	1
CNW	92	6	1,6	12	1
AN	36	2	0,6	9	0
ANE	65	4	1,1	10	0
AE	108	7	1,9	11	2
ASE	56	4	1,0	6	0
AS	19	1	0,3	3	0
ASW	24	2	0,4	5	0
AW	42	3	0,7	4	0
ANW	64	4	1,1	10	0
U	1584	99	27,2	111	84
Suma	5830	364	100,1		

Tabla 44. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Valencia, durante el período comprendido entre 1970 y 2010 (elaboración propia).

Tipos J&C	Días	Media	Porcentaje	Máx.	Mín.
N	17	9	2,3	12	5
NE	26	13	3,6	17	9
E	13	7	1,8	7	6
SE	3	2	0,4	2	1
S	2	1	0,3	2	0
SW	14	7	1,9	7	7
W	23	12	3,2	12	11
NW	30	15	4,1	21	9
C	124	62	17,0	65	59
A	153	77	21,0	93	60
CN	10	5	1,4	5	5
CNE	18	9	2,5	11	7
CE	14	7	1,9	8	6
CSE	0	0	0,0	0	0
CS	1	1	0,1	1	0
CSW	1	1	0,1	1	0
CW	5	3	0,7	3	2
CNW	10	5	1,4	6	4
AN	5	3	0,7	3	2
ANE	8	4	1,1	6	2
AE	5	3	0,7	3	2
ASE	5	3	0,7	3	2
AS	1	1	0,1	1	0
ASW	6	3	0,8	5	1
AW	4	2	0,5	3	1
ANW	7	4	1,0	7	0
U	223	112	30,6	113	110
Suma	728	364	100,0		

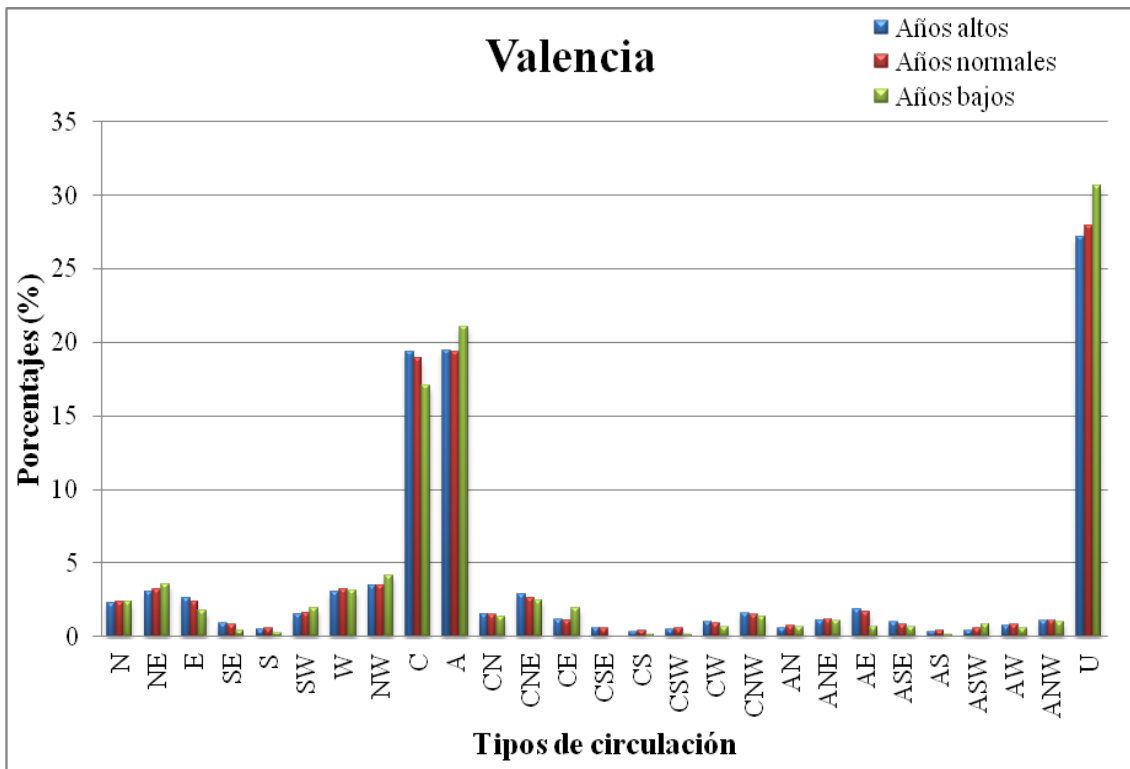


Figura 44. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos ($CI1 \geq 0,71$ y $CI1 \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Valencia (elaboración propia).

En la figura 44, se representa la distribución de frecuencias relativas medias de los tipos de J&C correspondientes a años extremos altos o bajos y al conjunto de los años del periodo estudiado en el observatorio de Valencia. Se aprecia una diferencia en la frecuencia del tipo C según el CI1 anual: los años con alta concentración presentan mayor frecuencia del tipo ciclónico (19,4 %, normal: 18,9 %), mientras que ocurre lo contrario para los años con baja concentración (17,0%). El tipo U es más frecuente en los años con baja concentración (30,6 %), al igual que el tipo A, que también es mayor en los años con baja concentración (21,0 %).

En consecuencia, a partir de los resultados obtenidos en este detallado análisis, se confirma la cuarta hipótesis, relativa a que un CI alto coincide con una frecuencia ciclónica (C) alta y una frecuencia anticiclónica (A) baja, y viceversa.

CAPÍTULO XI. CORRELACIÓN DEL ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN (CII) CON LAS VARIABLES GEOGRÁFICAS Y PLUVIOMÉTRICAS

En el presente capítulo, se hallan las correlaciones del índice de concentración CII con variables geográficas y pluviométricas de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio, en el periodo 1951-2010, mediante los valores de la r de Pearson y el p-value.

XI. 1. Análisis de correlación entre el índice de concentración de la precipitación (CII) y la posición geográfica (longitud, latitud, altitud y distancia al mar)

El índice de concentración CII se correlaciona únicamente de manera significativa con las dos variables geográficas de longitud y latitud, **-0,31 y 0,47**, respectivamente (tabla 45). La relación del índice CII y la longitud geográfica se muestra en la figura 45, en la que se observa una correlación lineal negativa, con un coeficiente de correlación lineal $r = -0,31$ (**p-value = 0,038**), que se corresponde con una correlación moderada e inversa. Esto significa que la concentración diaria de la precipitación (CII) aumenta a medida que disminuye la longitud, lo que coincide con la disminución en el CII de oeste a este a lo ancho de la cuenca occidental mediterránea (véase el capítulo VIII). Respecto a la relación que existe entre el índice de concentración CII y la latitud, en la figura 46 se muestra una correlación lineal positiva, con un coeficiente de correlación lineal $r = 0,47$ (**p-value = 0,001**), lo que significa una correlación positiva bastante buena, significativa incluso al nivel de confianza del 99 %. Esta correlación permite señalar, de acuerdo a la muestra estudiada, que la concentración diaria de la precipitación aumenta a medida que se incrementa la latitud, lo que corresponde a lo observado en el capítulo VIII, en el cual apreciamos una disminución del CII de norte a sur en el área de estudio.

Tabla 45. Análisis de correlaciones con valores de la r de Pearson y p -value entre el índice de concentración de la precipitación (CI1) y los factores geográficos: longitud ($^{\circ}$ E), latitud ($^{\circ}$ N), altitud (m) y distancia al mar (km) del conjunto del área de estudio, en el periodo 1951-2010 (valores significativos con $\alpha=0,05$ en negrita). Elaboración propia.

	Correlación	Longitud (E)	Latitud ($^{\circ}$ N)	Altitud (m)	Distancia al mar (km)
CI1	r	-0,31	0,47	0,06	0,10
	p -value	0,038	0,001	0,695	0,513

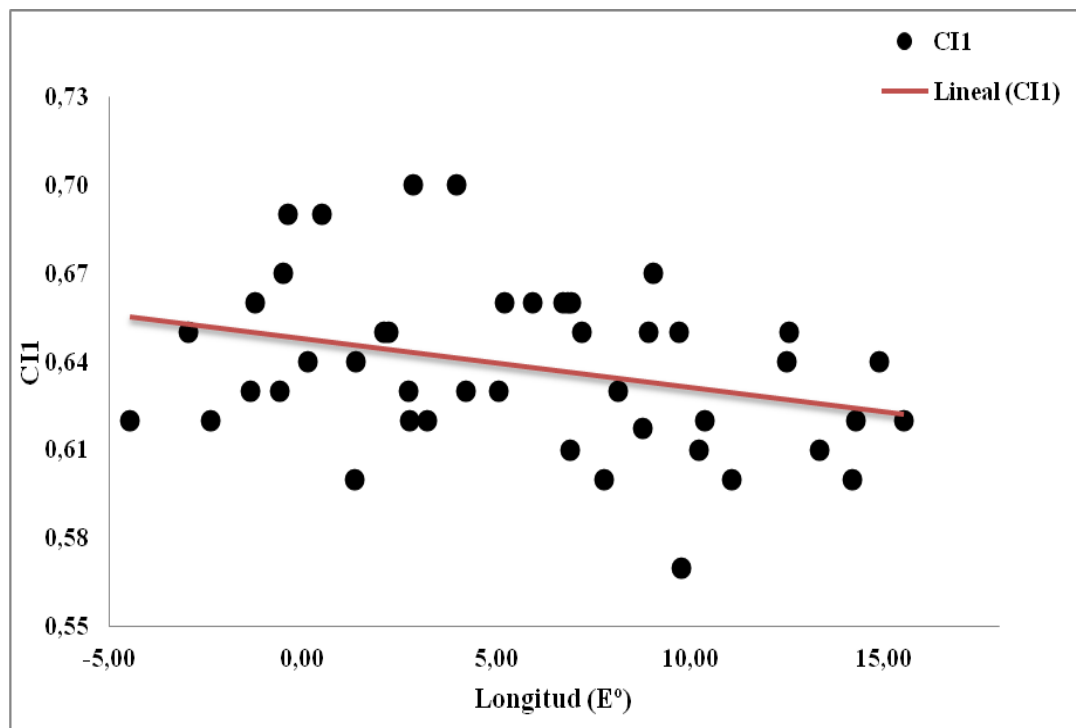


Figura 45. Correlación entre el índice de concentración CI1 y la longitud (E°) de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio (elaboración propia).

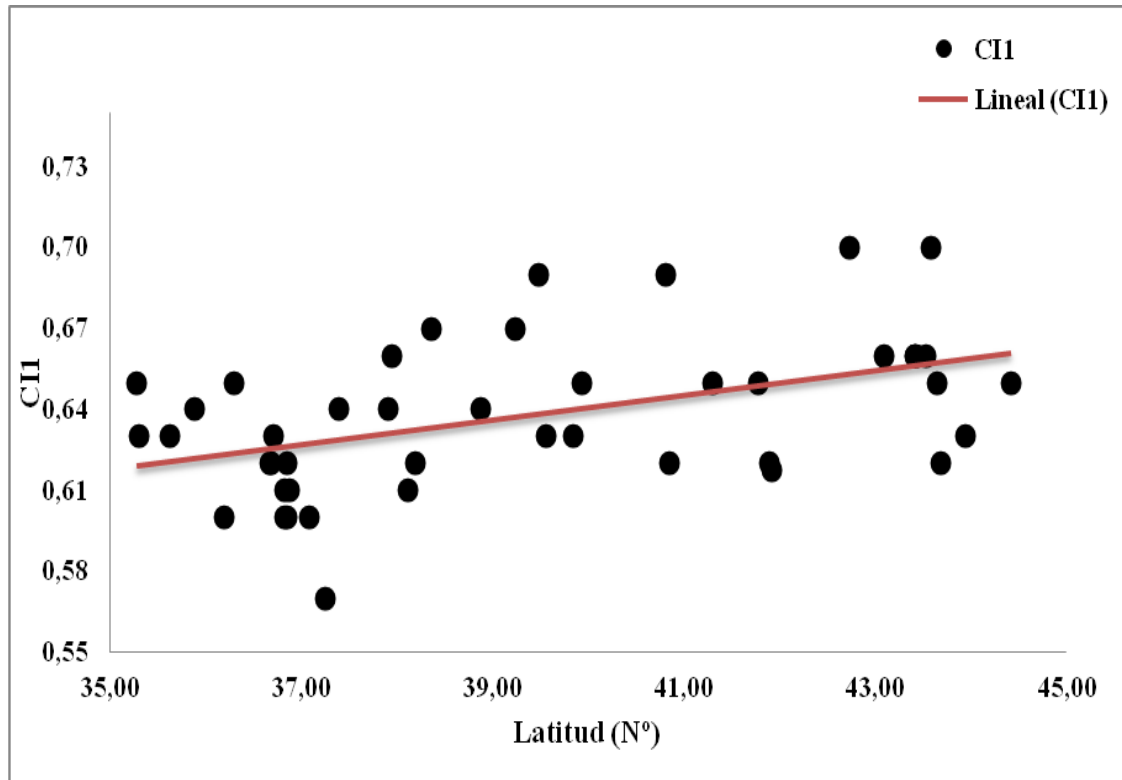


Figura 46. Correlación entre el índice de concentración CI1 y la latitud (N°) de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio (elaboración propia).

En cambio, para los dos factores de altitud y distancia al mar los valores de r son de 0,06 y 0,10, respectivamente, no significativos o solo muy débilmente. Estas correlaciones se explican por la poca incidencia de estos dos factores sobre la concentración diaria de la precipitación (CI1) en nuestra área de estudio, compuesta por tierras bajas y muy próximas al mar. En las figuras 47 y 48, se observan claramente las correlaciones lineales positivas casi nulas. Este resultado coincide con lo observado por LI *et al.* (2011) en Sinkiang (China), quienes estimaron una correlación no significativa al 5 % del nivel de significación entre el índice de concentración CI1 y el factor altitud, en el periodo 1961-2008.

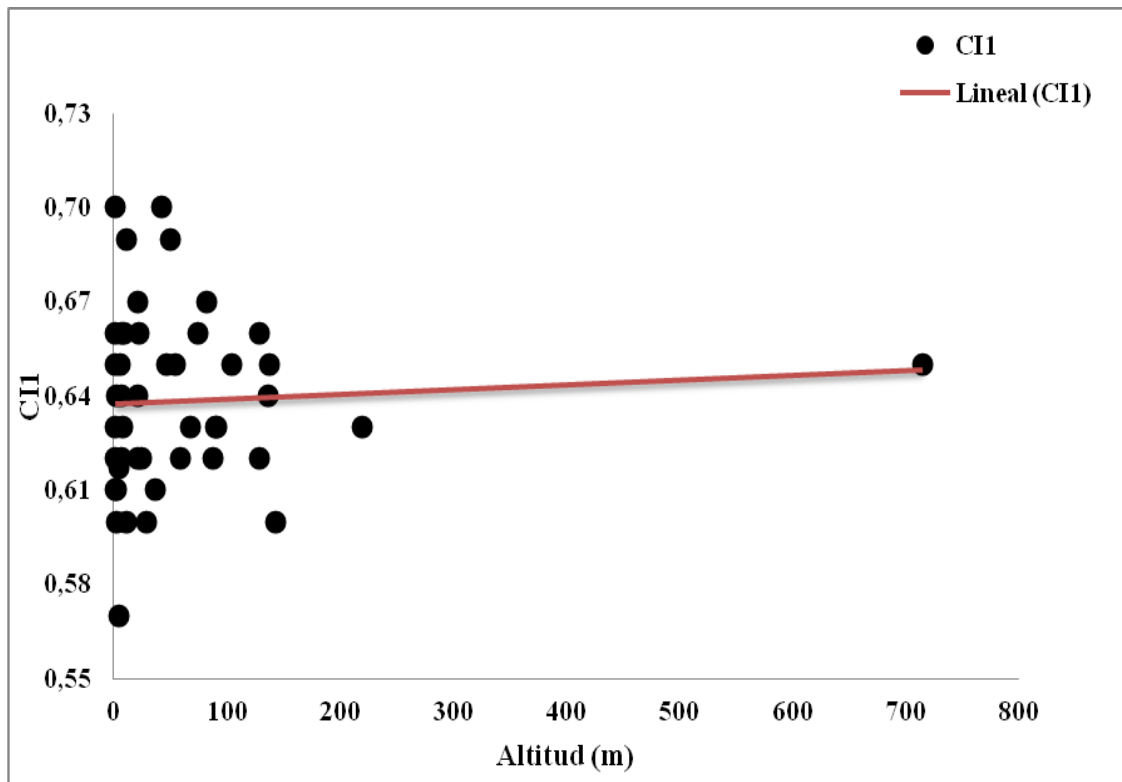


Figura 47. Correlación entre el índice de concentración CII y la altitud (m) de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio (elaboración propia).

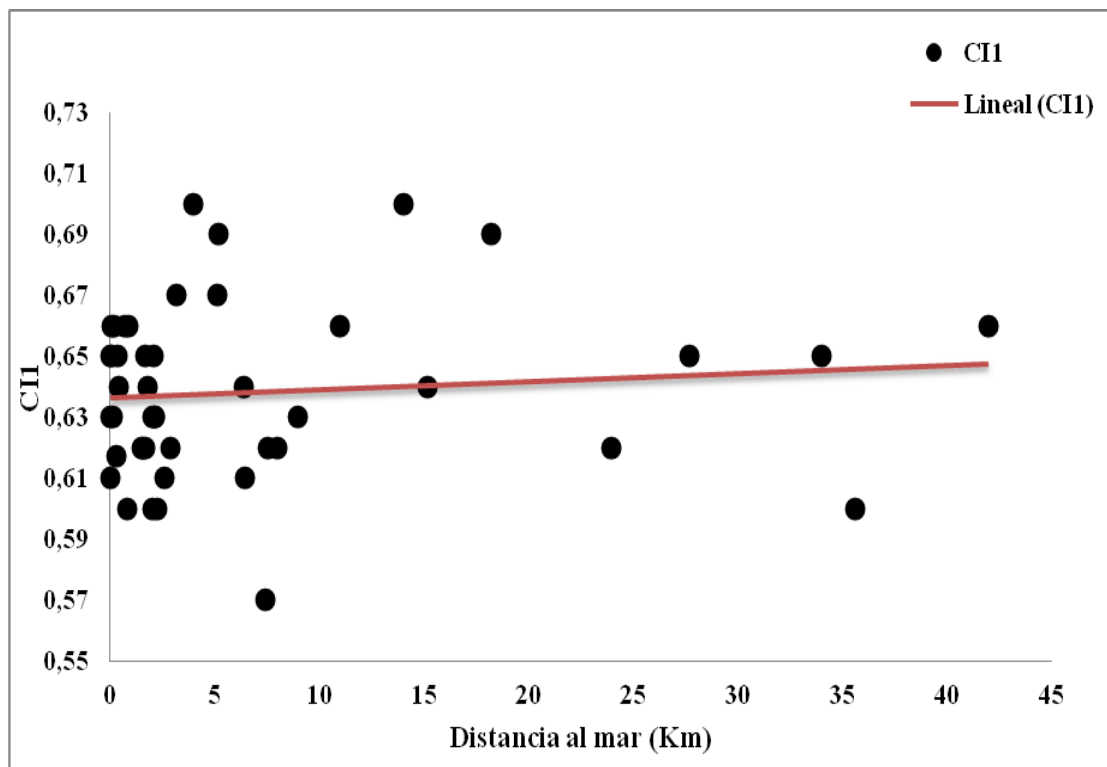


Figura 48. Correlación entre el índice de concentración CII y la distancia al mar (km) CII de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio (elaboración propia).

XI. 2. Análisis de correlación entre el índice de concentración de la precipitación (CI1) y las variables pluviométricas (precipitación media anual, coeficiente de variación (CV%) y número de días lluviosos)

Las correlaciones de Pearson (**r**) entre el índice de concentración de la precipitación (CII) y la precipitación media anual, el coeficiente de variación y el número de días de lluvia son de -0,01 (p-value = 0,948), -0,19 (p-value = 0,211) y 0,02 (p-value = 0,896), respectivamente (tabla 46). Estas correlaciones son claramente no significativas. Estos resultados coinciden con lo observado en Perú por Zubieta y Saavedra (2009), en el caso de la correlación entre el CII y el CV %, por un lado, y entre el CII y el número de días de lluvia, por otro. No obstante, ellos encontraron una correlación significativa entre CII y la precipitación anual. Contrastamos nuestro resultado con lo observado en China por LI *et al.* (2011) donde obtuvieron una correlación negativa significativa entre el CII, y la precipitación anual y el número de días de lluvia. Si se compara nuestro resultado con el obtenido por Martín-Vide (2004) en la España peninsular, se observa una coincidencia respecto a la correlación no significativa entre el CII y la precipitación anual, así como los patrones espaciales ortogonales entre el CII y el coeficiente de variación (CV %). De estos resultados, se espera que la precipitación anual y el promedio de días de lluvia anual no sean indicadores claros de la estructura temporal de la precipitación, ya que valores anuales similares se podrían lograr con diferentes distribuciones diarias. Las figuras 49, 50 y 51 muestran las correlaciones entre el índice de concentración (CII) y la precipitación anual, el coeficiente de variación (CV %) y el número de días de lluvia, respectivamente.

Tabla 46. Análisis de correlaciones con valores de la r de Pearson y p-value entre el índice de concentración (CII) y las variables pluviométricas precipitación media anual (mm), coeficiente de variación (CV %) y número de días lluviosos en el conjunto del área de estudio, en el periodo 1951-2010 (valores significativos con $\alpha=0,05$ en negrita). Elaboración propia.

	Correlación	P media anual (mm)	CV (%)	N días lluviosos
CII	<i>r</i>	-0,01	-0,19	0,02
	<i>p-value</i>	0,948	0,211	0,896

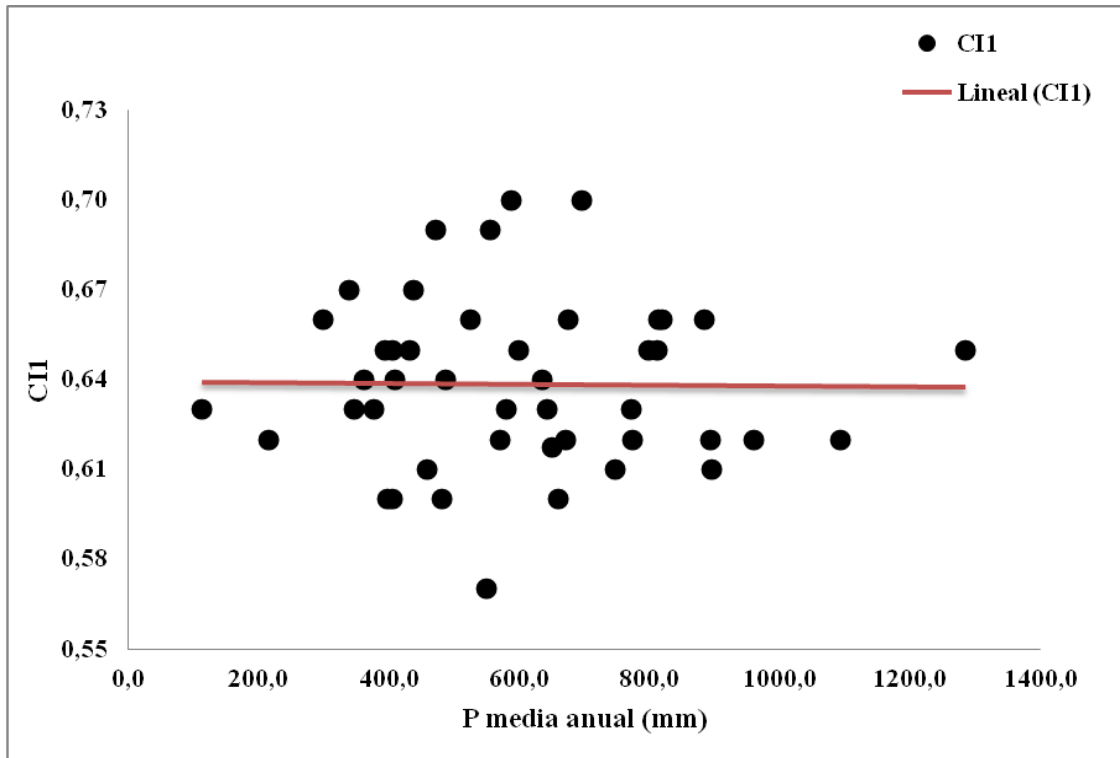


Figura 49. Correlación entre el índice de concentración CII y la precipitación media anual (mm) de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio (elaboración propia).

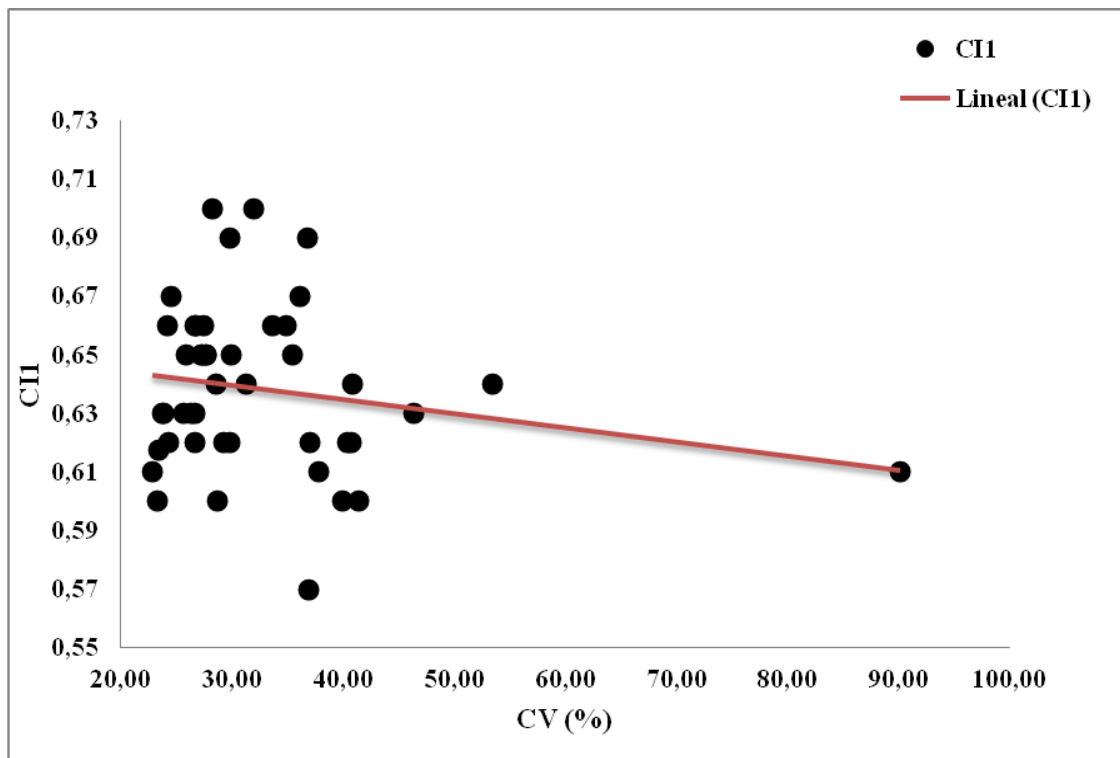


Figura 50. Correlación entre el índice de concentración CII y el coeficiente de variación (CV %) de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio (elaboración propia).

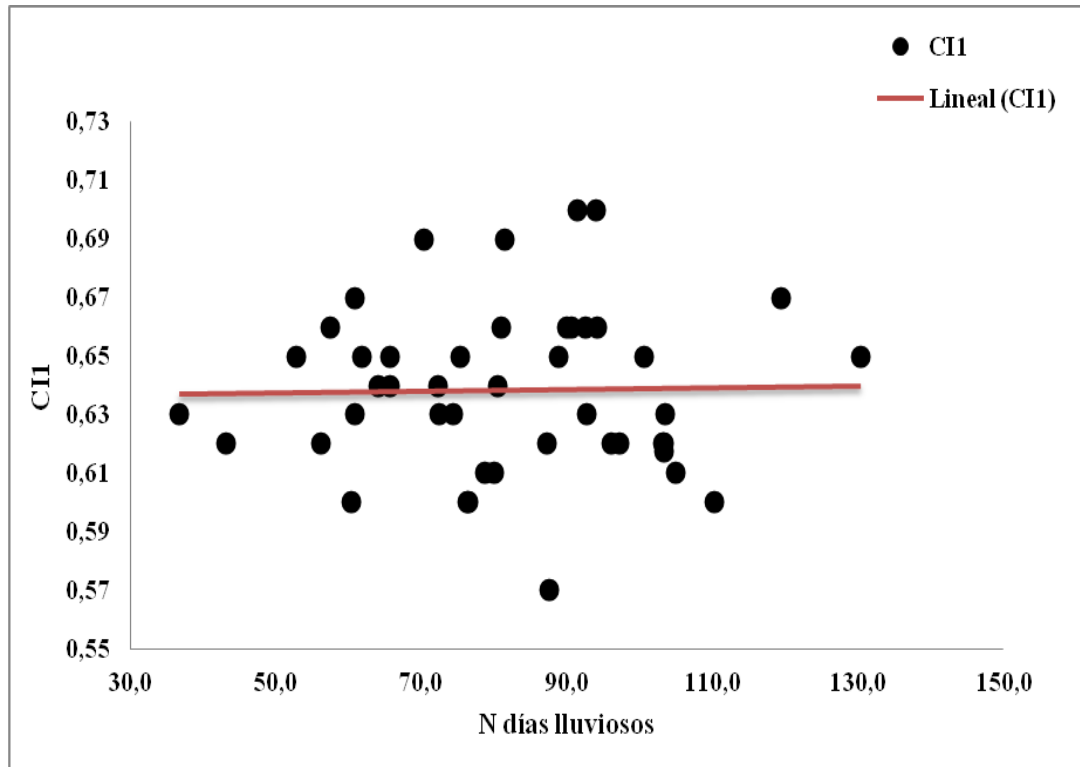


Figura 51. Correlación entre el índice de concentración CII y el número de días lluviosos de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio (elaboración propia).

CAPÍTULO XII. CONCLUSIONES GENERALES

Las principales conclusiones de la presente investigación son, de un modo sintético, las siguientes:

La concentración diaria de la precipitación es una variable climática de gran interés en cuanto a que expresa la irregularidad de los valores de la precipitación diaria y, especialmente, la concentración o acumulación de la precipitación en unos pocos días. Los índices de concentración, que permiten evaluarla con precisión, pueden analizarse estadísticamente y correlacionarse con otras variables pluviométricas. Además, estos índices de concentración son indicadores útiles de la capacidad erosiva de la precipitación, del riesgo de inundación, de su torrencialidad, etc.

La concentración diaria de la precipitación en la costa mediterránea francesa y la franja oriental de la España peninsular es, a la luz de los estudios disponibles, elevada, con valores del índice de Gini (IG1) y del índice de concentración (*Concentration Index*, CI1) que superan en varios observatorios 0,70 y llegan a aproximarse en alguno a 0,73, lo que refleja el hecho de que unos pocos días muy lluviosos aportan un elevado porcentaje de la precipitación anual (el 25 % de los días más lluviosos aporta hasta el 82 % del total pluviométrico).

Los valores máximos de los cuatro índices de concentración diaria de precipitación usados en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental se encuentran a lo largo de la franja costera oriental de España y la franja costera del sur de Francia, mientras que los valores más bajos se localizan en la franja costera africana.

Si en lugar de usar clases de 1 mm de longitud para el cálculo del índice de concentración (CI1) o del correspondiente índice de Gini (IG1), se emplean clases de 5 mm (CI5) y de 10 mm (CI10), los mapas de CI5 y CI10 son muy parecidos a los realizados con clases de 1 mm. Aunque el rango de valores es diferente, y se cumplen, además, las desigualdades $CI1 > CI5 > CI10$, los cuatro índices, CI1, CI5, CI10 e IG1, están alta y significativamente correlacionados, con coeficientes de correlación de Pearson en general superiores a +0,70, e incluso cercanos a 1, en el caso de CI1 e IG1.

En consecuencia, no hay objeción para emplear clases de 5 y 10 mm y los índices CI5 y CI10, en el análisis de la concentración diaria, que pueden permitir el estudio de algún observatorio sin precisión en el registro de las décimas de precipitación. Desde un punto de vista metodológico, podrán admitirse como buenos los valores de los índices de concentración CI5 y CI10 de los observatorios sin una gran precisión en el registro de las décimas de precipitación, aunque con los registros completos o casi completos, dado que habrá pocas asignaciones erróneas de valores entre clases, al ser estas relativamente escasas. En cambio, los índices de Gini con clases de 5 y 10 mm introducen considerables sesgos, por lo que no deben emplearse.

Al pasar del subperíodo 1951-1980 al 1981-2010, la concentración diaria de la precipitación, según la mayoría de los índices usados, ha aumentado en un número sustancial de observatorios.

A partir del análisis realizado de la tendencia del índice de concentración anual (CII) según diferentes periodos, se confirma, en líneas generales, la existencia de un cambio significativo del índice CII anual de la precipitación diaria en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental durante los últimos 60 años.

Las diferencias en el signo y el patrón espacial de las tendencias de la concentración anual CII entre los tres periodos estudiados, sobre todo entre el primer subperiodo (1951-1980) y los dos periodos 1951-2010 y 1981-2010 son pequeñas. A partir del estudio de la concentración anual CII en los tres periodos, se detecta un 40 % y un 35,5 % del total de los observatorios de medición con tendencias significativas en el periodo completo y el segundo subperiodo, respectivamente. Las diferencias, notables, indican sobre todo un aumento del CII anual en la franja costera francesa, en el sector central del área de estudio, en el sur de España y en la franja costera norte tunecina. En el primer subperiodo se ha detectado un 26,6 % del total de los observatorios con tendencias significativas. Aunque el porcentaje es menor que en los dos subperiodos anteriores, es notable e indica sobre todo un descenso del CII anual en regiones puntuales del área de estudio.

El intervalo de variación significativo en aumento del índice de concentración CII oscila entre 0,001 y 0,004 por año, mientras que el intervalo de disminución varía entre -0,004 y -0,001 por año, en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, en los últimos 60 años.

A partir de un estudio previo, se han clasificado sinópticamente, según la clasificación objetiva de 27 tipos de Jenkinson y Collison, los 14 935 días del período de 1970 a 2010 para la cuenca del Mediterráneo occidental, basándose en una cuadrícula de nueve puntos con vértices extremos en 45 ° N, 5 ° W y 35 ° N, 15 ° E. El tipo más frecuente es el U (indeterminado), con un promedio anual de más de cien días (101,6, lo que representa el 27,9 % del total del periodo). Le sigue el tipo A (anticiclón), con 70,3 días al año (19,3 %) y el C (depresión), con 68,8 días al año (18,9 %). Los tipos U, A y el grupo C juntos representan las dos terceras partes (66,1 %) del total. La alta frecuencia de tipo U se debe a la presencia de campos béricos con un gradiente bajo ("pantano barométrico") sobre las aguas del Mediterráneo en la parte cálida del año. La alta frecuencia de tipo C está necesariamente influida por el carácter marcadamente ciclogénico del golfo de León y Génova.

Después de diversos agrupamientos, el número de días que presentan los tipos con curvatura ciclónica o vorticidad positiva (tipo C más advectivos híbridos ciclónicos) representa el 28 % del total, un valor similar a la suma de tipo A y los híbridos advectivos anticiclónicos (26,6 %), que son los días con curvatura anticiclónica o vorticidad negativa. Los tipos del oeste (W + CW + AW) son los más frecuentes y los del sur (S + CS + AS), los menos frecuentes.

A partir de correlacionar los resultados obtenidos de la frecuencia anual de los cuatro tipos más frecuentes según la clasificación de J&C y los años extremos con alta o baja concentración diaria de precipitación en los siete observatorios estudiados, se concluye que un CI alto se relaciona notablemente con una frecuencia ciclónica (C) alta y una frecuencia anticiclónica (A) baja y viceversa.

Finalmente, el índice de concentración anual de la precipitación (CII) se correlaciona aceptablemente con la latitud (correlación positiva) y con la longitud (correlación negativa). En cambio, no se han hallado correlaciones significativas entre el CII y la altitud, la distancia al mar, la precipitación media anual, el coeficiente de variación de precipitación (CV %) y el número de días lluviosos en el territorio estudiado.

CAPÍTULO XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIJANI, B.; O'BRIEN, J. y YARNAL, B. (2008). "Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran". *Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 94, Nos. 1-2, 107-124 pp.

ALPERT, P.; BEN-GAI, T.; BAHARAD, A.; BENJAMINI, Y.; YEKUTIELI, D.; COLACINO, M.; DIODATO, L.; RAMIS, C.; HOMAR, V.; ROMERO, R.; MICHAELIDES, S. y MANES, A. (2002). "The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values." *Geophysical Research Letters*. Vol. 29, No. 11. 31-1–31-4 pp. DOI: 10.1029/2001GL013554.

BEGUERÍA, S.; VICENTE-SERRANO, M.; LÓPEZ-MORENO, J. I. y GARCÍA-RUIZ, J. M. (2009). "Annual and seasonal mapping of peak intensity, magnitude and duration of extreme precipitation events across a climatic gradient, north-east Spain". *International Journal of Climatology*. Vol. 29, No. 12, 1759-1779 pp.

BENHAMROUCHE, A. y MARTIN-VIDE, J. (2011). "Distribución espacial de la concentración diaria de la precipitación en la provincia de Alicante". *Investigaciones Geográficas*. Nº 56, 113-129 pp. Instituto Interuniversitario de Geografía (Universidad de Alicante).

BENHAMROUCHE, A. y MARTIN-VIDE, J. (2012). "Avances metodológicos en el análisis de la concentración diaria de la precipitación en la España Peninsular". *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* (Madrid). Vol. 32, núm. 1, 11-27 pp.

BROOKS, C.E.P. y CARRUTHERS, N. (1953). "Handbook of Statistical Methods in Meteorology". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. London: Meteorological Office.

BRUNETTI, M.; MAUGERI, M. y NANNI, T. (2001). "Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in northeastern Italy". *International Journal of Climatology*. Vol. 21, No. 7, 861-871 pp.

BUZZI, A.; TARTAGLIONE, N. y MALGUZZI, P. (1998). "Numerical simulations of the 1994 Piedmont flood: Role of orography and moist processes". *Monthly Weather Review*. Vol. 126, No. 9, 2369-2383 pp.

CAPEL MOLINA, J. J. (2000). *El clima de la Península Ibérica*. Barcelona: Ariel. 288 pp. (Ariel Geografía).

CLARK, W. A. V. y HOSKING, P. L. (1986). *Statistical methods for geographers*. New York: Wiley. 528 pp.

CORTESI, N.; GONZALEZ-HIDALGO, J. C., BRUNETTI, M. y MARTIN-VIDE. J. (2012). "Daily precipitation concentration across Europe 1971-2010". *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Vol. 12, No. 9, 2799-2810 pp.

COSCARELLI, R. y CALOIERO, T. (2012). "Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region)". *Journal of Hydrology*. Vols. 416-417, 145-156 pp.

DEFANT, A. (1961). *Physical Oceanography. Vol. II*. Chapter VI. New York: Pergamon Press.

DELRIEU, G.; DUCROCQ, V.; GAUME, E.; NICOL, J.; PAYRASTRE, O.; YATES, E.; KIRSTETTER, P. E.; ANDRIEU, H.; AYRAL, P. A.; BOUVIER, C.; CREUTIN, J. D.; LIVET, M.; ANQUETIN, A.; LANG, M.; NEPPEL, L.; OBLED, C.; PARENT-DU-CHATELET, J.; SAULNIER, G. M.; WALPERSDORF, A. y WOBROCK, W. (2005). "The catastrophic flash-flood event of 8-9 September 2002 in the Gard region, France: a first case study for the Cévennes-Vivarais Mediterranean Hydrometeorological Observatory". *Journal of Hydrometeorology*. Vol. 6, No. 1, 34-52 pp.

DE LUIS, M.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C. y SÁNCHEZ, J. R. (1996). "Análisis de la distribución espacial de la concentración diaria de precipitaciones en el territorio de la Comunidad Valenciana". *Cuadernos de Geografía*. Nº 59, 47-62 pp.

DE LUIS, M.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; RAVENTÓS, J.; SÁNCHEZ J. R. y CORTINA, J. (1997). "Distribución espacial de la concentración y agresividad de la

lluvia en el territorio de la Comunidad Valenciana”. *Cuaternario y Geomorfología*. Vol. 11, n.^{os} 3-4, 33-44 pp.

EGOZCUE, J. J. y RAMIS, C. (2001). “Bayesian hazard analysis of heavy precipitation in eastern Spain”. *International Journal of Climatology*. Vol. 21 No. 10, 1263-1279 pp.

ELÍAS CASTILLO, F. y RUIZ BELTRÁN, L. (1979). *Precipitaciones máximas en España: estimaciones basadas en métodos estadísticos*. Madrid: Ministerio de Agricultura. Servicio de Publicaciones Agrarias. 545 pp. (Monografía; 21).

ESTRELA, M.; PEÑARROCHA, D.; PASTOR, F. y MILLÁN, M. (2000). Torrential events on the Spanish Mediterranean coast (Valencian region): spatial precipitation patterns and their relation to synoptic circulation. In *Mediterranean Storms. Proceedings of the EGS Plinius Conference*. Bios: Cosenza; 97-106.

GALLEGO, M. C.; GARCÍA, J. A.; VAQUERO, J. M. y MATEOS, V. L. (2006). “Changes in frequency and intensity of daily precipitation over the Iberian Peninsula”. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. Vol. 111, No. D24, DOI: 10.1029/2006JD007280.

GIL OLCINA, A. y OLCINA CANTOS, J. (1997). *Climatología general*. Barcelona: Ariel. 592 pp.

GRIMALT, M.; TOMÀS, M.; ALOMAR, G.; MARTIN-VIDE, J. y MORENO-GARCÍA, M. C. (2013). “Determination of the Jenkinson and Collison’s weather types for the western Mediterranean basin over the 1948-2009 period. Temporal análisis”. *Atmosfera*. Vol. 26, No. 1, 75-94 pp.

GROISMAN, P. Y.; KARL, T. R.; EASTERLING, D. R.; KNIGHT, R. W.; JAMASON, P. F.; HENNESSY, K. J.; SUPPIAH, R.; PAGE, C. M.; WIBIG, J.; FORTUNIAK, K.; RAZUVAEV, V. N.; DOUGLAS, A.; FORLAND, E. J. y ZHAI, P. (1999). “Changes in the probability of heavy precipitation: important indicators of climate change”. *Climatic Change*. Vol. 42, No. 1, 243-283 pp.

GROISMAN, Pavel Ya; *et al.* (2004). “Trends in intense precipitation in the climate record”. *Journal of Climate*. Vol. 18, 1326-1350 pp.

GRUZA, G.; RANKOVA, E.; RAZUVAEV, V. Y BULYGINA, O. (1999). "Indicators of climate change for the Russian Federation". *Climatic Change*. Vol. 42, No. 1, 219-242 pp.

GUILLÓ, A. M. y PUIGCERVER, M. (1970). "Sobre las contribuciones relativas de las precipitaciones local y generalizada a la precipitación total en Cataluña". *Revista de Geofísica*, Vol. XXIX, nº 3, 205-216 pp.

HAMADACHE, B.; TERCHI, A. y BRACHEMI, O. (2002). "Study of the meteorological situation which affected the west and the center of Algeria in general and Bab-el-Oued in particular in the 10th November 2001" [recurso electrónico]. *Mediterranean Storms: Proceedings of the 4th EGS Plinius Conference*. CD-ROM (ISBN 84- 7632-792-7).

HAYLOCK, M. y NICHOLLS, N. (2000). "Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910-1998". *International Journal of Climatology*. Vol. 20, No. 13, 1533-1541 pp.

IPCC (2007). Cuarto Informe IPCC, www.ipcc.ch.

IPCC (2014). Quinto Informe IPCC, www.ipcc.ch.

JENKINSON, A. F. y COLLISON, F. P. (1977). "An initial climatology of gales over the North Sea". *Synoptic Climatology Branch Memorandum*. No. 62. Bracknell, Meteorological Office, London.

JOLLIFFE, I. T. y HOPE, P. B. (1996). "Representation of daily rainfall distributions using normalized rainfall curves". *International Journal of Climatology*. Vol. 16, No. 10, 1157-1163 pp.

KARL, T. R. y KNIGHT, R. W. (1998). "Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States". *Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol. 79, No. 2, 231-241 pp.

KENDALL, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. 4th ed. London: Charles Griffin.

- LI, X. ; JIANG, F. ; LI, L. y WANG, G. (2011). “Spatial and temporal variability of precipitation concentration index, concentration degree and concentration period in Xinjiang, China”. *International Journal of Climatology*. Vol. 31, No. 11, 1679-1693 pp.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. y ALBALADEJO, J. (1990). “Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea”. *Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas*. CSIC, Murcia. 15-45 pp
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. y ROMERO DÍAZ, M. A. (1992-93). “Génesis y consecuencias erosivas de las lluvias de alta intensidad en la región mediterránea”. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. N.^{os} 18-19, 7-28 pp.
- LUNA, M. Y.; MARTIN, M. L.; VALERO, F. y GONZÁLEZ-ROUCO, F. (2001). “Wintertime Iberian Peninsula precipitation variability and its relation to North Atlantic atmospheric circulation”. *Detecting and Modelling Regional Climate Change and Associated Impacts*. Springer Berlin Heidelberg. Part III, 369-376 pp.
- MANN, H. B. (1945). “Nonparametric tests against trend”. *Econometrica*. Vol.13, No. 3, 245-259 pp. The Econometric Society.
- MARTIN-VIDE, J. (1987). *Característiques climatològiques de la precipitació en la franja costera mediterrània de la Península Ibèrica*. [Tesis doctoral]. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Institut Cartogràfic de Catalunya.
- MARTIN-VIDE, J. y OLCINA CANTOS, J. (2001). *Climas y tiempos de España*. Madrid: Alianza Editorial. 264 pp. (El libro universitario. Materiales; 43).
- MARTIN-VIDE, J. (2004). “Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in Peninsular Spain”. *International Journal of Climatology*. Vol. 24, No. 8, 959-971 pp.
- MARTIN-VIDE, J. (2011). “Estructura temporal fina y patrones espaciales de la precipitación en la España peninsular”. Vol. LXV, Núm. 3, 119-162 pp. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*; época 3a., núm. 1030.

MÁYER SUÁREZ, P. y MARZOL JAÉN, M. (2012). “La concentración y la agresividad de la lluvia en las islas de la Macaronesia”. *XIII Coloquio Ibérico de Geografía*. Universidad de Santiago de Compostela.

MILLER, A. R. (1983). “The Mediterranean Sea: a physical aspects”. *Estuaries and enclosed seas*. B. H. Ketchum (ed.). Ecosystems of the world, 26. New York: Elsevier, 219-238 pp.

MIRÓ, J.; ESTRELA, M, J.; PASTOR, F. y MILLÁN, M. (2009). “Análisis comparativo de tendencias en la precipitación, por distintos *inputs*, entre los dominios hidrológicos del Segura y del Júcar (1958-2008)”. *Investigaciones Geográficas (Esp)*. Nº 49, 129-157 pp. Instituto Universitario de Geografía - Universidad de Alicante.

OLASCOAGA, M. J. (1950). “Some aspects of Argentine rainfall”. *Tellus*. Vol. 2, No. 4, 312-318 pp.

OLCINA CANTOS, J. y RICO AMORÓS, A. M. (2000). “Estudios sobre lluvias torrenciales e inundaciones en la provincia de Alicante (1982-1999)”. *Serie Geográfica*. Núm. 9, 71-92 pp. Servicio de publicaciones - Universidad de Alcalá de Henares.

OLCINA CANTOS, J. (2006). *¿Riesgos naturales? I. Sequías e inundaciones*. Barcelona: Davinci continental. 219 pp.

OLCINA CANTOS, J. (2009). “Cambio climático y riesgos climáticos en España”. *Investigaciones Geográficas*. Nº 49, 197-220 pp. Instituto Universitario de Geografía - Universidad de Alicante.

OSBORN, T. J.; HULME, M.; JONES, P. D. y BASNETT, T. A. (2000). “Observed trends in the daily intensity of United Kingdom precipitation”. *International Journal of Climatology*. Vol. 20, No. 4, 347-364 pp.

PAREDES, D.; TRIGO R. M.; GARCÍA, R. y FRANCO, I. (2006). “Understanding precipitation changes in Iberia in Early Spring: Weather typing and storm-tracking approaches”. *Journal of Hydrometeorology*. Vol. 7, nº 1, 101-113 pp.

PEÑARROCHA, D.; ESTRELA, M. J. y MILLÁN, M. (2002). Classification of daily rainfall patterns in a Mediterranean area with extreme intensity levels: the Valencia region. *International Journal of Climatology* 22: 677-695.

PITA LÓPEZ, M^a. F. (2001). “Sequías en la cuenca del Guadalquivir”. A. Gil Olcina, A. Morales Gil (eds.). *Causas y consecuencias de las sequías en España*, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo, 303-343 pp.

PLANETA/RAND MCNALLY. (1995) *Atlas del Mundo*.

RIEHL, H. (1949). “Some aspects of Hawaiian rainfall”. *Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol. 30, No. 5, 176-187 pp.

SALMI, T.; MÄÄTTÄ, A.; ANTTILA, P.; RUOHO-AIROLA, T. y AMNELL, T. (2002). “Makesens for detecting and estimating trends”. Finnish Meteorological Institute, Helsinki.

SÁNCHEZ-LORENZO, A. y MARTIN-VIDE, J. (2006). “Distribución espacial de la concentración pluviométrica diaria en la Península Ibérica”. *5ª Asamblea Hispano-portuguesa de Geodesia y Geofísica*, Sevilla.

SARRICOLEA ESPINOZA, P. y MARTIN-VIDE, J. (2012). “Distribución espacial de las precipitaciones diarias en Chile mediante el índice de concentración a resolución de 1 mm, entre 1965-2005”. *Cambio climático, extremos e impactos*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Salamanca, España. 631-639 pp. ISBN: 978-84-695-4331-3.

SEN, P. K. (1968). “Estimates of the regression coefficient based on Kendall’s tau”. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 63, No. 324, 1379-1389 pp.

SUHAILA, J. y JEMAIN, A. A. (2012). “Spatial analysis of daily rainfall intensity and concentration index in Peninsular Malaysia”. *Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 108, Nos. 1-2, 235-245 pp.

SUPPIAH, R. y HENNESSY, K. J. (1998). "Trends in total rainfall, heavy rain events and number of dry days in Australia, 1910-1990". *International Journal of Climatology*. Vol. 18, No. 10, 1141-1164 pp.

TARHULE, A. y WOO, M. (1998). "Changes in rainfall characteristics in northern Nigeria". *International Journal of Climatology*. Vol. 18, No. 11, 1261-1271 pp.

VALERO, F.; LUNA, M. Y.; MARTIN, M. L.; MORATA, A. y GONZALEZ-ROUCO, F. (2004). "Coupled modes of large-scale climatic variables and regional precipitation in the western Mediterranean in autumn". *Climate Dynamics*. Vol. 22, No. 2-3, 307-323 pp. DOI: 10.1007/s00382-003-0382-9.

ZHAI, P.; SUN, A.; REN, F.; LIU, X.; GAO, B. y ZHANG, Q. (1999). "Changes of climate extremes in China". *Climatic Change*. Vol. 42, No. 1, 203-218 pp.

ZHAI, P.; Zhang, X.; Wan, H. y Pan, X. (2005). "Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China". *Journal of Climate*. American Meteorological Society. Vol. 18, No. 7, 1096-1108 pp.

ZHANG, Q.; XU, C. Y.; GEMMER, M.; CHEN, Y. Q. y LIU, C. L. (2009). "Changing properties of precipitation concentration in the Pearl River basin, China". *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. Vol. 23, No. 3, 377-385 pp.

ZHIQING, X.; YIN, D.; AIJUN, J. y YUGUO, D. (2005). "Climatic trends of different intensity heavy precipitation events concentration in China". *Journal of Geographical Sciences*. Vol. 15, No. 4, 459-466 pp.

ZUBIETA, R. y SAAVEDRA, M. (2009). "Distribución espacial del índice de concentración de precipitación diaria en los Andes centrales peruanos: valle del río Mantaro". *Tecnia*. Vol. 19, N° 2, 13-22 pp.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización geográfica del litoral Mediterráneo occidental.....16

Figura 2. Situación geográfica de los observatorios meteorológicos en el área de estudio.....20

Figura 3. Curvas de concentración, o de Lorenz, de Montpellier y Annaba, para el período 1951-2010. La mayor separación de la recta de equidistribución de Montpellier, que posee un índice de Gini (IG1) de 0,70, evidencia una mayor concentración diaria de la precipitación que en Annaba, con índice de Gini (IG1) 0,61.....31

Figura 4. Curvas de concentración mediante las curvas exponenciales de ajuste de Montpellier y Annaba durante el período comprendido entre 1951 y 2010.....32

Figura 5. Curvas de concentración ajustadas mediante las curvas exponenciales de la estación de Montpellier, usando clases de 1, 5 y 10 mm, para el período 1951-2010.....36

Figura 6. Los datos de entrada en la hoja de datos anual de MAKESENS_1_0.....39

Figura 7. La hoja “*Trend Statistics*” de MAKESENS muestra los resultados del cálculo durante el período analizado40

Figura 8. La “*Figure*” de la hoja de trabajo MAKESENS_1_0 para el caso de Barcelona (1951-2010).....42

Figura 9. Localización de los puntos de rejilla para la cuenca del Mediterráneo occidental.....43

Figura 10. Distribución espacial del índice de Gini IG1 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental durante el periodo comprendido entre 1951 y 2010.....70

Figura 11. Distribución espacial del índice de concentración CI1 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental durante el periodo comprendido entre 1951 y 2010.....71

Figura 12. Distribución espacial del índice de concentración CI5 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el periodo comprendido entre 1951 y 2010.....72

Figura 13. Distribución espacial del índice de concentración CI10 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el periodo comprendido entre 1951 y 2010.....	72
Figura 14. Distribución espacial del índice de Gini IG1 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1981 y 2010.....	74
Figura 15. Distribución espacial del índice de concentración CI1 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1981 y 2010.....	74
Figura 16. Distribución espacial del índice de concentración CI5 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1981 y 2010.....	75
Figura 17. Distribución espacial del índice de concentración CI10 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1981 y 2010.....	76
Figura 18. Distribución espacial del índice de Gini IG1 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1951 y 1980.....	77
Figura 19. Distribución espacial del índice de concentración CI1 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1951 y 1980.....	78
Figura 20. Distribución espacial del índice de concentración CI5 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1951 y 1980.....	79
Figura 21. Distribución espacial del índice de concentración CI10 en el litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental en el subperiodo comprendido entre 1951 y 1980.....	79
Figura 22. Evolución del CI1 entre los subperíodos 1951-1980 y 1981-2010.....	81
Figura 23. Evolución del IG1 entre los subperíodos 1951-1980 y 1981-2010.....	82
Figura 24. Evolución del CI15 entre los subperíodos 1951-1980 y 1981-2010.....	82
Figura 25. Evolución del CI10 entre los subperíodos 1951-1980 y 1981-2010.....	83
Figura 26. Evolución temporal del CI1 de los observatorios con tendencias significativas al 99,9 %, en el periodo 1951-2010.....	87
Figura 27. Evolución temporal del CI1 de los observatorios con tendencias significativas al 99 %, en el periodo 1951-2010.....	87

Figura 28. Evolución temporal del CII de los observatorios con tendencias significativas al 95 %, en el periodo 1951-2010.....	88
Figura 29. Distribución espacial de la tendencia del CII, anualmente, en el periodo 1951-2010.....	88
Figura 30. Evolución temporal del CI de los observatorios localizados en la mitad este de la costa argelina, sin tendencia estadísticamente significativa, en el período 1951-2010.....	90
Figura 31. Evolución temporal del CI de los observatorios localizados en la mitad oeste de la costa argelina y en la costa marroquí sin tendencia estadísticamente significativa, en el período 1951-2010.....	90
Figura 32. Evolución temporal del CI de los observatorios con tendencias significativas, en el subperiodo 1951-1980.....	93
Figura 33. Distribución espacial de la tendencia del CII, anualmente, en el subperiodo 1951-1980.....	94
Figura 34. Evolución temporal del CII de los observatorios con tendencias positivas significativas, en el subperiodo 1981-2010.....	97
Figura 35. Evolución temporal del CII de los observatorios con tendencias negativas significativas, en el subperiodo 1981-2010.....	98
Figura 36. Distribución espacial de la tendencia CII, anualmente, en el subperiodo 1981-2010.....	99
Figura 37. Retícula para la clasificación de Jenkinson y Collison y los 7 observatorios pluviométricos utilizados.....	102
Figura 38. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos ($CII \geq 0,71$ y $CII \leq 0,59$) y al conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Cagliari.....	108
Figura 39. Frecuencias relativas medias de los tipos J&C observados en los años extremos ($CII \geq 0,71$ y $CII \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Dar el Baída	111
Figura 40. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos ($CII \geq 0,71$ y $CII \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Melilla	114
Figura 41. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos bajos ($CII \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Roma	116

Figura 42. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos ($CI1 \geq 0,71$ y $CI1 \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Tolón	119
Figura 43. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos ($CI1 \geq 0,71$ y $CI1 \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Túnez-Cartago	122
Figura 44. Frecuencias relativas medias de los tipos de J&C observados en los años extremos ($CI1 \geq 0,71$ y $CI1 \leq 0,59$) y en el conjunto de los años del periodo estudiado 1970-2010 en Valencia	125
Figura 45. Correlación entre el índice de concentración $CI1$ y la longitud (E°) de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio	128
Figura 46. Correlación entre el índice de concentración $CI1$ y la latitud (N°) de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio	129
Figura 47. Correlación entre el índice de concentración $CI1$ y la altitud (m) de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio	130
Figura 48. Correlación entre el índice de concentración $CI1$ y la distancia al mar (km) $CI1$ de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio	130
Figura 49. Correlación entre el índice de concentración $CI1$ y la precipitación media anual (mm) de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio.....	132
Figura 50. Correlación entre el índice de concentración $CI1$ y el coeficiente de variación (CV %) de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio.....	132
Figura 51. Correlación entre el índice de concentración $CI1$ y el número de días lluviosos de los 45 observatorios del conjunto del área de estudio.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Código, coordenadas geográficas, altura (m), distancia al mar (km) y precipitación media anual de cada observatorio (mm).....21

Tabla 2. Código, periodo de registro escogido, años, entidad y el país de cada una de las series.....22

Tabla 3. Número de datos faltantes de la precipitación diaria en el periodo de estudio de 1951 a 2010.....25

Tabla 4. Distribución de frecuencias en clase de 1 mm del número de días de precipitación, frecuencias acumuladas (X) y porcentajes acumulados correspondientes de la precipitación aportada (Y) en Montpellier (1951-2010).....29

Tabla 5. Distribución de frecuencias en clases de 5 mm del número de días de precipitación, frecuencias acumuladas (X) y porcentajes acumulados correspondientes de la precipitación aportada (Y) en Montpellier (1951-2010).....34

Tabla 6. Distribución de frecuencias en clase de 10 mm del número de días de precipitación, frecuencias acumuladas (X) y porcentajes acumulados correspondientes de la precipitación aportada (Y) en Montpellier (1951-2010).....35

Tabla 7. Expresiones analíticas para la península ibérica de las variables del método de Jenkinson y Collison (1977).....43

Tabla 8. Los valores del índice de Gini en clases de 1 mm (IG1) en el periodo 1951-2010.....45

Tabla 9. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI1 y del porcentaje de la precipitación total aportada por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 2010.....47

Tabla 10. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI5 y del porcentaje de la precipitación total aportada por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 2010.....48

Tabla 11. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI10 y del porcentaje de la precipitación total aportada por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 2010.....49

Tabla 12. Los valores del índice de Gini en clases de 1 mm (IG1) en el subperiodo 1981-2010.....	50
Tabla 13. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI1 y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 46 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1981 y 2010.....	52
Tabla 14. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI5 y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 46 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1981 y 2010.....	54
Tabla 15. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI10 y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 46 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1981 y 2010.....	55
Tabla 16. Los valores del índice de Gini en clases de 1 mm (IG1) en el subperiodo 1951-1980.....	57
Tabla 17. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI1 y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 1980.....	58
Tabla 18. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI5 y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 1980.....	60
Tabla 19. Valores de las constantes a y b de las curvas exponenciales, del índice CI10 y del porcentaje de la precipitación total aportado por el 25 % y el 10 % de los días más lluviosos de 31 observatorios distribuidos a lo largo del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1951 y 1980.....	61
Tabla 20. Valores de los índices CI1, CI5, CI10 e IG1 de los 31 observatorios analizados para el período 1951-2010 y el subperiodo 1951-1980 y de los 46 observatorios para el subperiodo 1981-2010.....	62
Tabla 21. Media de los valores de los cuatro índices en el conjunto del área de estudio en los tres periodos estudiados.....	63

Tabla 22. Valores del coeficiente de correlación de Pearson entre los diferentes índices de concentración diaria de 46 observatorios del litoral de la cuenca del Mediterráneo occidental durante el período 1951-2010 y los subperíodos 1951-1980 y 1981-2010. Todos los valores son positivos y significativos, $p < 0,000$65

Tabla 23. Evolución de los cuatro índices CI1, CI5, CI10 e IG1 entre los dos subperiodos (1951-1980) y (1981-2010).....66

Tabla 24. Número de observatorios según la diferencia entre los valores de los índices CI1, CI5, CI10 e IG1 del subperiodo 1981-2010 menos los del subperiodo 1951-1980 de los 31 observatorios analizados.....67

Tabla 25. Resultados del test de Mann-Kendall y de la estimación Sen de pendiente sobre las tendencias del índice de concentración de la precipitación diaria, en el periodo 1951-2010. Los valores en negrita y con asteriscos (***) , (**) y (*) son estadísticamente significativos en niveles de confianza del 99,9 % , 99 % y del 95 % , respectivamente, según el test de Mann-Kendall, según el test de Mann-Kendall.....86

Tabla 26. Resultados del test de Mann-Kendall y de la estimación Sen de pendiente sobre las tendencias del índice de concentración de la precipitación diaria, en el subperiodo 1951-1980. Los valores en negrita y con asteriscos (***) , (**) , (*) y (+) son estadísticamente significativos en niveles de confianza del 99,9 % , 99 % , 95 % y del 90 % , respectivamente, según el test de Mann-Kendall.....92

Tabla 27. Resultados del test de Mann-Kendall y de la estimación Sen de pendiente sobre las tendencias del índice de concentración de la precipitación diaria, en el subperiodo 1981-2010. Los valores en negrita y con asteriscos (***) , (**) , (*) y (+) son estadísticamente significativos en niveles de confianza del 99,9 % , 99 % , 95 % y del 90 % , respectivamente, según el test de Mann-Kendall.....95

Tabla 28. Análisis de tendencias del CI1. Número de observatorios con tendencia significativa, al nivel de significación del 90% ($p < 0,10$), en los tres períodos analizados99

Tabla 29. Los años extremos con alta o baja concentración diaria de la precipitación en los 7 observatorios estudiados, entre 1970 y 2010.....101

Tabla 30. Número total de días, media anual, porcentaje máximo anual, máximo y mínimo, desviación estándar mínima (SD) y coeficiente de variación (CV) de los tipos de la clasificación de J&C en la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....103

Tabla 31. Número total de días, media anual, porcentaje anual máximo y mínimo, desviación estándar (DS) y coeficiente de variación (CV) de los tipos C, A, U, ADV, ADVC y ADVA en la cuenca del Mediterráneo occidental, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	104
Tabla 32. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años extremos con $CI1 \geq 0,71$ en el observatorio de Cagliari, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	106
Tabla 33. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Cagliari, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	107
Tabla 34. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \geq 0,71$ en el observatorio de Dar el Baída, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	109
Tabla 35. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Dar el Baída, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	110
Tabla 36. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \geq 0,71$ en el observatorio de Melilla, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	112
Tabla 37. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Melilla, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	113
Tabla 38. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Roma, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	115
Tabla 39. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de clasificación de J&C de los años con $CI1 \geq 0,71$ en el observatorio de Tolón, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	117
Tabla 40. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Tolón, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	118
Tabla 41. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \geq 0,71$ en el observatorio de Túnez-Cartago, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....	120

Tabla 42. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Túnez-Cartago, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....121

Tabla 43. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los con $CI1 \geq 0,71$ en el observatorio de Valencia, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....123

Tabla 44. Número total de días, media anual, porcentaje, máximo y mínimo anual de los tipos de la clasificación de J&C de los años con $CI1 \leq 0,59$ en el observatorio de Valencia, durante el período comprendido entre 1970 y 2010.....124

Tabla 45. Análisis de correlaciones con valores de la r de Pearson y p-value entre el índice de concentración de la precipitación (CI1) y los factores geográficos: longitud (°E), latitud (°N), altitud (m) y distancia al mar (km) del conjunto del área de estudio, en el periodo 1951-2010 (valores significativos con $\alpha=0,05$ en negrita).....128

Tabla 46. Análisis de correlaciones con valores de la r de Pearson y p-value entre el índice de concentración (CI1) y las variables pluviométricas precipitación media anual (mm), coeficiente de variación (CV %) y número de días lluviosos en el conjunto del área de estudio, en el periodo 1951-2010 (valores significativos con $\alpha=0,05$ en negrita).....131