

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA REALIZAR EL CONTROL DE CALIDAD DE PRECIPITACIONES MENSUALES EN LA VERTIENTE MEDITERRÁNEA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

José Carlos GONZÁLEZ-HIDALGO*, Martín DE LUIS ARRILLAGA*,
Petr STEPANEK** y Siham LANJERI*

* Departamento Geografía, Universidad Zaragoza

** Hydrometeorological Service, Brno División, Republica Checa

RESUMEN

Hemos analizado la totalidad de información de precipitaciones mensuales almacenada en los archivos del INM (más de 10^6) referida a cerca de cuatro mil observatorios en la vertiente mediterránea de la España Peninsular, con el objetivo de confeccionar una base de datos de precipitaciones mensuales con la mayor densidad espacial y longitud temporal posibles. El método seguido se fundamenta en la iteración del cálculo de las series de referencia de vecinos mejor correlacionados, y consta de cuatro partes. En las dos primeras se han localizado datos repetidos dentro de las series y entre series siempre muy cercanas. A continuación se han detectado y eliminado los datos sospechosos y finalmente se han analizado las posibles inhomogeneidades existentes, realizando la corrección mediante el empleo de ventanas temporales. Las series finalmente fueron reconstruidas a partir de dos referencias finales calculadas a 10 y 25 km. La detección y eliminación de datos sospechosos afecta en gran manera el análisis de inhomogeneidades, y se manifiesta como un paso determinante en el control de calidad cuando se trabajan bases de datos de la magnitud a la analizada. En nuestro caso la eliminación de menos del 1 % de los datos originales reduce en una gran proporción las inhomogeneidades estadísticas. Como primeros resultados, y con carácter provisional, presentamos los patrones espaciales de las tendencias mensuales de precipitación de más de 1200 observatorios durante el periodo 1951-2000.

Palabras clave: Precipitaciones; bases de datos; control de calidad; España; Mediterráneo.

ABSTRACT

A total of about 10^6 monthly precipitation were acquired from National Institute of Meteorology (INM, Spain) for their posterior analysis. The data base corresponds to almost 4000 observatories located in the Mediterranean part of Spain. The study deals with development of new approach, based on both quality control and homogeneity test, in order to carry out dense and long-time period data base as possible. For this purpose, first we applied the iteration procedure to reference series calculations obtained by neighbors better correlated. Thus, we were able to detect and eliminate suspicious data from the candidate series. Furthermore, inhomogeneities have been analyzed by using temporary windows and SNHT test. Finally, the series were reconstructed by calculating references at 10 and 25 km. Therefore, we concluded that, detection and elimination of suspicious data affect in great way the analysis of inhomogeneities, and considered as very reliable step when analysis of dense data base is required. In our case, the elimination of less than 1 % of the original data reduces in a great proportion the statistical inhomogeneities. As preliminary results, we present spatial patterns of the monthly precipitation trends for more than 1200 observatories, during period of 1951-2000.

Key words: Precipitations, data base, quality control, Spain, Mediterranean.

1. INTRODUCCIÓN

La investigación de las precipitaciones, el análisis subregional del cambio global, y la necesidad de articular las escalas general, regional y local del cambio del clima se han señalado como objetivos prioritarios de investigación en diferentes ocasiones (Houghton et al., 2001; Parry, 2001). Dicha tarea supone imbricar los Modelos de Circulación General (GCM en adelante) con los registros de los observatorios (ALLEN y INGRAM, 2002), y presenta dificultades por la precisión de los GCM (MATYASOVSKY et al., 1999; MCNAMARA, 1999 ZORITA y GONZÁLEZ-ROUCO, 1999; PRUDHOMME et al., 2002) y porque se necesitan bases de datos prolongadas en el tiempo y con la mayor densidad espacial posible.

Las dificultades derivadas de la falta de precisión de los modelos se observan sobre todo en los análisis de las precipitaciones (Allen y Ingram, 2002) y en especial en las áreas de clima mediterráneo (GROISMAN y LEGATES, 1994; BALAIRÓN, 2000; WILBY y WIGLEY, 2000), donde las predicciones de los GCM representan una visión muy simplificada (PALUTIKOF et al., 1996; SULZMAN et al., 1995), y de incertidumbre creciente en las escalas temporales de detalle (MEARNS et al., 1995; BARROW et al., 1996). Finalmente la información de los registros históricos no solo es imprescindible para calibrar los GCM, sino también para analizar el cambio observado del clima frente a la variabilidad natural, para construir modelos bio-geo-químicos y, finalmente, para confeccionar los escenarios de los posibles efectos futuros del mencionado cambio climático (HULME et al., 1995; NEW et al., 2002).

Los comentarios previos sugieren dos conclusiones: 1^o que al analizar el cambio del clima en las escalas subregionales debemos ser extremadamente cautelosos en las zonas de transición climática, y 2^a que en ellas debemos rehuir de generalizaciones espaciales y temporales, razones por las que el estudio de los registros de los observatorios se hace imprescindible.

La disponibilidad actual de bases de datos densas en el espacio y prolongadas en el tiempo es muy variable según las zonas. En Europa destacan, entre otras instituciones, los esfuerzos desarrollados por la Universidad de East Anglia (HULME et al., 1995; TANK et al., 2002), mientras en la escala estatal y subregional, existe una gran disparidad. Por lo que respecta a la Península Ibérica en general, y España en particular, los trabajos sobre precipitaciones han utilizado bases de datos confeccionadas con los observatorios de mayor calidad y duración, cuyas conclusiones proporcionan una visión general sobre su evolución (GONZÁLEZ-ROUCO et al., 2001, entre otros), pero no captan los matices de las escalas de detalle subregional sugerido en los objetivos del IPCC, pues la densidad espacial es muy baja (en torno a 1 observatorio cada 5000 km²). Del mismo modo, los modelos generales, calibrados con estas bases de datos pueden ofrecer también interesantes resultados, aunque de nuevo sus escalas de resolución son groseras y poco operativas para combatir, mitigar y adaptarse a los efectos del cambio del clima.

En consecuencia, construir y analizar bases de datos de registros históricos tan densas como sea posible se presenta como una vía de muy sugerente para estudiar el problema del cambio global en las escalas de detalle. Este planteamiento además parece ser particularmente adecuada en aquellos espacios donde se produce cualquier transición climática, donde se sugiere que se percibirán en mayor medida los efectos del cambio del clima. Las áreas de clima mediterráneo pertenecen a este universo, y un caso especial de estos espacios se encuentra en la Península Ibérica.

En el presente trabajo presentamos el desarrollo metodológico con el que hemos preparado una base de datos para la vertiente mediterránea de la Península Ibérica cuyo objetivo ha sido analizar la totalidad de las existencias de los registros de precipitaciones almacenadas en el INM. A modo de conclusiones presentamos los primeros resultados en forma de mapas relativos a las tendencias mensuales de precipitación.

2. BASE DE DATOS

Los datos analizados proceden de las existencias almacenadas en el Instituto Nacional de Meteorología de España, y suponen en principio la totalidad de los registros realizados de precipitaciones en el área de estudio. Las series son muy variables en sus características (lagunas, datos perdidos, longitudes, períodos, , etc) siendo común la existencia de varias series referidas a la misma localidad o en localidades muy cercanas (< 5 km), con la excepción de las áreas localizadas a más de 1500 m.

Esta ingente cantidad de información (> 10⁶ datos/mes, 3890 observatorios) hasta el momento ha sido analizada en ámbitos subregionales (e.j. PÉREZ_CUEVA, 1994; ROMERO et al., 1998; LANA et al., 2004) en general abarcando espacios definidos por límites administrativos no necesariamente climáticos. Que sepamos, en la escala que planteamos en este trabajo, hasta ahora no se han aplicado controles de calidad a esta masa de información.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROTOCOLO

El control de calidad aplicado al total de existencias almacenadas de precipitación mensual ha consistido en cuatro fases.

- Identificación de datos repetidos dentro de la misma serie.
- Identificación de series repetidas.
- Detección de datos anómalos.
- Contraste de homogeneidad.

3.1 Identificación de datos repetidos dentro de la misma serie.

En esta fase se detectaron diversas situaciones en los datos de una misma serie, como la repetición consecutiva del mismo dato mensual, la repetición de datos mensuales en años consecutivos, y cadenas de ceros de hasta cuatro años. La Tabla 1 muestra algunos ejemplos seleccionados de dichas situaciones que aconsejaron su eliminación.

Código	Año	E	F	M	A	M	JN	JL	A	S	O	N	D
0220	1968	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0220	1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0220	1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0220	1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0347c	1982	1096	1631	930	452	490	468	720	2015	371	753	1353	8
0347c	1983	0	374	100	452	495	468	720	2015	371	753	1353	8
0347E	1982	1096	1631	930	452	495	468	720	2015	371	753	1353	8
0347E	1983	0	374	100	452	495	468	720	2015	371	753	1353	8
8163	1962	230	326	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	569	331
8200b	1975	0	230	570	1020	280	340	530	400	280	700	0	0
8200b	1974	0	230	570	1250	210	340	530	400	280	700	0	0

Tabla 1: EJEMPLOS SELECCIONADOS DE DATOS REPETIDOS DENTRO DE UNA MISMA SERIE (DATOS EN dec. mm)

3.2. Identificación de series repetidas.

Una vez identificados en cada serie el conjunto de vecinos y calculadas sus distancias, se procedió a comparar todas las series con sus vecinos más cercanos para verificar la identidad propia de cada serie y evitar la duplicidad en las mismas. El procedimiento permitió detectar numerosas situaciones en las que hasta cuatro series, aparentemente independientes, repetían toda o parcialmente la información aportada. En estos casos se procedió a conservar la serie más larga con datos más recientes, y, como norma, los datos ausentes de la serie elegida fueron completados cuando fue posible por medio del promedio de los vecinos.

Finalmente se optó por eliminar todas las series de menos de 10 años, procediendo a su unión con la vecina más cercana de la misma manera que en el caso previo. La Tabla 2 muestra un ejemplo de series repetidas durante un lapso de tiempo de 8.

Los dos primeros pasos del control de calidad redujeron la base de datos original a 2669 series y más de 960.000 datos/mes, a la vez que originaron un archivo de metadatos con información relativa a la identificación de series repetidas (y eventual combinación de series). La depuración de datos de las existencias originales se cifra en el 5% del total.

Los dos pasos siguientes, la detección de datos anómalos y el control de homogeneidad de las series, se realizaron mediante el uso de series de referencia y su empleo de forma iterativa. Por su importancia clave en el proceso detallamos el proceso de confección de series de referencia que hemos empleado.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA REALIZAR EL CONTROL DE CALIDAD DE
PRECIPITACIONES MENSUALES EN LA VERTIENTE MEDITERRÁNEA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Código	Año	E	F	M	A	MY	JN	JL	A	S	O	N	D
0003	1951	810	78	1077	1138	1038	432	67	199	2405	2623	500	1295
0003	1952	255	120	559	630	960	503	50	85	430	586	70	197
0003	1953	0	0	1069	208	364	1272	240	0	580	1612	234	1076
0003	1954	130	650	965	311	796	740	250	83	329	52	260	750
0003	1955	1383	617	157	0	180	1593	224	490	874	1069	205	867
0003	1956	740	222	1890	463	1264	495	13	385	1060	425	605	50
0003	1957	16	50	0	710	2281	1696	0	131	260	1821	365	1695
0003	1958	665	0	313	250	0	110	0	120				
Código	Año	E	F	M	A	MY	JN	JL	A	S	O	N	D
0002I	1951	810	78	1077	1138	1038	396	67	199	2355	2621	500	1295
0002I	1952	255	120	559	630	960	503	50	85	430	586	70	197
0002I	1953			1063	208	364	1270	240		580	1612	234	1736
0002I	1954	130	650	965	311	798	740	250	83	329	52	260	750
0002I	1955	1383	617	157		180	1593	224	473	891	1002	272	868
0002I	1956	740	222	1875	468	1264	495	13	385	1060	425	605	50
0002I	1957	16	50		710	2471	1796		131	260	1825	365	1695
0002I	1958	765		313	250		110		120				

Tabla 2: EJEMPLOS SELECCIONADOS DE SERIES REPETIDAS (DATOS EN dec. mm)

3.3. Las series de referencia.

Recordemos que una serie de referencia es, en breves palabras, la combinación de series cercanas y mejor correlacionadas con la serie que se quiere analizar, y por ende se convierte en el patrón aceptado con el que podemos comparar el comportamiento de nuestra serie candidata. La aceptación de los observatorios vecinos parte de dos criterios: la cercanía y el valor de correlación. Pero sobre estos dos criterios las opiniones siguen siendo variadas.

La cercanía parece un criterio lógico aunque desconocemos trabajos que hayan especificado distancias máximas o mínimas en la selección; es más cabe apuntar la posibilidad de que la distancia varíe si el territorio es llano o no, pertenece a una región climática o a otra etc. Por otro lado, no debe haber entre los observatorios vecinos y la candidata pantallas topográficas o elementos que desvirtúen los ritmos pluviales (VINCENT y GULLET, 1999). Incluso se ha sugerido que para evitar sesgos de carácter nacional (un tipo de instrumento o técnica propia de un servicio meteorológico), se tome siempre algún observatorio extranjero (PETERSON y EASTERLING, 1994).

Por lo que respecta a los valores de correlación se han definido umbrales entre $r=0.7$ y $r=0.8$ (e.j. VINCENT y GULLET, 1999); sin embargo en áreas con clima mediterráneo, donde las precipitaciones son sumamente variables a lo largo de los años y se concentran en un corto número de días, no es infrecuente que se puedan producir bajas correlaciones entre observatorios cercanos (RODRÍGUEZ et al., 1999). Esta realidad parte del hecho del carácter local del fenómeno, en gran medida originado por la elevada frecuencia de procesos convectivos. Por otro lado, debido al carácter dicotómico de la precipitación (llueve o no llueve) y a la ausencia de valores negativos en la variable, se ha sugerido que las correlaciones para seleccionar los observatorios deberían ser las originadas en las series de diferencias (PETERSON et al., 1998a), o transformadas logarítmicamente (RHOADES y

SALINGER, 1993). Este tratamiento además evitaría los efectos no deseados de los extremos (outliers) como han señalado LANZANTE (1996) y GONZÁLEZ-ROUCO et al. (2001).

En resumen, la posible combinación de ambos criterios, lógicos en su origen, podría ser mucho más eficaz que la simple, asunción de uno solo.

Un segundo aspecto a determinar en la confección de una serie de referencia es el número de vecinos incluidos. PETERSON y EASTERLING (1994) han sugerido un número en torno a cinco y nunca inferior a dos, pero en el extremo opuesto se ha indicado que un único observatorio es preferible como referencia, siempre que sea de calidad comprobada (KEISER y GRIFFITHS, 1997). Y también cabe preguntarse por qué no incluir todos aquellos que cumplan los requisitos de distancia y correlación mínima, asegurándonos en este caso que las debidas transformaciones y manipulación de los datos evitasen en la serie de referencia resultante el sesgo que podría producirse entre periodos con distinto número de participantes.

Por último, el cálculo es semejante a las llamadas series regionales y han sido objeto de gran atención por parte de los investigadores (JONES y CONWAY, 1997; JONES y HULME, 1996). En todo caso lo habitual es realzar una ponderación entre los valores de vecinos.

Con todas estas premisas, las series de referencia se confeccionaron tras un proceso de selección de vecinos a menos de 50 km, con 10 años de solape mínimo, valores de correlación mensual positivos, y promedio de estas correlaciones mensuales al menos 0.5. El cálculo de cada serie se realizó mediante promedio ponderado de $(1/d)^2$, con d = distancia en km, tras estandarizar los promedios.

La elección de la distancia como factor de ponderación se fundamenta en que parece más aconsejable que la simple correlación en el caso de las precipitaciones, ante el carácter discreto en el espacio de este elemento del clima; además la selección original ya supone una primera criba de vecinos a partir de comportamientos altamente correlacionados. En segundo lugar la estandarización de promedios vino aconsejada porque en el tiempo el número de vecinos puede variar, y en consecuencia a lo largo del tiempo la serie de referencia podría haberse calculado con vecinos más alejados unos años que durante otros momentos introduciendo sesgos no controlados. Para evitar los efectos sobre el cálculo de correlaciones de los valores 0, todos los datos fueron incrementados en 1. Por último la distancia de selección elegida (50 km) vino aconsejada tras realizar diferentes pruebas con vecinos entre 10 km y 75 km.

3.4. Detección de datos anómalos.

Una vez calculada la serie de referencia, la detección de datos sospechosos se realizó mediante un proceso de selección-eliminación iterativo, en el que en cada paso se volvía a calcular la serie de referencia. La selección de un dato sospecho ha tenido en cuenta que las precipitaciones se presentan como series de datos acotadas por su base (valor mínimo por definición = 0), de tal manera que para evitar este efecto optamos por analizar las series de ratios directos (C/R) e inversos (R/C); de este modo en el primer caso la serie de ratios se empleó para identificar posibles datos anómalos por exceso en la serie candidata sobre su referencia, y en el segundo posibles datos anómalos por defecto.

La selección de datos sospechosos, en cada serie de ratios, se realizó combinando los resultados de las series de ratios y las distancias intercuartílicas, a partir de la expresión $Q75 + (Q75 - Q25) * 3$, donde Q es el cuartil correspondiente y 3 un coeficiente aplicado a la

distancia. Para evitar el sesgo que los valores más bajos pudieran inducir en los valores menores (v.g.: ratio de 10/1 = 10, Ratio de 1000/100 = 10), todos los datos fueron incrementados en un valor constante de 299 (*recuérdese que los datos se trabajan en décimas de mm*). La elección de este valor umbral se realizó porque representa el valor que determina la aparición de un mes seco en la tradición climática (véase p.e. la clasificación de Köppen). Finalmente, los valores umbral de ratios y distancias intercuartílicas fueron aplicados con criterio más estricto en el caso de tratarse de ceros intercuartílica (Tabla 3).

Datos $\neq 0$ Umbral		Dato = 0 Umbral	
Ratio	Quartil	Ratio	Quartil
>4.5	All	>4.0	All
> 4.0	> 2.5	> 3.5	> 2.5
> 3.5	> 5.0	> 3.0	> 5.0
> 3.0	> 7.5	> 2.5	> 7.5
> 2.5	> 10.0	> 2.0	> 10.0

Tabla 3: UMBRALES DE DETECCIÓN DE LAS SERIES DE RATIOS Y DISTANCIA INTERCUARTÍLICA

El proceso descrito fue repetido sucesivamente, eliminando en cada iteración los datos sospechosos de la base de datos original y procediendo de nuevo a calcular la nueva serie de referencia. El paso final consistió en eliminar de todos estos datos anómalos la base de datos inicial, calculando con estos datos depurados la serie de referencia admitida como más depurada y limpia de datos sospechosos.

Esta serie de referencia final, obtenida tras 10 iteraciones del proceso, fue contrastada finalmente con los datos originales mediante el procedimiento descrito más arriba, seleccionando los datos sospechosos a eliminar definitivamente de la base de datos. El total de datos eliminados fue de 7182 datos/mes, lo cual supone menos del 1% de la base de datos. En las Tabla 4 y 5 se exponen algunos casos de datos sospechosos detectados y eliminados. En el primer caso los ejemplos proporcionan datos de las series candidatas muy por encima del valor de la serie de referencia, y a la inversa en el segundo caso. La serie candidata C se ha comparado con la serie de Referencia R en el primer caso mediante la ratio directa C/R, sumando a cada valor la constante de 300. En el segundo caso, la Tabla 5 ofrece los valores del contraste de la serie de ratio R/C. IDQ se refiere al valor de la distancia intercuartílica en las respectivas series de ratios.

Código	Año	Nº vecinos.	Mes	C	R	Ratio	IQD
0313	1918	5-9 st.	12	2605	19	9.1	31.8
6119E	1988	48-66 st.	12	2808	30	9.4	47.3
7247	1938	1-10 st.	8	2650	50	8.4	73.8
8274U	1974	45-51 st.	12	3730	0	13.4	143.7

Tabla 4: EJEMPLOS SELECCIONADOS DE DATOS SOSPECHOSOS $C > R$

Código	Año	Nº vecinos.	Mes	C	R	Ratio	IQD
0358	1930	15-19 st.	1	98	3092	8.5	20.5
6049	1984	23-26 st.	11	0	3678	8.5	40.7
8501	1969	27-30 st.	10	0	3309	8.5	77.1
9195U	1986	34-38 st.	1	80	8164	8.5	4.4
9815E	1979	74-81 st.	1	0	3530	8.5	5.5

Tabla 5: EJEMPLOS SELECCIONADOS DE DATOS SOSPECHOSOS $C > R$

3.5. Contraste de homogeneidad.

Para detectar las inhomogeneidades de las series de datos climáticos se han aplicado, o específicamente han sido desarrolladas numerosas pruebas estadísticas, revisadas en SZALAI et al., (1999), PETERSON et al., (1998a) y LANZANTE (1996). Por su parte, además muchos servicios meteorológicos han desarrollado sus propios métodos (véase VINCENT y GULLET, 1999; PETERSON et al., 1998 a; TUOMENVIRTA, 2001, como casos específicos), cuyos programas informáticos no siempre están disponibles al público. Sin embargo, en último término la elección de una prueba u otra dependerá de las disponibilidades de programas informáticos y de la propia selección del investigador, lo cual muestra que hoy día no existe un consenso generalizado para analizar estos problemas entre la comunidad investigación, pues diferentes pruebas aplicadas a los mismos datos comúnmente producen distintos resultados.

En nuestro caso la prueba empleada para detectar inhomogeneidades fue el denominado SNHT de Alexandersson (ALEXANDERSSON, 1986); una excelente exposición se encuentra en KEISER y GRIFFITS, 1997), aplicada en la escala mensual y estacional. De este modo, en cada observatorio el total de pruebas realizadas fue de 17. El programa empleado en este análisis es el Anclim (ŠTEPÁNEK, 2005).

Para aceptar las inhomogeneidades estadísticas como susceptibles de ser corregidas empleamos ventanas temporales apoyados en su caso por la información obtenida durante la detección de series con datos repetidos. En todo caso las inhomogeneidades cuando fueron aceptadas fueron corregidas en años completos. No se admitieron inhomogeneidades en los extremos inicial y final de las series (10 años). Tras efectuar las correcciones, de nuevo procedimos a calcular una nueva serie de referencia (Referencia 11) y aplicamos la prueba de detección de inhomogeneidades. El total de series consideradas como inhomogéneas fue de 202 en los dos runs aplicados.

Finalmente para verificar el efecto de la depuración de datos anómalos sobre las pruebas de homogeneidad aplicamos la prueba SNHT sobre los datos originales y la primera serie de referencia (previa a la depuración de anómalos).

3.6. Reconstrucción.

El paso final en la confección de la base de datos de precipitaciones mensuales consistió en realizar una reconstrucción de todas las series libres de datos sospechosos y de inhomogeneidades mediante el uso de nuevas series de referencia.

En cada observatorio se calcularon dos nuevas serie de referencia por los procesos ya descritos, en este caso con máxima distancia de vecinos a 10 km y 25 km (Referencia Nº 12 y 13). Las series fueron previamente manipuladas para lograr que dos series no solapadas en el tiempo pero muy cercanas entre sí, pudiesen formar parte cada una de la serie de referencia de

la otra, pues en caso contrario los observatorios que han sido literalmente consecutivos en el tiempo nunca hubiesen podido unirse para formar una serie prolongada. Este hecho afectó particularmente a todas las series denominadas seculares o históricas (inicio anterior da 1900), pero no solamente a ellas.

La manipulación de los datos depurados consistió en realizar un rellenado de lagunas y extensión artificial de cada serie a partir de su referencia (Ref. 11) consiguiendo de este modo el solape con la totalidad de sus vecinos, y calculando su referencia a 10 y 25 km. El rellenado de lagunas de la base de datos depurada final se realizó directamente con los datos de las series de referencia a 10 km y 25 km obtenidas con dicha manipulación.

4. RESULTADOS

4.1. Datos anómalos e inhomogeneidades

El total de datos considerados anómalos y finalmente descartados ascendió a 7182 (aproximadamente un 0.75 %). Los datos se desglosan en anómalos $C > R$, $C < R$ y ceros. Los ceros detectados como datos anómalos no presentan un patrón mensual, mientras los datos anómalos o sospechosos, tanto altos como bajos, han sido más numerosos durante los meses de invierno.

En el tiempo estos datos se acumulan en dos periodos: en torno a 1925 y 1960, y presentan un número mínimo en torno a los años de la guerra civil y década final, sin embargo debido a que en el tiempo la evolución del número de observatorios operativos y el número de datos registrados es muy variable, esta imagen debe ponderarse. En realidad, la proporción de datos sospechosos se localiza en la primera mitad del siglo XX y desciende considerablemente desde 1950, con independencia de que es el período de mayor número de observatorios funcionando y datos registrados.

En total sobre las series originales sin depurar se detectaron 2984 inhomogeneidades estadísticas que afectaban a 1966 series de precipitación, lo cual supone un 75% del total de series. Sin embargo, en las series depuradas de datos anómalos solamente se detectaron 1125 series como no homogéneas (43%), incluyendo 1795 inhomogeneidades estadísticas. El total de series consideradas inhomogeneas fue de 202.

4.2. Descripción general de la base de datos

La base de datos obtenida comienza realmente a configurarse en su densidad espacial hacia 1915 e incrementa el número de observatorios hasta los años de la Guerra Civil (1936-1939), cuando sufre un proceso de colapso, que sin embargo no supone en promedio una merma o aumento de la distancia mínima promedio lograda años antes en los inicios. Desde entonces el número de observatorios aumenta hasta los años 70 del siglo XX cuando alcanza su máximo número, para descender desde entonces hasta el momento presente, en muchos lugares como una consecuencia inesperada del éxodo rural (Figura 1).

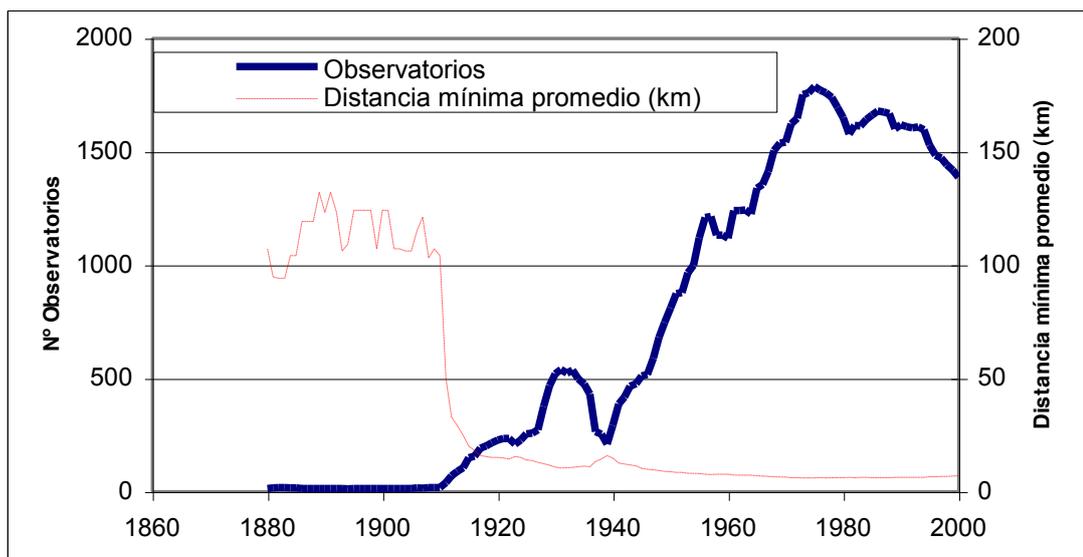


Fig. 1: Número de observatorios y distancia mínima promedio.

Por su parte, esta base de datos debe emplearse considerando que se ha realizado la reconstrucción del total de series analizadas y homogeneizadas (2669), lo que lógicamente no suponen ni un resultado real ni operativo. Combinando criterios de mínima longitud de datos originales, mínimas lagunas, registro actual etc, durante la segunda mitad del siglo XX estimamos que en torno a 1200 observatorios cumplen todos los criterios y pueden ser válidos para analizar la evolución de las precipitaciones en la margen oriental de la Península Ibérica. La densidad promedio es muy elevada (aproximadamente 1 obs. /150-200 km²), aunque existen áreas con cubrimiento muy escaso y se mantiene el problema de las áreas por encima de los 1500 m, en la que la información realmente es muy escasa.

4.3. Primeros resultados.

Los primeros resultados que ofrecemos de esta base de datos de la vertiente mediterránea española se muestran en la colección de mapas (figura 2) que representan las tendencias de las precipitaciones mensuales. Los valores de tendencia se han obtenido tras un suavizado con filtro de paso bajo (lag 9), sobre el que se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman ($p < 0.10$). Los valores significativos se muestran con signo (+) en el caso de tendencia positiva (color azul), (-) en las tendencias negativas (color rojo), y las tendencias no significativas con un (.).

Como se puede apreciar, los patrones espaciales que surgen de estas representaciones manifiestan una gran coherencia, y permiten observar dinámicas claras costa-interior y norte-sur, de gran detalle en el espacio a lo largo de los meses.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA REALIZAR EL CONTROL DE CALIDAD DE
PRECIPITACIONES MENSUALES EN LA VERTIENTE MEDITERRÁNEA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

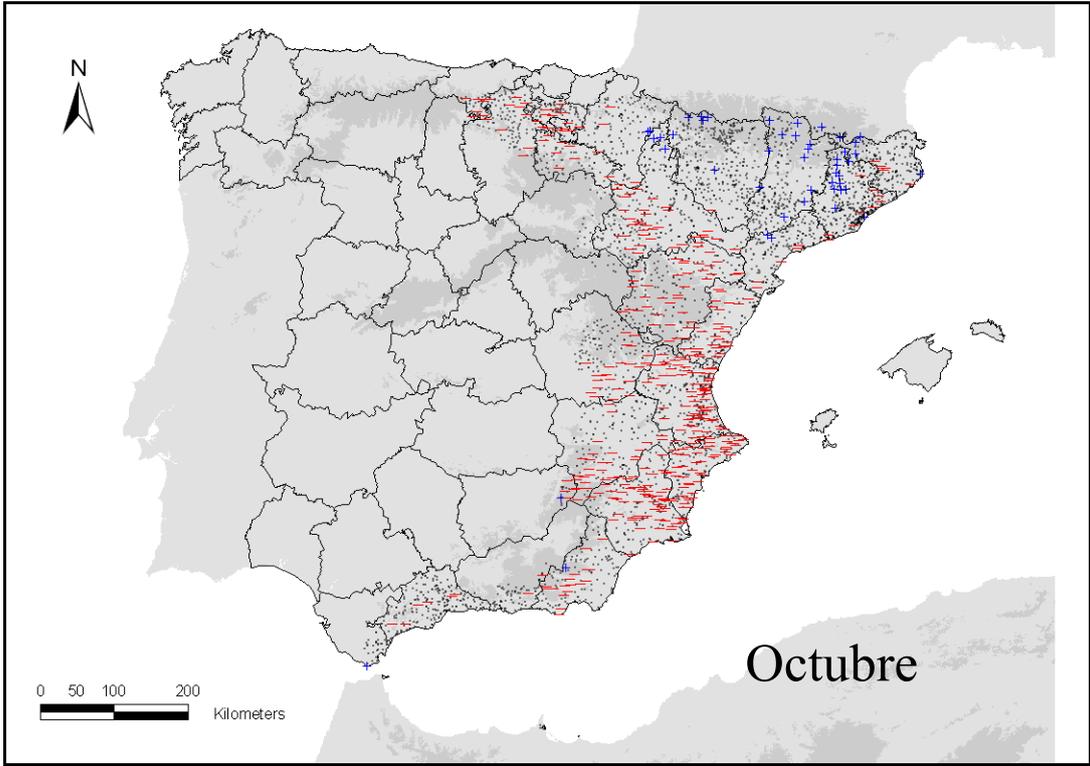
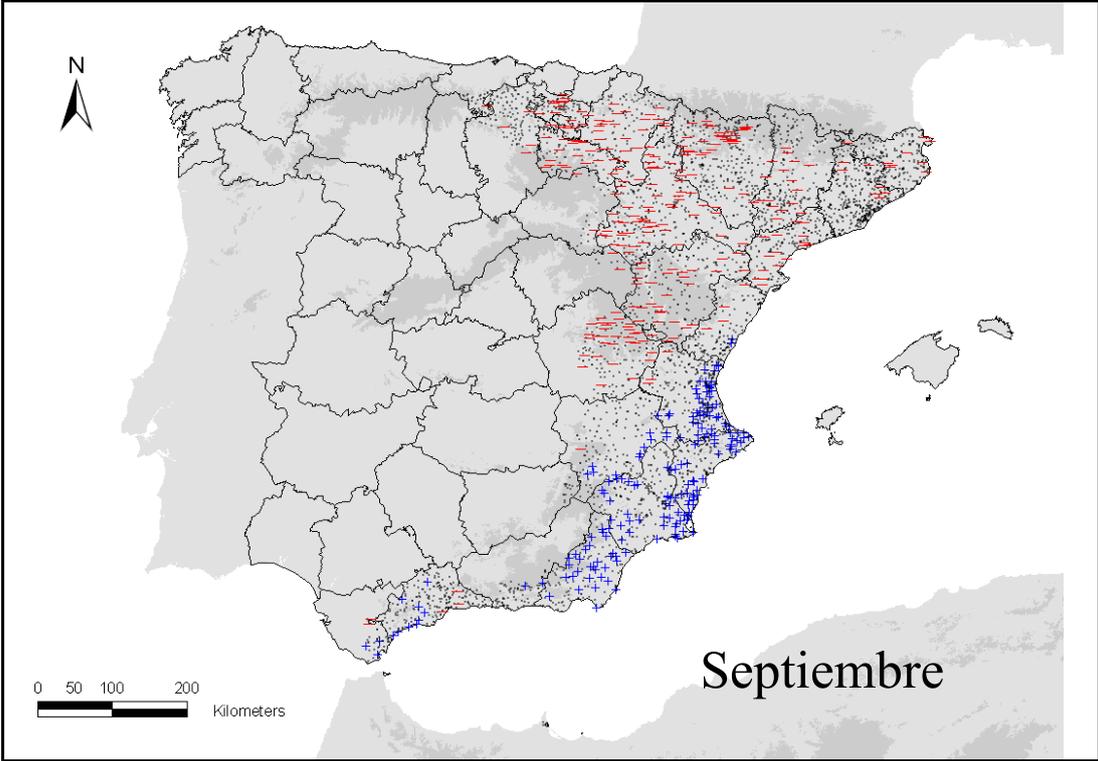


Fig. 2: Tendencias de las precipitaciones mensuales en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica.

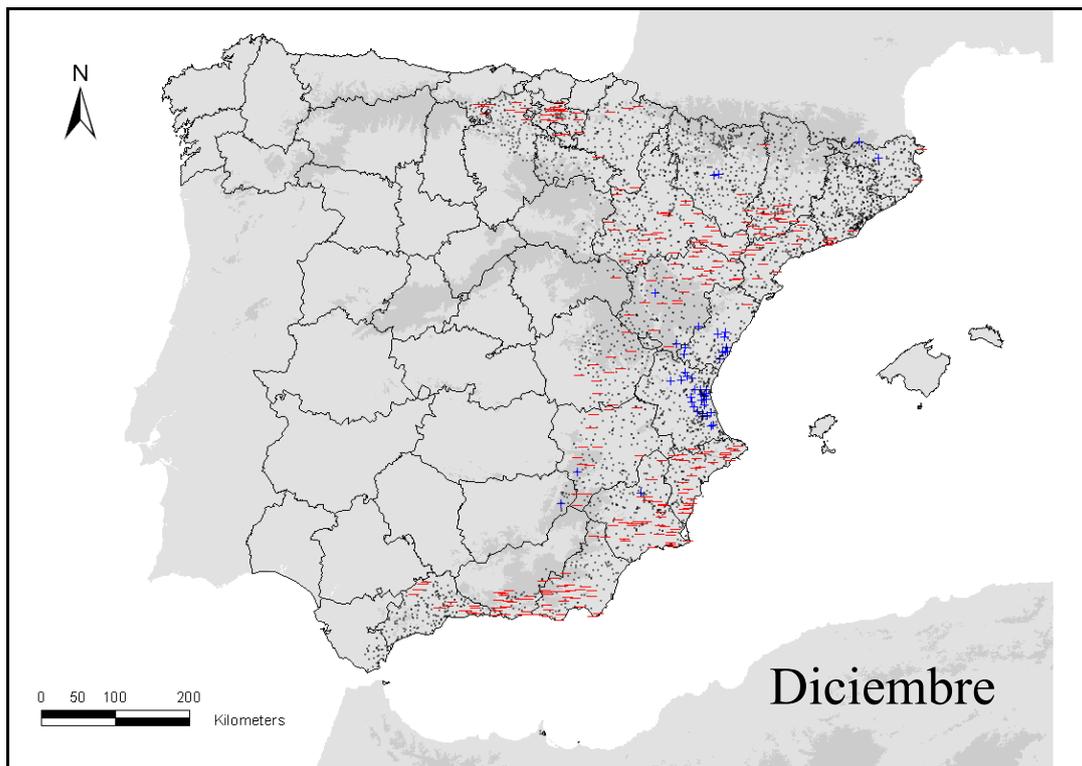
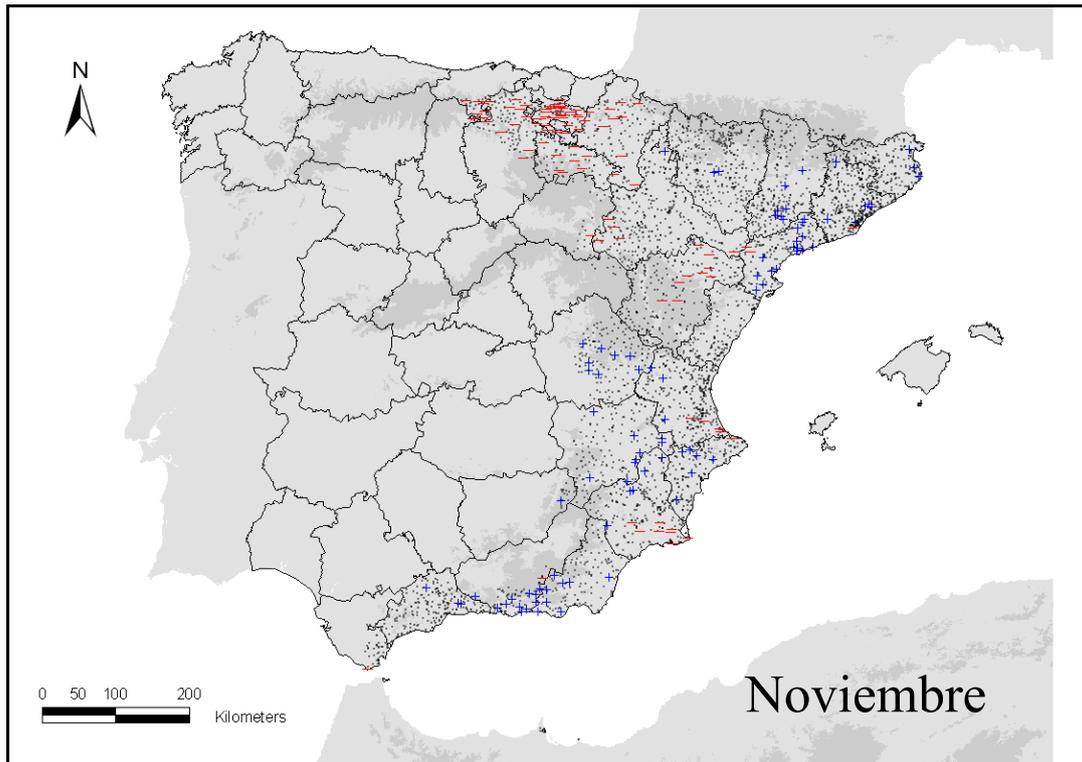


Fig. 2: continuación.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA REALIZAR EL CONTROL DE CALIDAD DE
PRECIPITACIONES MENSUALES EN LA VERTIENTE MEDITERRÁNEA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

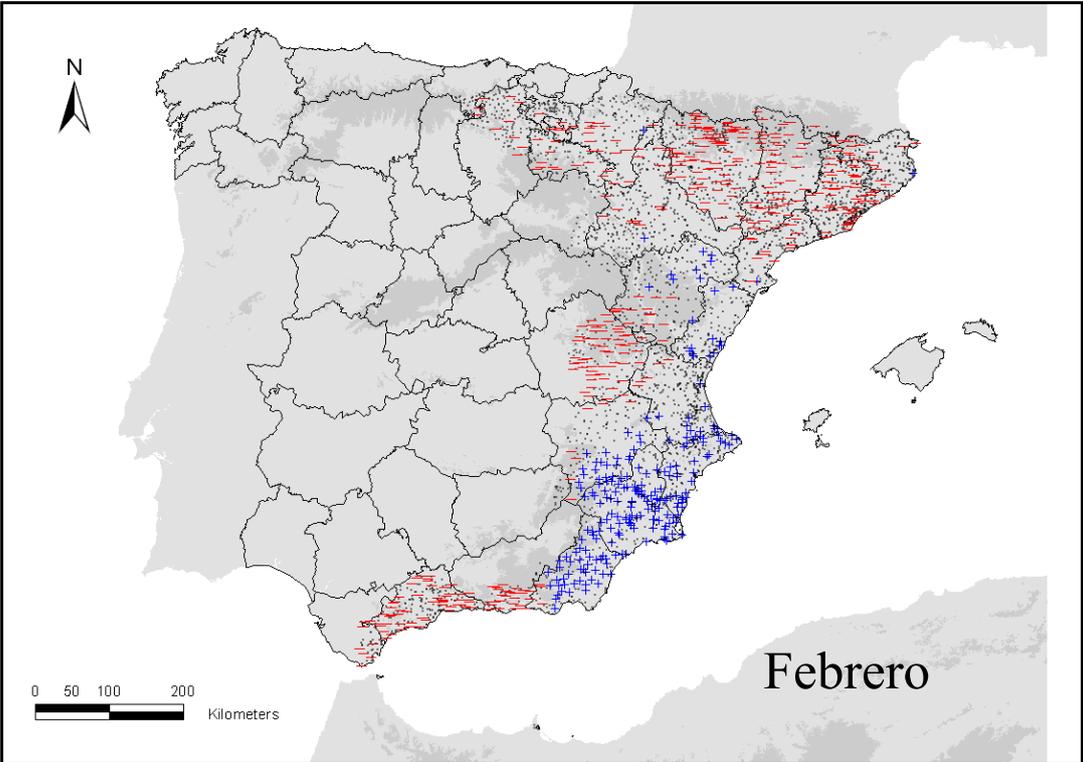
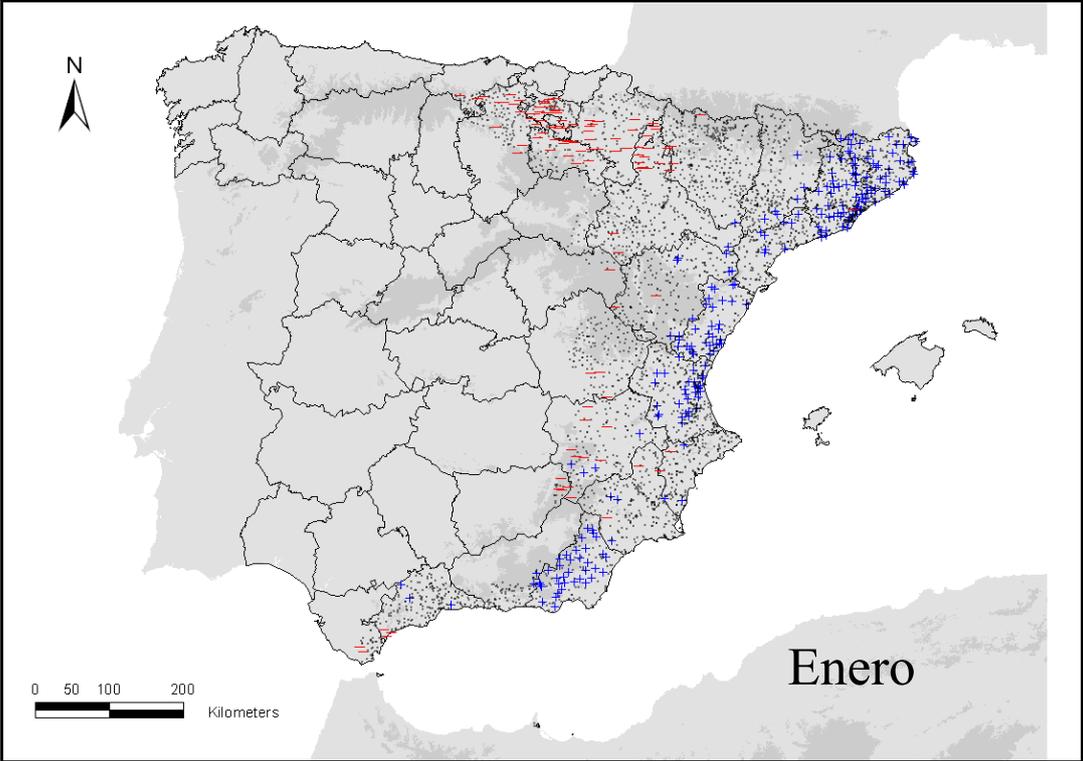


Fig. 2: continuación.

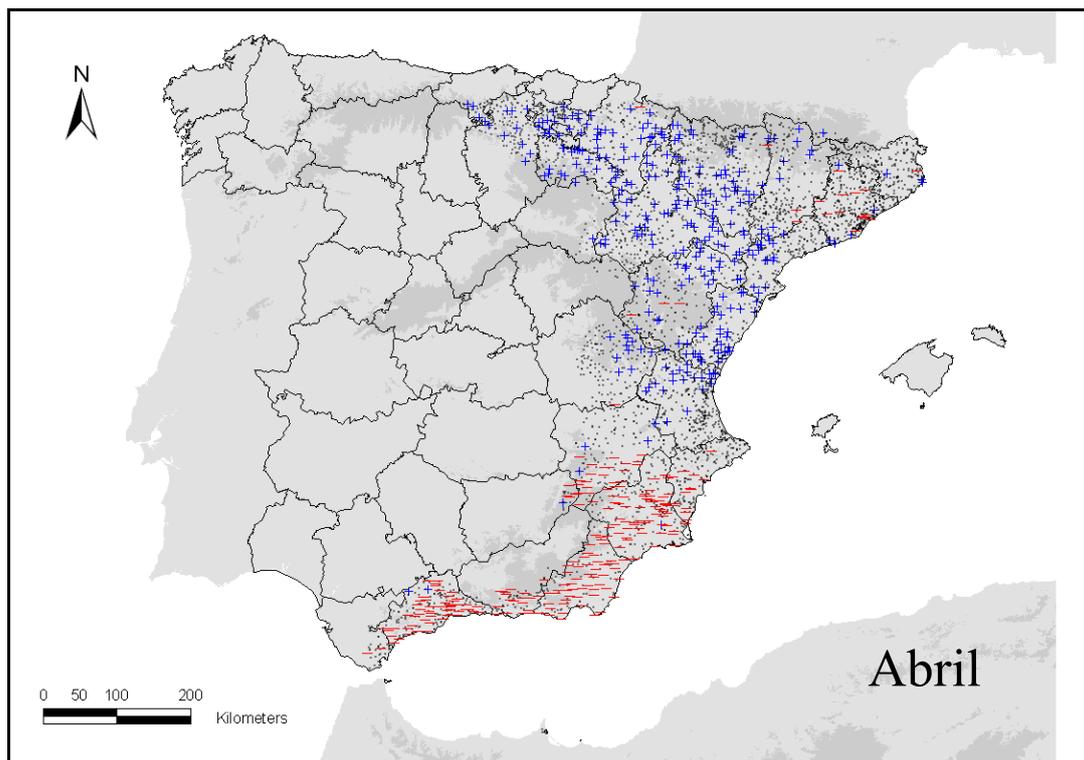
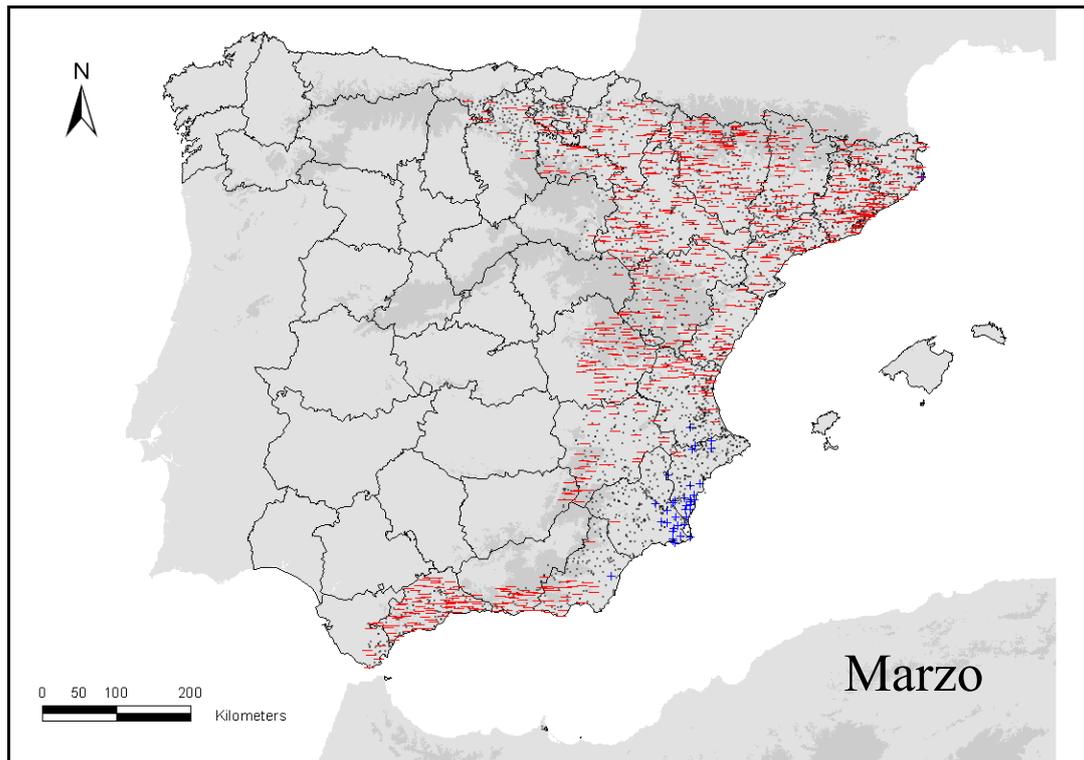


Fig. 2: continuación.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA REALIZAR EL CONTROL DE CALIDAD DE
PRECIPITACIONES MENSUALES EN LA VERTIENTE MEDITERRÁNEA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

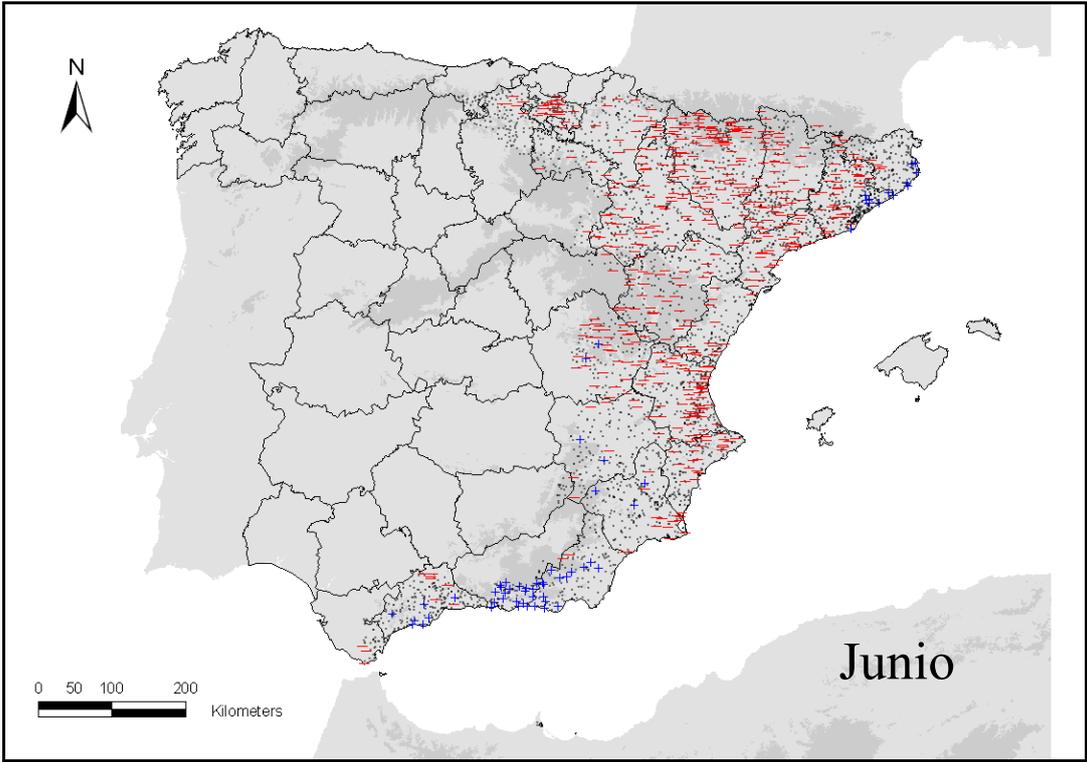
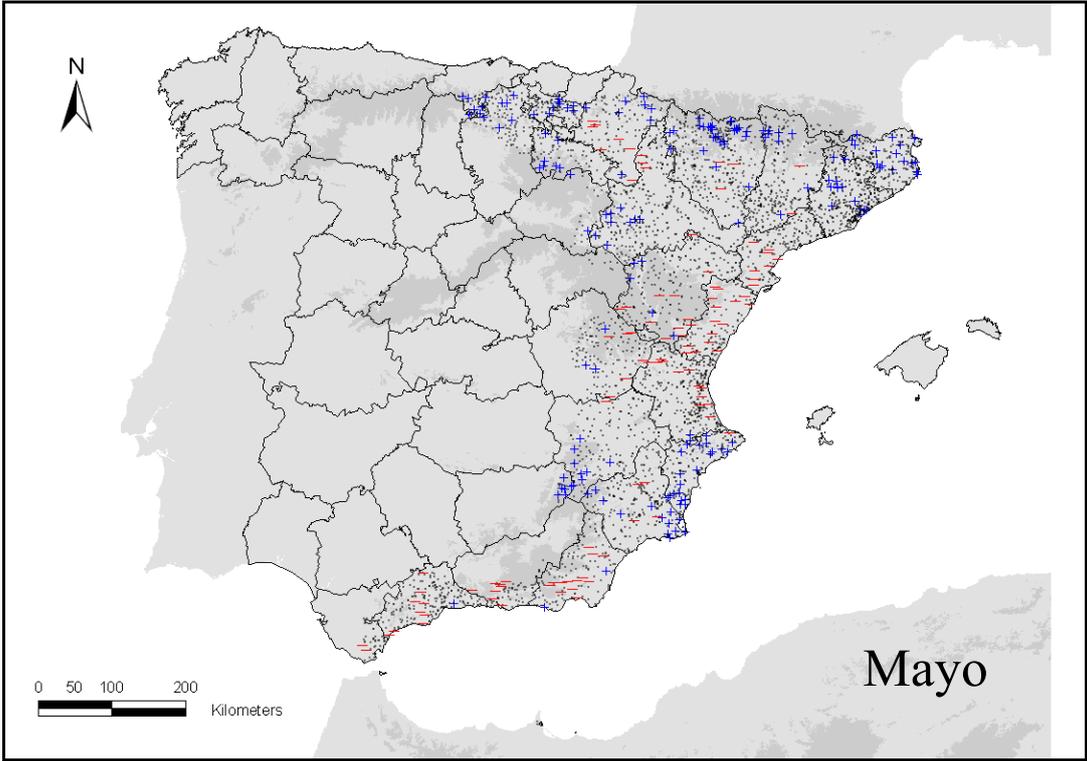


Fig. 2: continuación.

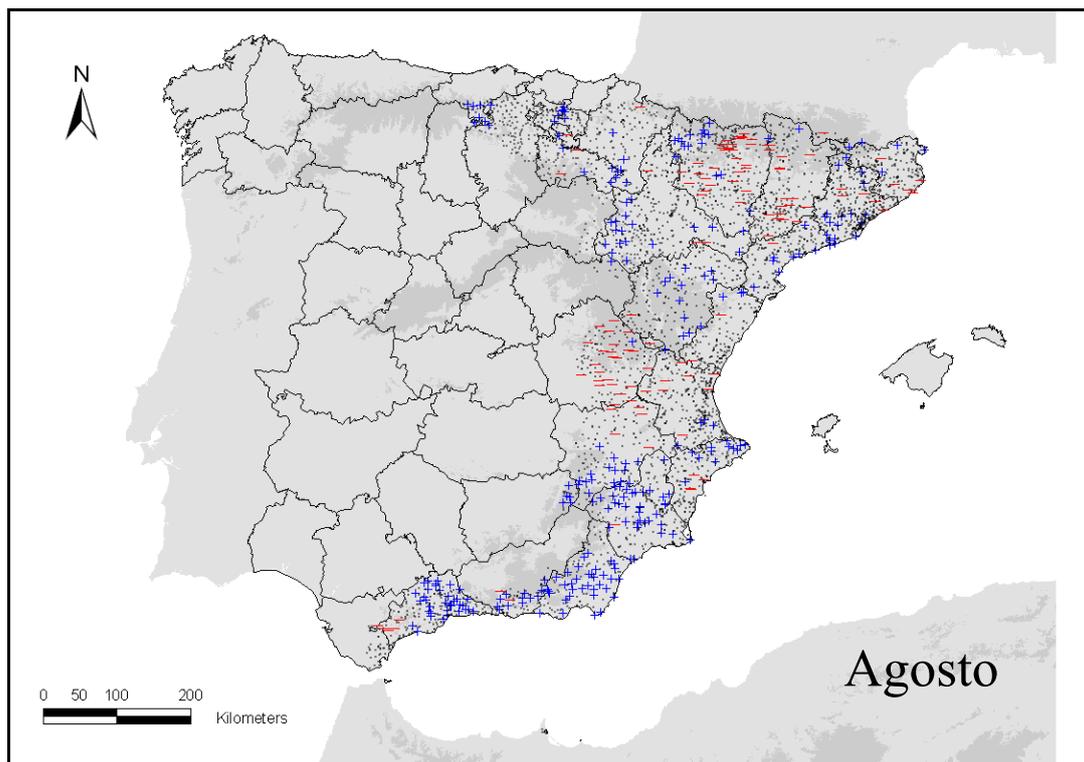
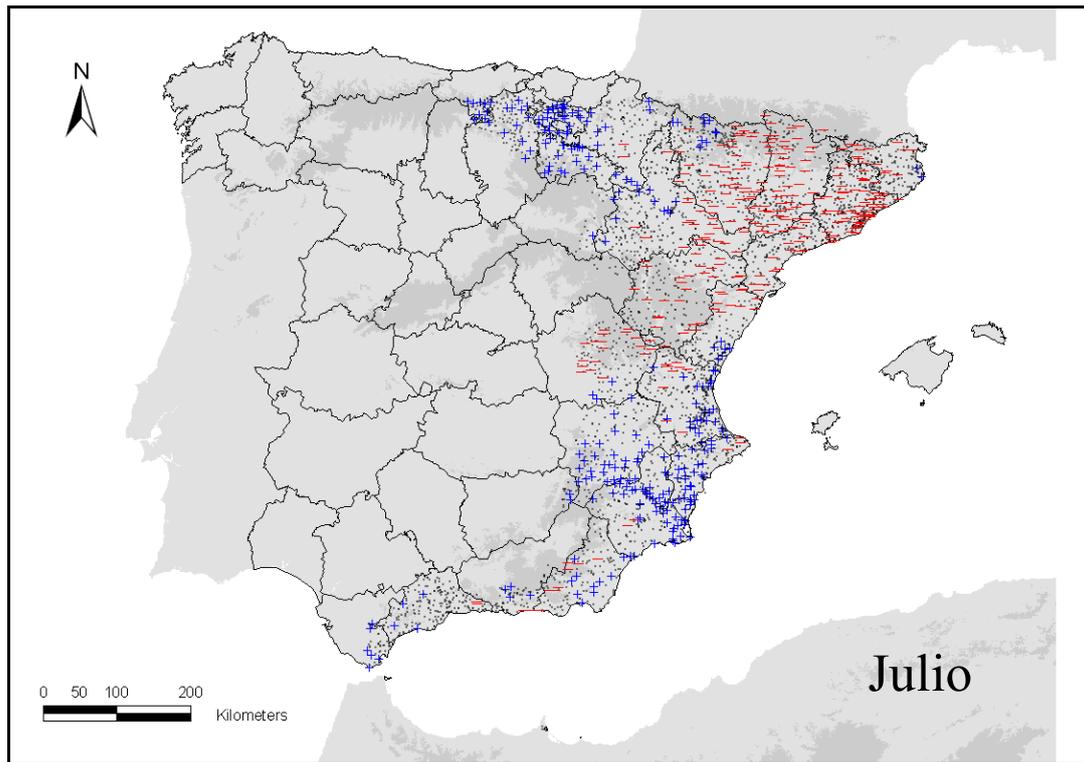


Fig. 2: continuación.

5. REFERENCIAS

- ALEXANDERSON, H. (1985). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6, 661-675.
- ALLEN, M.R. y INGRAM, W.J. (2002). Constraints on future changes in climate and the hydrological cycle. *Nature*, 419, 224-232.
- BALAIRÓN, L. (2000). Las causas del cambio climático. En L. Balairón (Coord.) El Cambio climático. Servicio de Estudios del BBVA, 137, 89-109.
- BARROW, E.; HULME, M. y SEMENOV M. (1996). Effect of using different methods in the construction of climate change scenarios: Examples from Europe. *Climate Research*, 7, 195-211.
- COSGROVE, C.M. y GARSTANG, M. (1995). Simulation of rain event from raingauge measurements. *International Journal of Climatology*, 15, 1021-1029.
- EASTERLING, D. y PETERSON, T. (1995). A new method for detecting undocumented discontinuities in climatological time series. *International Journal of Climatology*, 15: 369-377.
- ESTEBAN-PARRA, M.J.; RODRIGO, F. y CASTRO-DÍEZ, Y. (1998). Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992. *International Journal of Climatology*, 18, 1557-1574.
- GAN, T.Y. (1995). Trends in air temperature and precipitation for Canada and north-eastern USA. *International Journal of Climatology*, 15, 1115-1134.
- GONZÁLEZ HIDALGO, JC; DE LUÍS, M.; VICENTE, S. M; ŠTEPÁNEK, P.; RAVENTÓS, P.; SAZ, M. A.; CUADRAT, J. M.; FERRAZ, J. y CREUS, J. (2004). Monthly precipitation data base in mediterranean climate area of Spain. Reconstruction processes and quality control. World Meteorological Organization, WCDMP-No. 56, WMO-TD No. 1236, 105-116.
- GONZÁLEZ ROUCO, J.F.; JIMÉNEZ, J.L.; QUESADA, V. y VALERO, F. (2001). Quality control and homogeneity of precipitation data in Southwest of Europe. *International Journal of Climatology*, 14, 964-978.
- GROISMAN, P.YA. y LEGATES, D.R. (1994). The accuracy of United States precipitation data. *Bulletin American Meteorological Society*, 75, 215-227.
- HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P.J. y XIAOSU, D. (Eds) (2001). *Climate change 2001. The scientific basis*. Cambridge University Press, UK, 896 pp.
- HULME, M. (1995). Estimating global changes in precipitation. *Weather*, 50, 34-42.
- HULME, M.; CONWAY, D.; JONES, P.D.; JIANG, T.; BARROW, E.M. y TURNEY, C. (1995). Construction of a 1961-1990 European climatology for climate change modeling and impact applications. *International Journal of Climatology*, 15, 1333-1363.
- HURRELL, J.W. (1995). Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Nature*, 269, 676-679.
- JONES, P.D. y CONWAY, D. (1997). Precipitation in the British isles: an analysis of area-average data updates to 1995. *International Journal of Climatology*, 17, 427-438.
- JONES, P.D. y HULME, H. (1996). Calculating regional climate time series for temperature and precipitation: methods and illustrations. *International Journal of Climatology*, 16, 361-377.
- KEISER, D. y GRIFFITHS, J. (1997). Problems associated with homogeneity testing in climate variations study: a case study of temperature in the northern Great Plains USA. *International Journal of Climatology*, 17: 497-510.

- LANA, X.; MARTÍNEZ M.D.; SERRA, C. y BURGUEÑO, A. (2004). Spatial and temporal variability of the daily rainfall regime in Catalonia (NE Spain), 1950-2000. *International Journal of Climatology*, 24, 613-641.
- LANZANTE, L.R. (1996). Resistant, robust and non-parametric techniques for the analysis of climate data: theory and examples including applications to historical radiosonde station data. *International Journal of Climatology*, 16, 1197-1226.
- MARTÍN-VIDE, J. (2001). El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular. *Investigaciones Geográficas*. 26, 41-58.
- MATYASOVSKY, I.; WEIDINGER, T.; BARTHOLY, J. y BARCZA Z. (1999). Current regional climate change studies in Hungary: a review. *Geographia Helvetica*, 54 (3), 138-146.
- MCMANAMA P. (1999). Global Changes, Regional Impacts: Climate Change In The Middle East. *Geographia Helvetica*, 54 (3), 132-137.
- MEARNS, L.O.; GIORGI, F.; MCDANIEL, L. y SHIELDS, C. (1995). Analysis of daily variability of precipitation in a nested regional climate model: comparison with observations and doubled CO₂ results. *Global Planetary Change*, 10, 55-78
- MORON, V.; BIGOT, S. y ROUCOU, P. (1995). Rainfall variability in subequatorial America and Africa and relationships with the main sea-surface temperature modes (1951-1990). *International Journal of Climatology*, 15, 1297-1322.
- NEW, M.; TODD, M.; HULME, M. y JONES, P. (2002). Precipitation measurements and trends in the twentieth century. *International Journal of Climatology*, 21, 1899-1922.
- PALUTIKOF, J.P.; GOODESS, C.M. y HACOT, H. (1996). *Future rainfall trends over the mediterranean*. Book of abstracts. International conference on mediterranean desertification. Crete-Hellas, 29 Oct - 1 Nov 1996. Abstract book, (no pages).
- Parry M. (2001): Climatic change: where should our research priorities be?. *Global Environmental Change*, 11, 4, 257-260.
- PÉREZ CUEVA, A. (Dir). (1994). Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana. Direc. General d'Urbanisme i Ordenació del Territori, Generalitat Valenciana, Col·lecció Territori, N° 4.
- Peterson T. and Easterling D. (1994): Creation of homogeneous composite climatological reference series. *International Journal of Climatology*, 14, 671-679.
- PETERSON, T.; EASTERLING, D.; KARL, T. (1998 a). Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *International Journal of Climatology*, 18, 1493-1517.
- PRUDHOMME, C., REYNARD, N. y CROOKS, S. (2002). Downscaling of global climate models for flood frequency analysis: where are we now?. *Hydrological processes*, 16, 1137-1150.
- Rhoades D. and Salinger M. (1993): Adjustment of temperature and rainfall records for site change. *International Journal of Climatology*, 13, 899-913.
- RODRÍGUEZ, R.; LLASAT, M.C. y WHEELER, D. (1999). Analysis of the Barcelona precipitation series 1850-1991. *International Journal of Climatology*, 19, 787-801.
- RODRÍGUEZ-PUEBLA, C.; ENCINAS, A.; NIETO, S. y GARMENDIA, J. (1998). Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 18, 229-316.
- RODRIGO, F.S.; ESTEBAN PARRA, M.J.; POZO, D. y CASTRO-DÍEZ, Y. (2000). Rainfall variability in southern Spain on decadal to centennial times scales. *International Journal of Climatology*, 20, 721-732.
- ROMERO, R.; GUIJARRO, J.A.; RAMIS, C.; y ALONSO, S. (1998). A 30-year (1964-1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions: First exploratory study. *International Journal of Climatology*, (18), 541-560.
- SZALAI, A.; SZENTIMREY, T. y SZINELL, C. (1999). Proceedings of the second seminar for homogeneization of surface climatological data. WMO-TD N° 962, Gèneva.

- ŠTEPÁNEK P. (2005): AnClim - software for time series analysis. Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, MU, Brno, 1.16 MB.
- SULZMAN, E.W.; POIANI, K.A. y KITTEL, T.G.F. (1995). Modeling human-induced climatic change: A summary for environmental managers. *Environmental Management*, 19, 197-224.
- TANK, A.M.; WIJNGAARD, J.B.; KÖNNEN, G. et al. (2002). Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European climate assesment. *International Journal of Climatology*, 22, 1441-1453.
- TARHULE, A. y WOO, M. (1998). Changes in rainfall characteristics in northern Nigeria. *International Journal of Climatology*, 18, 1261-1271.
- TAYANÇ, M.; DALFES, H.; KARACA, M. y YENIGÜN, O. (1998). A comparative assessment of different methods for detecting inhomogeneities in Turkish temperature data set. *International Journal of Climatology*, 18, 561-578.
- TUOMENVIRTA, H. (2001). Homogeneity adjustments of temperature and precipitation series-Finnish and Nordic data. *International Journal of Climatology*, 21, 495-506.
- VINCENT, L. y GULLET, D. (1999). Canadian historical and homogeneous temperature datasets for climate changes analyses. *International Journal of Climatology*, 9, 1375-1388.
- VINNIKOV, K.YA.; GROISMAN, P.YA. y LUGINA, K.M. (1990). Empirical data on contemporary global climate changes (temperature and precipitation). *Journal of Climate*, 3, 662-677
- WILBY, R.L. y WIGLEY, T.M. (2000). Precipitation predictors for downscaling observed and general circulation models relationships. *International Journal of Climatology*, 20, 641-661.
- ZORITA, E y GONZALEZ-ROUCO, F. (1999). *Divergencias de las predicciones de la futura intensidad de la oscilación el Atlántico Norte*. En J. Raso y Martín Vide, J. (Eds) La climatología española en los albores del siglo XXI. Publicaciones de la Sociedad Española de Climatología, 1, 579-587.