

Comunidad de Trabajo de los Pirineos

Observatorio Pirenaico
del Cambio Climático (OPCC)
(EFA 235/11)

Acción clima

Memoria final



Servei
Meteorològic
de Catalunya



Universidad
Zaragoza



ÍNDICE

Introducción	3
Capítulo 1. Creación de una base de datos mensual homogénea de temperatura y precipitación para los Pirineos (1950-2010)	5
1. Introducción	5
2. La zona de estudio	5
3. Disponibilidad de los datos y metadatos	6
3.1. Origen de los datos	6
3.2. Disponibilidad de metadatos	8
4. La metodología de análisis: HOMER	8
5. Control de calidad de las series	9
6. Análisis de homogeneidad	10
6.1. Detección de los puntos de discontinuidad	10
6.2. Ajuste de las series	13
7. Resultados y discusión	14
7.1. Puntos de ruptura identificados	14
7.1.1. Temperatura máxima y mínima	15
7.1.2. Precipitación	19
7.2. Criterios para la definición de la calidad de las series homogéneas	21
7.3. Conclusiones: calidad final de las series y propuesta para el proyecto OPCC	22
Capítulo 2. Resultados generales para los Pirineos	27
1. Introducción	27
2. Evolución de temperatura media	27
3. Evolución de la precipitación	29
Capítulo 3. Definición y cálculo de indicadores climáticos para los Pirineos	31
1. Introducción	31
2. Indicador climático para la temperatura	31
2.1. Definición del indicador climático	31
2.2. Cálculo y análisis del indicador	33
3. Indicador climático para la precipitación	35
3.1. Definición del indicador climático	35
3.2. Cálculo y análisis del indicador	35
Bibliografía	39
Apéndice 1. Características de las series de temperatura utilizadas en el estudio	41
Apéndice 2. Características de las series de precipitación utilizadas en el estudio	44

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del proyecto Observatorio Pirenaico del Cambio Climático (OPCC), según se indicó en la Ficha Descriptiva del Proyecto elaborada al presentar su candidatura a la financiación POCTEFA, radica en evaluar los impactos del cambio climático en los Pirineos con vistas a poder adaptarse a sus consecuencias negativas. Para ello, se proponía identificar y caracterizar dichos impactos sobre varios recursos naturales (Biodiversidad, Bosque, Agua) de los cuales dependen los sectores socioeconómicos más vulnerables.

En concreto, la acción CLIMA del proyecto OPCC tiene como objetivo la implementación de las herramientas metodológicas y técnicas para preparar una climatología global y especializada en los Pirineos. Teniendo en cuenta que el estudio del cambio climático debe apoyarse en largas series climáticas de alta calidad (continuas, completas y homogéneas), la creación de una base de datos climática fiable para este tipo de estudios a nivel de todo el Macizo será un elemento fundamental e inédito de esta acción (a destacar que en los Pirineos, y a pesar de que muchos proyectos ya hayan iniciado un trabajo de recuperación y de homogeneización de datos antiguos, estas series climáticas son parciales y su calidad es muy variable), y esta base de datos deberá ser de gran utilidad para los trabajos presentes y futuros del OPCC.

Otro gran objetivo de la acción es la definición y el cálculo de indicadores pertinentes para el seguimiento de la señal climática. Sus resultados podrán ser ampliamente reutilizados para alimentar modelos climáticos y prever de este modo los impactos previstos para los próximos 20, 40 ó 70 años en los Pirineos. En dicho sentido, es una acción piloto para la reflexión en torno a la adaptación de los territorios.

Esta memoria final de la acción CLIMA del proyecto OPCC pretende dar a conocer la metodología desarrollada a lo largo de todo el proyecto y los principales resultados obtenidos. Un primer gran capítulo tratará de la creación de la base de datos de los Pirineos para el estudio de la evolución del clima en el conjunto del Macizo, el análisis de las tendencias de las variables analizadas se describe en un segundo capítulo y los indicadores climáticos definidos en esta acción se comentan en el tercer capítulo. El cuarto capítulo se dedica a la cartografía elaborada con los resultados obtenidos, mientras que al final de la memoria se proporcionan la bibliografía principal utilizada y los apéndices con información complementaria.

Finalmente, mencionar las personas y organismos que han participado activamente en la acción CLIMA. Los socios participantes son la Universidad de Zaragoza - Unizar (José M. Cuadrat, Roberto Serrano, Miguel A. Saz y Ernesto Tejedor) y el Servei Meteorològic de Catalunya – SMC MeteoCat (Marc Prohom, Anna Rius y Jordi Cunillera), mientras que los socios asociados son Météo France (Jean-Michel Soubeyroux y Nathalie Deaux), el Centre d'Estudis de la Neu i la Muntanya d'Andorra - CENMA (Ramon Copons y Pere Esteban) y la Agencia Estatal de Meteorología - Aemet (Rafael Requena). También agradecer los comentarios y observaciones de los miembros del Consejo Científico del proyecto OPCC, así como el apoyo de los responsables políticos y miembros de Comité de Pilotaje del proyecto, especialmente a Carles Miquel (Govern d'Andorra). Por último, agradecer la permanente ayuda del personal de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP), especialmente a Anne Sota y a Beatriz Aísa.



Capítulo 1

CREACIÓN DE UNA BASE DE DATOS MENSUAL HOMOGÉNEA DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN PARA LOS PIRINEOS (1950-2010)

1. Introducción

La disponibilidad de bases de datos climáticas de alta calidad es esencial para la correcta monitorización del clima y, en especial, de la variabilidad y el cambio climático. A escala global o regional es apreciable la presencia de estos bancos de datos, pero tienden a ser más escasos a resolución más elevada, especialmente en aquellos territorios con una elevada complejidad geográfica, tales como las cadenas montañosas.

Para la obtención de una base de datos de calidad, resulta esencial que ésta sea homogénea, es decir, que cualquier cambio o tendencia que se aprecie sea respuesta directa de la evolución del clima y no de aspectos externos no climáticos. Existen diversas fuentes de estas influencias no climáticas, y han sido tratadas en profundidad en estudios recientes (Aguilar *et al.*, 2003; Trewin, 2010): cambios de emplazamiento, de instrumentación, usos del suelo alrededor del punto de observación, modificaciones en las técnicas y horarios de observación...

Existen pocas series de temperatura o de precipitación (especialmente de temperatura) que estén totalmente libres de esta influencia, y por ello deben someterse a un proceso de análisis de homogeneidad. Previamente, también es básico realizar un proceso de análisis de calidad para detectar y corregir/extraer valores aberrantes que pueden conducir, por ejemplo, a errores en la posterior fase de análisis de homogeneidad. Por su parte, el proceso de homogeneización contiene dos niveles: primero la detección de las inhomogeneidades y segundo el ajuste de las series para extraer esa inhomogeneidad.

Respondiendo al compromiso adquirido con el *Observatorio Pirenaico del Cambio Climático* (OPCC), en este artículo se describe la metodología para la

construcción de una nueva base de datos mensuales de temperatura (valor medio de las mínimas y de las máximas) y de precipitación acumulada para el área del Pirineo. La base de datos cubre el período temporal 1950-2010, e incluye, por primera vez, series climáticas de ambas vertientes analizadas con una metodología común. Se hace hincapié en el proceso de control de calidad de los datos y, en especial, en el análisis de la homogeneidad y la posterior generación de las series de temperatura y precipitación.

2. La zona de estudio

Los Pirineos son un macizo montañoso situado en el extremo suroccidental del continente europeo, entre la península Ibérica y la Europa continental. Sus 415 km, que van desde el mar Mediterráneo (Cap de Creus), al este, hasta el océano Atlántico al oeste, descubren un territorio de montañas con picos de más de 3.000 metros como el Aneto (3.404 m), el Posets (3.375 m), el Monte Perdido (3.355 m), el Viñamala (3.298 m) y la pica d'Estats (3.143 m), pequeños glaciares, lagos y un gran número de valles y cañones con una fauna y una flora extraordinarias. El macizo pirenaico es, en su mayor parte, una zona de alta y media montaña de relieve accidentado. Este espacio geográfico presenta una diversidad climática que se extiende desde el clima oceánico hasta el clima mediterráneo, pasando por zonas con clima de tendencia más continental. Estas características determinan el conjunto de los ecosistemas, así como los tipos de producción o la organización de la agricultura. En los Pirineos, se distinguen cinco grandes regiones climáticas: (1) la montaña navarro/bearnesa de clima oceánico, (2) la media montaña de vertiente norte de clima suboceánico, (3) la media montaña de vertiente sur de clima subcontinental con tendencia mediterránea, (4)

la alta-montaña central franco-ibérica de clima suboceánico frío y (5) los Pirineos-Orientales franco-catalanes de clima mediterráneo con tendencia subcontinental. Este auténtico mosaico climático y su singularidad geográfica confieren a la región pirenaica un elevado interés ecológico y medioambiental para valorar la significación e intensidad del cambio climático de origen antrópico.

3. Disponibilidad de los datos y metadatos

3.1. Origen de los datos

Para poder calificar correctamente la climatología del Pirineo y la generación de una base de datos fiable y representativa, ha sido necesaria la consulta de diversos bancos de datos nacionales, para extraer aquellas series más útiles y de calidad tanto de temperatura como de precipitación. Así, para el ámbito septentrional del Pirineo, *Météo France*, el organismo competente en materia meteorológica en Francia, ha proporcionado las series de los diferentes departamentos limítrofes con la cordillera pirenaica. Para Andorra, el *Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra* del *Institut d'Estudis Andorrans* (CENMA - IEA) ha ofrecido las series climáticas de FEDA (*Forces Elèctriques d'Andorra*), revisadas en profundidad por parte del CENMA. Para Catalunya, el *Servei Meteorològic de Catalunya* (SMC) ha proporcionado las series localizadas en territorio catalán, mientras que la *Agencia Estatal de Meteorología* (AEMET) ha sido el organismo que ha cedido los datos para el resto del sector meridional del Pirineo.

Para los objetivos planteados en el OPCC, se seleccionó el período de estudio 1950-2010 y, por ello, se seleccionaron aquellas series de temperatura y de precipitación con esa cobertura, o que al menos,

cubrieran ese período en un 75%. En aquellos casos en los que ha sido necesario utilizar datos procedentes de dos o más puntos de observación para obtener una serie completa, se ha seguido el criterio propuesto por *Météo France*:

a) Para las series de temperatura:

- la distancia entre los puntos de observación debe ser inferior a 20 km;
- el cambio de altura debe ser inferior a 50 m;
- preferiblemente, se deben considerar un máximo de tres series individuales para confeccionar una única serie final.

b) Para las series de precipitación:

- la distancia entre los puntos de observación debe ser inferior a 10 km;
- el cambio de altura debe ser (en general) inferior a 25 m;
- deben tener la misma exposición (vertiente).

Una vez realizada esta aproximación, las series más completas (datos en más del 80% del período de estudio) y con datos hasta 2010 se calificaron como principales (por su presumible continuidad futura), mientras que el resto se calificaron de secundarias o de apoyo en el proceso de control de calidad y en el de homogeneidad posterior. En conjunto, se han identificado un total de 66 series de temperatura máxima y mínima (57 principales y 9 secundarias), y 139 series de precipitación (115 principales y 24 secundarias). Las figuras 1 y 2 muestran, respectivamente, la distribución de las series de temperatura y de precipitación, mientras que la figura 3 muestra la disponibilidad de datos de temperatura y de precipitación para el conjunto del área de estudio y para cada año.

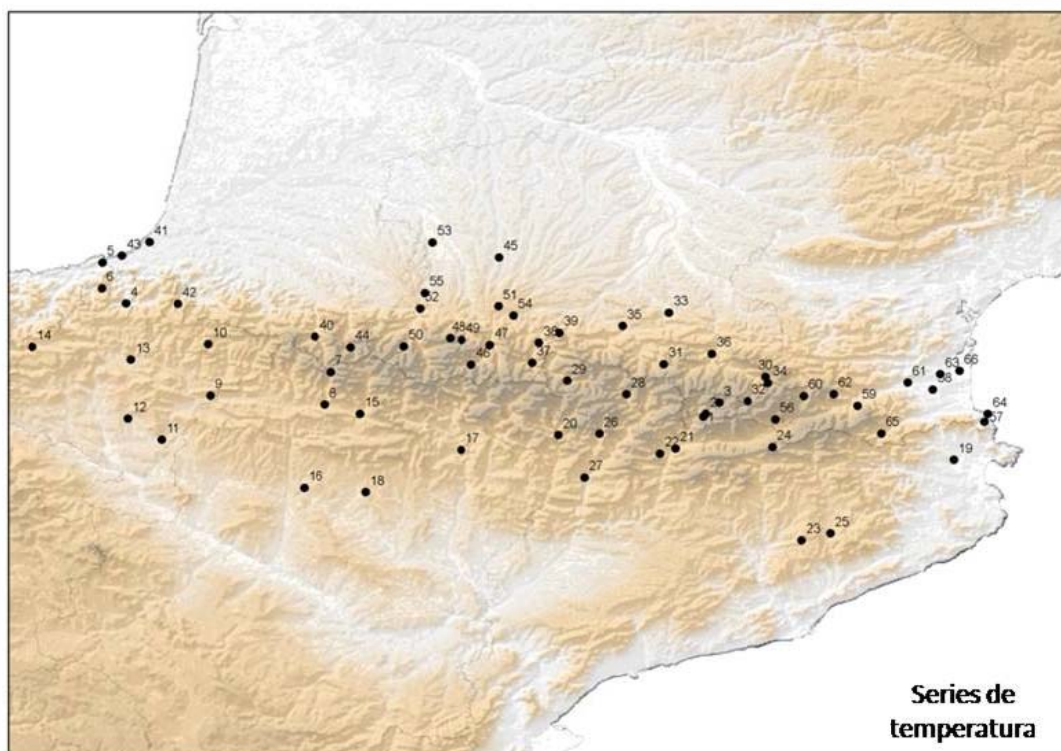


Figura 1. Distribución espacial de las series de temperatura utilizadas en el presente estudio (Apéndice 1 para más información).

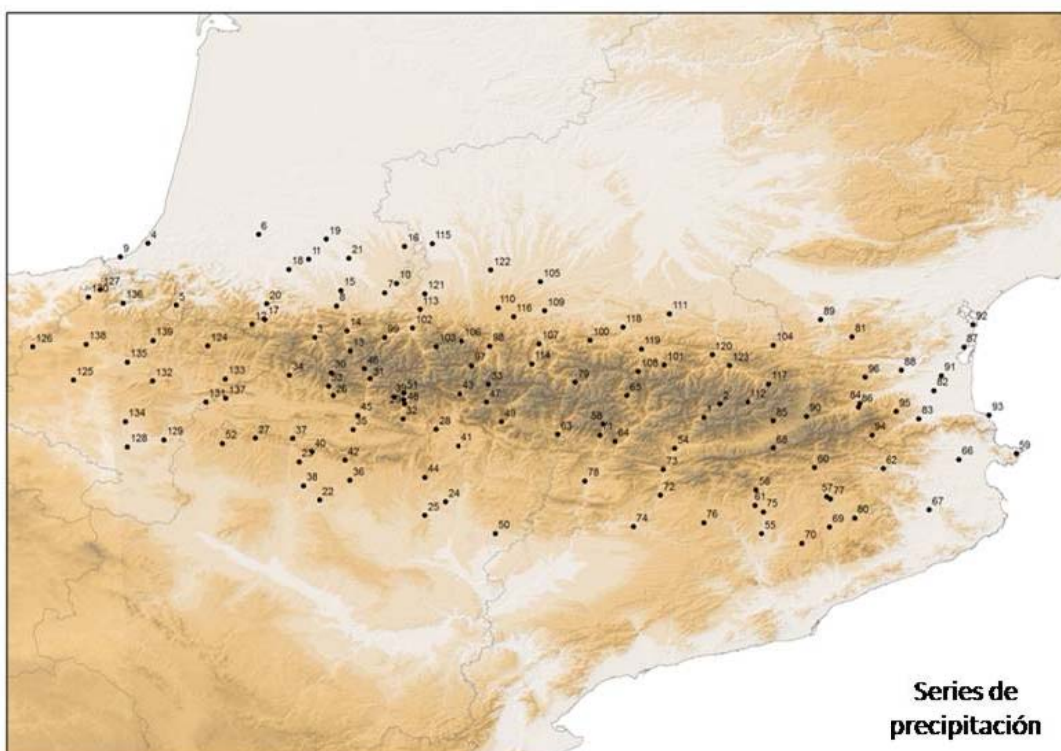


Figura 2. Distribución espacial de las series de precipitación utilizadas en el presente estudio (Apéndice 2 para más información).

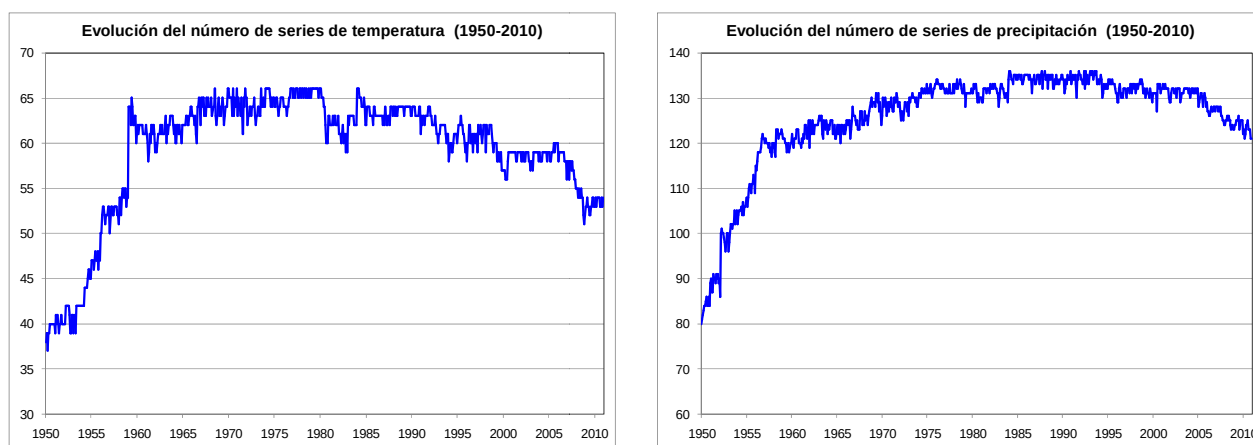


Figura 3. Cronograma del número de series de temperatura máxima y mínima media mensual (izquierda) y de precipitación acumulada mensual (derecha) disponible en la red del OPCC.

3.2. Disponibilidad de metadatos

Los metadatos, es decir, toda aquella información relativa a cómo se ha obtenido el propio dato, son de gran importancia en el momento de documentar influencias extra-climáticas que pueden afectar a la medida, en este caso, de la temperatura o de la precipitación. Esto incluye tanto aquellos cambios que puedan afectar a un solo punto de observación (cambio de emplazamiento, cambio de instrumental, cambio de exposición o del entorno...), como aquéllos que afectan a toda o parte de una red (tales como cambios en las horas de observación o la automatización de estaciones manuales).

La obtención de esta información es, a menudo, más difícil que la obtención del propio dato, por lo que resulta imposible, en muchos casos, tener documentada esta información. Recientemente, Météo France, CENMA y SMC han iniciado sendos proyectos para rescatar los metadatos de cada una de las estaciones de sus respectivas redes, por lo que en algunas de las series es posible discernir su historial. Principalmente, se han podido documentar cambios de localización del punto de observación, cambios de instrumentación, cambios de garita o abrigo meteorológico (para la temperatura) y, más recientemente, automatización de estaciones convencionales.

4. La metodología de análisis: HOMER

La acción COST ES0601 HOME (*Advances in homogenisation methods of climate series: an integrated approach*) tenía como objetivo principal determinar una metodología estándar para el análisis de homogeneidad de bases de datos ambientales y climáticos. Durante el desarrollo del proyecto, participaron activamente en él diversos miembros del presente estudio, tales como Météo France, CENMA, SMC y Aemet. Fruto de la acción, en 2011 se generó el método HOMER para la homogeneización de series mensuales y anuales de temperatura y precipitación.

HOMER incluye las mejores prestaciones de otros métodos ya existentes, tales como PRODIGE (Caussinus y Mestre, 2004), ACMANT (Domonkos, 2011) y *cghseg*, un método de segmentación conjunta desarrollada inicialmente por bioestadísticos en el campo de la segmentación del ADN (Picard *et al.*, 2011). Los resultados de diversos experimentos a ciegas realizados durante la acción COST, validaron estas aproximaciones, ya que PRODIGE y ACMANT resultaron estar entre los mejores métodos para homogeneizar series climáticas a resolución anual y mensual (Venema *et al.* 2012). HOMER es un método interactivo y semiautomático, ya que durante su aplicación el usuario puede escoger entre la salida

totalmente automática que le ofrece el resultado surgido de *cghseg* (detección) y la técnica de comparación por parejas, en parte subjetiva, que le ofrece la adaptación del método PRODIGE. Al mismo tiempo, se incluye algunas innovaciones adaptadas de ACMANT, y se incorporan diferentes técnicas de análisis de calidad de las series procedentes de otra metodología: CLIMATOL (Guijarro, 2011). Finalmente, también agrega la metodología UBRIS para la caracterización de posibles tendencias en la temperatura atribuibles al efecto de la urbanización. En Mestre *et al.* (2013), se detallan más aspectos sobre el uso y características técnicas de HOMER, y en los siguientes capítulos se irán ampliando otros aspectos del método.

5. Control de calidad de las series

El control de calidad de los datos es un aspecto crucial en cualquier base de datos climática. Los errores en una observación meteorológica pueden proceder de un amplio abanico de motivos, de los cuáles los más comunes son fallos instrumentales, errores del propio observador, errores en la transcripción de los datos o en la posterior digitalización. En este punto debe distinguirse entre errores puntuales, de corto alcance

temporal (días o alguna semana) y errores de amplia influencia y que persisten en el tiempo (inhomogeneidades).

En este estudio, al tratar series mensuales y anuales de temperatura y de precipitación, los posibles errores se han analizado a partir de una inspección visual de los datos que ofrece el programa HOMER. Mediante la contextualización de cada dato mensual de una serie con sus series vecinas y climáticamente próximas, pueden detectarse valores anómalos o fuera de rango climático (conocidos como *outliers*). La figura 4 es un ejemplo de este análisis, en la que se puede identificar, al menos, tres valores claramente erróneos para la serie de temperatura mínima de Molinos, en el Pirineo catalán. Por lo general, se han revisado todos aquellos valores mensuales con una diferencia evidente respecto al promedio de las series vecinas (por ejemplo, valores mensuales de temperatura con una diferencia superior/inferior a 3°C respecto al valor promedio en ese mismo mes). Una vez detectados estos valores erróneos, y siempre que ha sido posible, se han consultado las fuentes originales para confirmar el error y sustituirlo por los valores correctos. Si no ha sido posible, el valor se ha reemplazado por “no dato”.

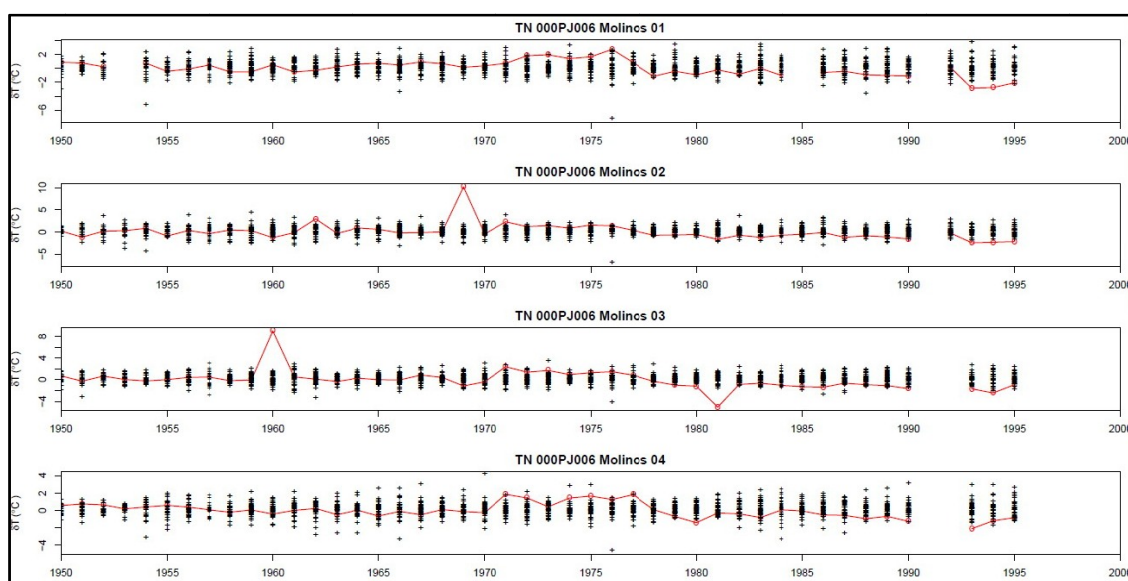


Figura 4. Salida gráfica del control de calidad aplicado a la serie de temperatura mínima media mensual de Molinos (Cataluña) en la que se aprecian tres valores fuera de rango: febrero de 1969, marzo de 1960 y marzo de 1981.

6. Análisis de homogeneidad

El trabajo del análisis de homogeneidad consiste en una sucesión de ciclos: un ciclo de detección, seguido de un ciclo de corrección o de ajuste, al que le sigue un nuevo ciclo de detección y corrección. Seguidamente, se muestran los criterios utilizados para la realización de este proceso.

6.1. Detección de los puntos de discontinuidad

La detección de inhomogeneidades en series mensuales y anuales de temperatura y de precipitación es un problema ampliamente explorado en la literatura. Compendios en este aspecto han sido publicados, entre otros, por Peterson *et al.* (1998), Reeves *et al.* (2007) y, más recientemente, por Toreti *et al.* (2012).

En este estudio, se ha realizado una aproximación estadística para la detección de discontinuidades en las series mensuales de temperatura y de precipitación, con el apoyo de los metadatos disponibles, e identificar de manera más fiable la naturaleza de la discontinuidad. Tal y como se ha indicado, para este análisis se ha utilizado la metodología HOMER.

En todas las metodologías que intentan detectar los puntos de discontinuidad/ruptura, el principal reto es determinar si ese punto lo es realmente y no es fruto del azar o de un artificio estadístico. El método HOMER se basa en el modelo descrito por Caussinus y Mestre (2004) que asume que cada uno de los valores de las series que forman el conjunto a homogeneizar puede ser descompuesto en un efecto climático, común a todas ellas, y un efecto de estación, constante en caso de serie homogénea, variable en el tiempo en caso de ser inhomogénea. La aproximación inicial, llamada PRODIGE, comparaba las series de forma emparejada (*pairwise*) con el fin de detectar el número y posición de los puntos de cambio (Caussinus y Lyazrhi, 1997). HOMER añade, gracias a la incorporación del algoritmo *cghseg* descrito por Picard *et al.* (2011), la posibilidad de realizar la detección simultánea en el conjunto de series y de manera automática. Ambas técnicas se superponen y se ayudan, para el caso de la temperatura, del método de

detección bivariada ACMANT (Domonkos, 2011). La metodología de detección se determina sobre las series de valores anuales y estacionales, ya que los posibles cambios artificiales son mayormente detectables a estas resoluciones temporales. A pesar de la relativa novedad de la metodología, ya está siendo utilizada por diferentes centros de investigación climática como Météo France, SMC y CENMA, e incluso ya ha generado algún artículo y trabajo en el mismo sector pirenaico (Esteban *et al.* 2012).

A pesar del avance que supone el uso de HOMER, en cuanto a la sistematización y automatización del proceso de análisis de homogeneidad, existen todavía decisiones que deben ser definidas previamente, y que pueden afectar al resultado final.

- a) En esta fase del análisis (detección de puntos de ruptura), se seleccionaron la totalidad de las series en cada subconjunto, es decir de ambas vertientes, para incluir series procedentes de estaciones meteorológicas gestionadas por diferentes organismos y evitar problemas de detección en casos de cambios masivos y coetáneos en parte o la totalidad de una misma red (Kuglitsch *et al.* 2012).
- b) Para la red seleccionada, y debido al elevado número de series, se dividió en dos grandes conjuntos, el occidental y el oriental, y con la incorporación de diversas series de solape en ambos grupos.
- c) Para determinar un punto de ruptura como válido, se consideraron como ciertos aquellos concentrados alrededor de un mismo año y en un mínimo de tres series vecinas pertenecientes a la misma subred (Kuglitsch *et al.*, 2009), y todo ello contrastado con el metadato disponible.

La naturaleza semiautomática de HOMER permite cotejar los resultados que ofrece la salida subjetiva de la aproximación PRODIGE, con los de la detección conjunta que produce *cghseg*.

La figura 5 muestra la salida gráfica de la comparación por parejas en la serie de temperatura máxima de

Bagnères-de-Luchon (se ofrecen sólo las seis primeras series de la comparativa). A simple vista es posible detectar un mínimo de dos cambios en 1964, 1977 y probablemente uno o dos más alrededor de 1995.

Posteriormente, al ejecutar la detección conjunta *cghseg* (función *multiseg*) que tiene en cuenta la serie anual y la estacional, identifica automáticamente los puntos de 1977 y 1997, y vislumbra otros tres en 1964, 1990 y 1993 (figura 6). Existe también una buena correspondencia en la magnitud de la amplitud del cambio, puesto que ambas aproximaciones los sitúan a un mismo nivel.

Una vez definido el primer listado de puntos de ruptura, se procede a la corrección o ajuste de las series, generándose la primera versión de series homogeneizadas. Con esta primera versión, ya puede ejecutarse la fase de detección mediante la

aproximación ACMANT (sólo se ha aplicado para la temperatura). A diferencia de PRODIGE, ACMANT es un proceso totalmente automático y requiere para su funcionamiento de series prehomogeneizadas (series de referencia). Asimismo, ACMANT es capaz de encontrar cambios con un fuerte comportamiento estacional en series de temperatura, es decir, aquellos casos en los que debido a cambios en las condiciones de observación, especialmente asociadas a la exposición de los instrumentos o a la tipología de los abrigos, pueden existir respuestas de signo opuesto en función de la época del año: signo positivo en verano, y negativo en invierno. Adicionalmente, ACMANT permite detectar el punto de cambio a una resolución mensual, si no se dispone de metadato. La figura 7 muestra la identificación de dos puntos de cambio por ACMANT que coinciden con los ya detectados previamente por PRODIGE y *cghseg*: 1977 y 1990.

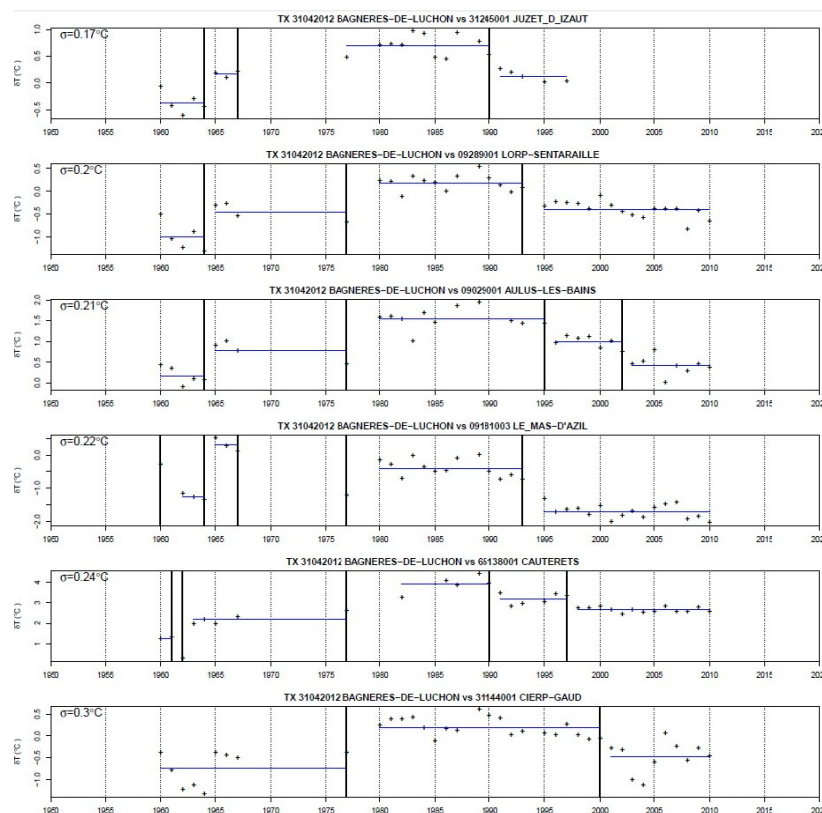


Figura 5. Salida gráfica de HOMER durante la fase de comparación por parejas para la serie de temperatura máxima media anual de Bagnères-de-Luchon. La comparativa por parejas se ordena de arriba a abajo en función de los valores de la desviación estándar del ruido o Amplitud Mínima Detectable (AMD). Cuanto más bajo es el valor, mayor será la capacidad de detección de puntos de ruptura.

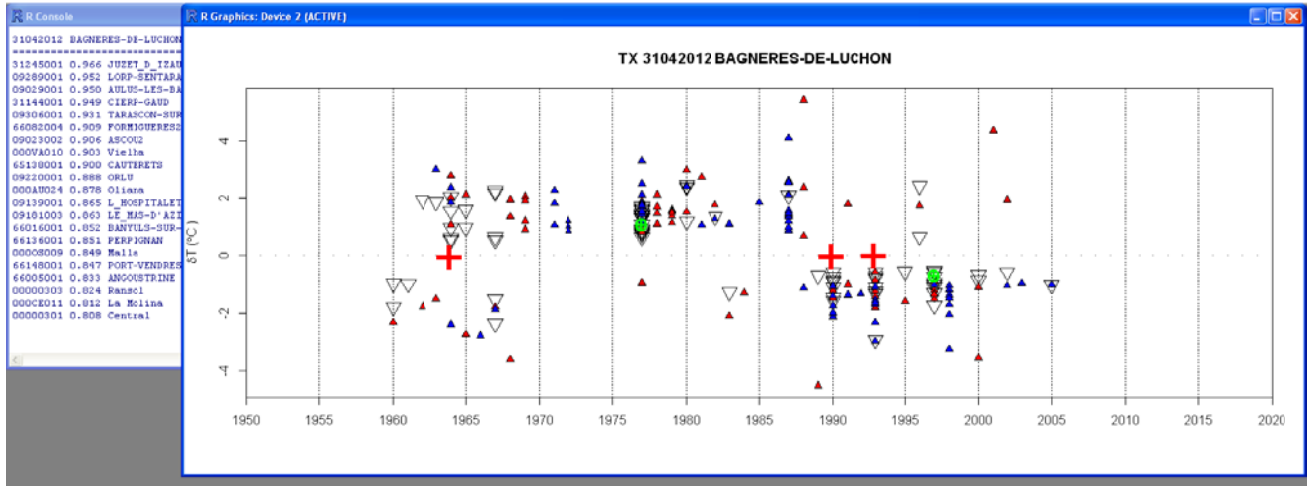


Figura 6. Captura de HOMER durante la fase de detección conjunta: serie de temperatura máxima media anual y estacional de Bagnères-de-Luchon. El eje "x" indica la fecha y el eje "y" la amplitud de los puntos de ruptura detectados en la totalidad de comparativas por parejas de la red (listado de la izquierda): comparativas anuales (triángulos en negro), comparativas invernales (azul) y estivales (rojo). Los resultados de la detección conjunta automática se indican con el símbolo $\oplus$, mientras que las cruces rojas son los puntos de ruptura atribuidos inicialmente por el usuario.

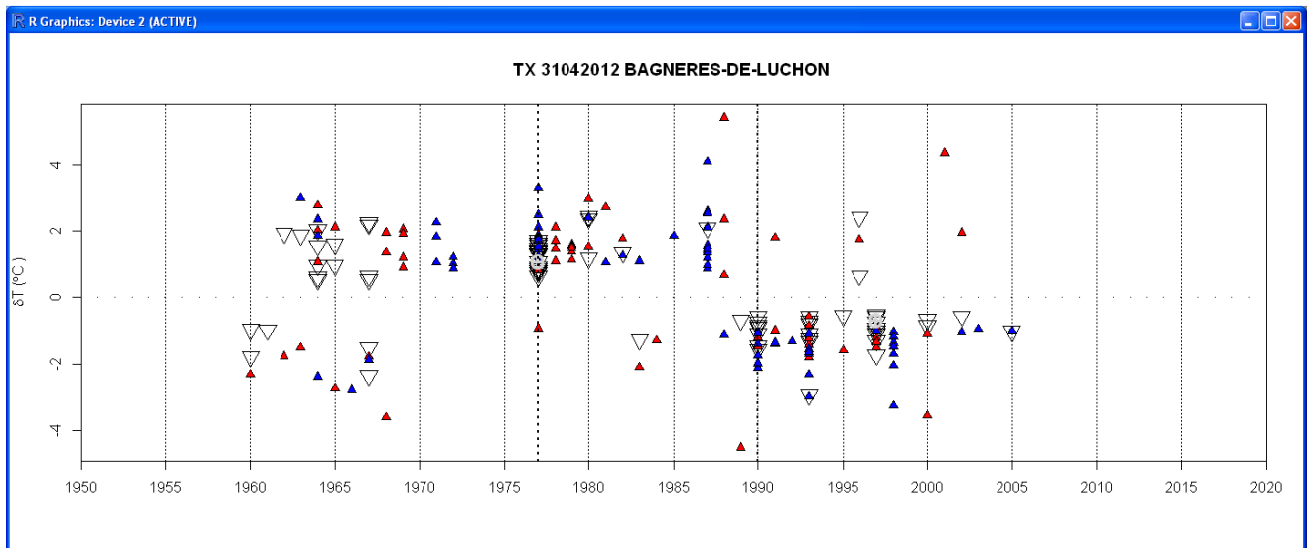


Figura 7. Captura de HOMER durante la fase de detección automática de ACMANT: serie de temperatura máxima media anual y estacional de Bagnères-de-Luchon. Se identifican dos puntos de ruptura en 1977 y 1990 (líneas discontinuas verticales), que ya habían sido identificados por las aproximaciones PRODIGE y cghseg.

Finalmente, una vez corregidas las series, es necesario repetir el proceso de detección, para discriminar posibles puntos de ruptura que no se habían considerado en la primera fase o descartar aquéllos que se habían seleccionado erróneamente. Esta fase utiliza la misma muestra de series de referencia que en la primera etapa.

6.2. Ajuste de las series

Una vez identificados los puntos potenciales de ruptura para cada serie, se procedió al ajuste de las mismas. El ajuste de series mensuales de temperatura y de precipitación se realiza mediante un modelo ANOVA de dos factores. La técnica ANOVA consiste en un análisis de la varianza y se utiliza cuando se quieren contrastar más de dos medias. La inclusión del modelo ANOVA para la corrección de las series no homogéneas mejora significativamente los resultados de otros métodos, entre ellos el Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) (Domokos 2013). La aproximación ANOVA permite también la restitución de meses o años sin datos. Al igual que en la fase de detección, en esta fase debemos decidir algunos aspectos previos antes de realizar la corrección de las series:

- Definición de la red de series de contorno para el ajuste de cada una de las series, mediante el criterio de la correlación. Así, para series de temperatura máxima (Tx) se sugiere el umbral mínimo de 0.8 y para un mínimo de 6 series que cumplan ese criterio, mientras que para la temperatura mínima (Tn) se fija el umbral en 0.75. Para series de precipitación se sugiere el mismo criterio que para Tx, umbral mínimo de 0.8 y 6 series que cumplan ese criterio. En aquellos casos en los que no exista ninguna serie vecina que cumpla el criterio de correlación, se descartará.
- Para las series de temperatura, el criterio de ajuste será el aditivo, mientras que para las series de precipitación se considera el criterio del cociente (ratio).

A manera de resumen, la figura 8 muestra el esquema de trabajo abordado, indicando las diferentes fases de detección y ajuste.

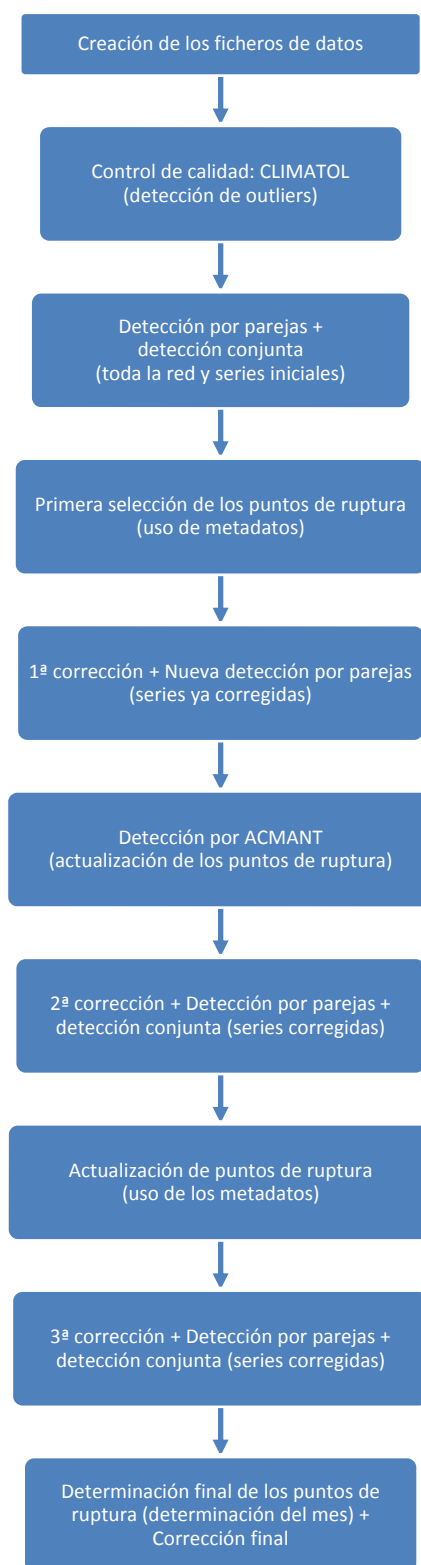


Figura 8. Proceso de evaluación del control de calidad y análisis de homogeneidad definido por HOMER

7. Resultados y discusión

La generación de una base de datos mensuales de calidad de temperatura y de precipitación para el conjunto de la cordillera pirenaica y cubriendo un amplio período (1950-2010), topa con diversas dificultades:

- complejidad geográfica y climática: la situación latitudinal de la cordillera (a caballo entre el cinturón de altas subtropicales y el de bajas polares), la presencia en sus extremos de un gran océano y de un mar cerrado, y un relieve pronunciado y compartimentado, exige de una gran densidad de puntos de observación para obtener una buena representatividad de la complejidad climática.
- baja densidad de estaciones meteorológicas, con problemas de continuidad: debido a diferentes causas, básicamente socioeconómicas, la densidad de población es relativamente baja. Ello repercute en una red de observatorios insuficiente, especialmente para la variable temperatura. Este problema se ha incrementado en las últimas décadas por la automatización o abandono de actividades económicas que generaban este tipo de recurso, como por ejemplo la automatización de centrales hidroeléctricas.
- escaso número de estaciones en altura: existen pocos puntos de observación a alturas superiores a 1500 m con suficiente cobertura temporal, dominando aquéllos ubicados en los valles (tabla 1 y 2). Este aspecto limita el conocimiento de la dinámica climática en cotas altas, más vulnerables.
- conocimiento limitado del metadato: la identificación y recopilación de los metadatos ha sido siempre un tema de escaso interés para los organismos gestores de las redes de observación, considerándose un aspecto ligado al mantenimiento interno y menospreciando su elevado interés para el estudio posterior del clima. A pesar de los esfuerzos realizados en los últimos años por Météo France, CENMA y SMC, existen todavía numerosas lagunas en las bases de datos climáticas, especialmente en aquellas estaciones localizadas en la vertiente sur.

Altura (m)	Número de series
< 200 m	13
De 201 a 500 m	16
De 501 a 750 m	13
De 751 a 1000 m	10
De 1001 a 1500 m	10
De 1501 a 2000 m	3
> 2000 m	1

Tabla 1. Distribución de las series de temperatura analizadas por su localización altitudinal.

Altura (m)	Número de series
< 200 m	19
De 201 a 500 m	44
De 501 a 750 m	34
De 751 a 1000 m	21
De 1001 a 1500 m	18
De 1501 a 2000 m	3
> 2000 m	0

Tabla 2. Distribución de las series de precipitación analizadas por su localización altitudinal.

Todos estos aspectos tienen su impacto en el proceso de análisis de homogeneidad, tanto para la bondad en la identificación de los puntos de ruptura, como en su posterior ajuste.

7.1. Puntos de ruptura identificados

El método HOMER se ha aplicado a un conjunto de 66 series de temperatura máxima y mínima media mensual para el ámbito pirenaico, así como a 139 series de precipitación acumulada mensual. Las características geográficas del entorno (compleja orografía, proximidad/lejanía al Atlántico o al Mediterráneo, la exposición,...) condicionan en buena manera la capacidad del método para analizar correctamente la homogeneidad de las series y, eventualmente, su ajuste. Por otro lado, de las 66 series de temperatura, únicamente 39 cubren totalmente el período a analizar (1950-2010), mientras que para la precipitación cubren todo el período 77 series de las 139 analizadas.

A continuación se comentan los resultados obtenidos para cada una de las variables analizadas.

7.1.1. Temperatura máxima y mínima

Para las 66 series de temperatura máxima, se han identificado un promedio de 2.2 puntos de ruptura por serie. En un 9% de las series no se ha detectado ningún punto de ruptura, en un 27% de ellas se apreció un único punto, en un 47% de los casos se detectaron 2 o 3 rupturas, en un 14% se revelaron 4 puntos de ruptura, mientras que en sólo un 3% se detectaron más de 5 puntos de ruptura.

La misma aproximación para las series de temperatura mínima indica una mayor frecuencia de puntos de ruptura/serie: 2.8. La distribución es ligeramente diferente a las máximas; por ejemplo, se obtiene una menor presencia de series intactas, sin puntos de ruptura (1.5%). En cambio, las series con 2 o 3 puntos de ruptura representan el 64% del total, mientras que las series con 5 o más puntos de ruptura suman el 8% del total (ambos porcentajes superiores a los obtenidos para la temperatura máxima).

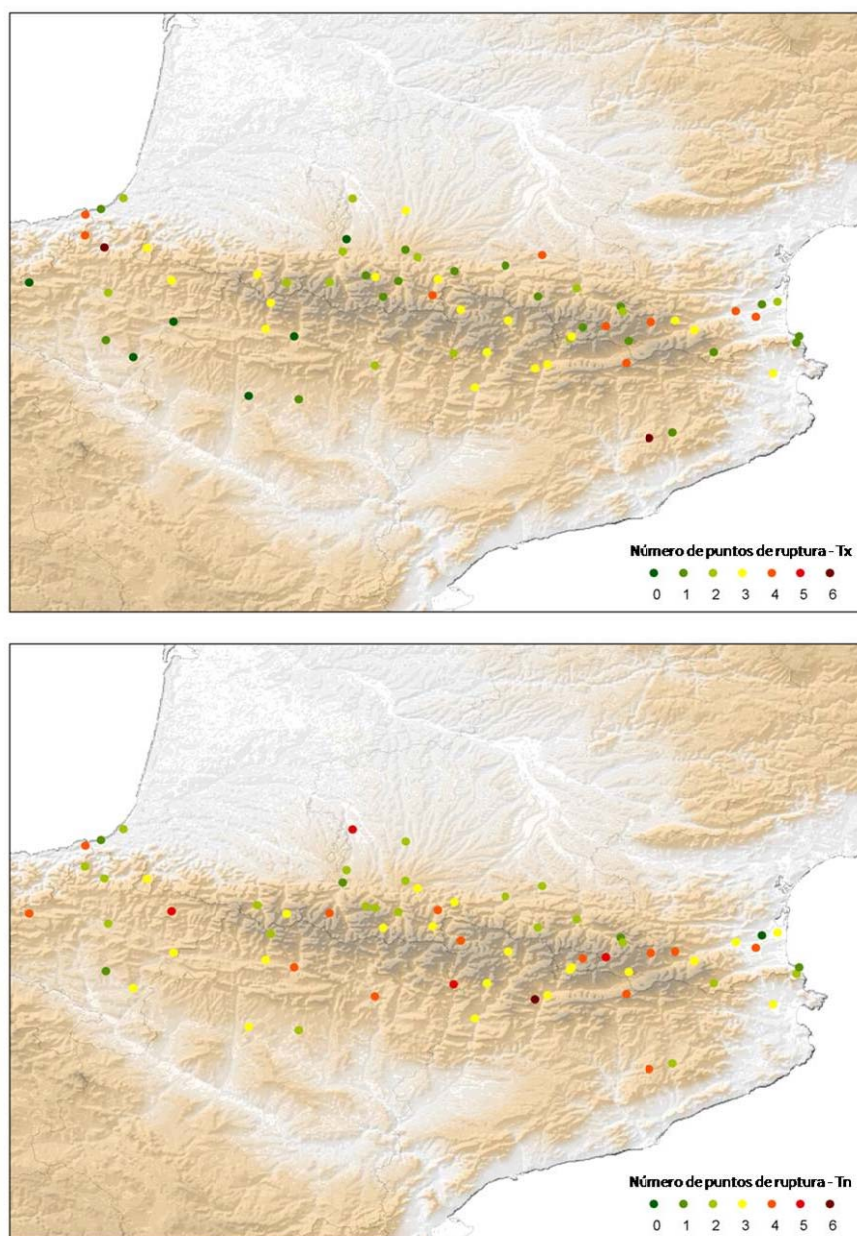


Figura 9. Número de puntos de ruptura por serie de temperatura máxima (mapa superior) y mínima (mapa inferior)

La figura 9 muestra la distribución territorial de los puntos de ruptura para cada una de las series. No se identifica una configuración geográfica definida, y la distribución es aparentemente aleatoria. Sí que es posible distinguir un leve aumento en el número de los puntos de ruptura por serie, para la temperatura mínima, más evidente en las series localizadas en el tramo central del Macizo. Cabe indicar que la menor cobertura temporal de algunas series durante la primera década (1950-1959), especialmente aquéllas localizadas en el sector nororiental del dominio, puede haber afectado la capacidad de detección de los puntos de ruptura en esta fase del estudio.

Tal y como se indicó previamente, la existencia de un punto de ruptura en una serie y momento dado debería, de manera ideal, venir corroborado por el metadato. Desafortunadamente, sólo un escaso porcentaje de los puntos de discontinuidad cumplen esta premisa: un 23% para las series de temperatura máxima y un 17% para las de temperatura mínima.

Para determinar la capacidad que tiene el método HOMER para detectar la presencia o no de un punto de ruptura, se utiliza la Amplitud Mínima Detectable (AMD). Este valor indica la capacidad del método para detectar puntos de ruptura (cuanto más bajo es el valor, mayor es la capacidad de detección), y su interpretación es la siguiente.

La varianza total de una serie temporal como la de la figura 10 se puede descomponer en tres partes: la varianza externa, la varianza interna y el error de la media total (Lindau y Venema, 2013), y se puede expresar como:

$$\underbrace{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x})^2}_{\text{Varianza total}} = \underbrace{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N n_i \cdot (\bar{x}_i - \bar{x})^2}_{\text{Varianza externa}} + \underbrace{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}_{\text{Varianza interna}} + \underbrace{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x})^2}_{\text{Error de la media total}}$$

donde n es la longitud de la serie, N es el número de tramos de la serie, n_i es la longitud de cada tramo, x_{ij} es un valor de la serie temporal (i indica el tramo y j es el orden temporal dentro del respectivo tramo), $\bar{x}$ es el promedio global de la serie y $\bar{x}_i$ es el promedio del tramo i -ésimo.

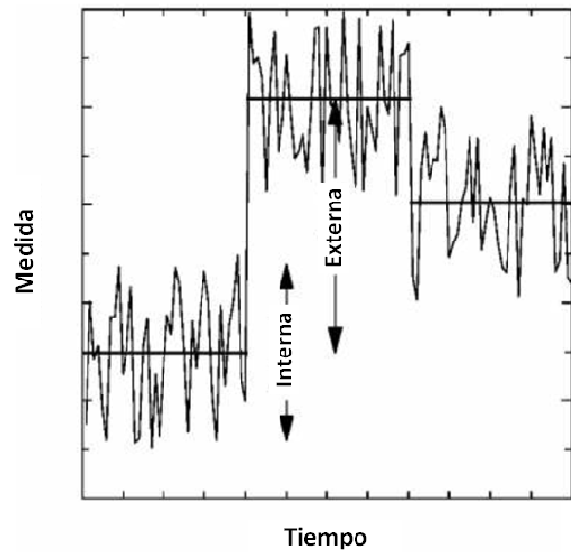


Figura 10. Ejemplo de serie temporal con dos puntos de ruptura, representando la varianza interna y la varianza externa (Lindau y Venema, 2013).

Pues bien, siguiendo los nombres propuestos por Lindau y Venema para los distintos términos en los que se puede descomponer la varianza total de una serie temporal, el valor de AMD corresponde a la raíz cuadrada de la varianza interna de la serie temporal analizada.

El programa HOMER proporciona gráficos para cada una de las series a analizar, en las que se indica el valor de AMD para las series de contorno (con mayor correlación). Según estudios previos realizados por Météo France, y para las series de temperatura, un valor de AMD igual o inferior a 0.25, en un mínimo de tres series de contorno, indica una buena capacidad de corrección de la series. La figura 11 muestra el ejemplo para la serie de Bagnères-de-Luchon.

El valor promedio de la AMD para el conjunto de las 66 series de temperatura máxima es de 0.28, siendo los

valores extremos 0.45 y 0.16. Para las 66 series de temperatura mínima, el valor promedio de la AMD es de 0.29, siendo los valores extremos 0.48 y 0.17. La distribución territorial de los valores de la AMD se

muestra en la figura 12, y la discusión sobre esta distribución se realiza en el apartado 7.3., cuando se comenta la calidad final de las series homogeneizadas.

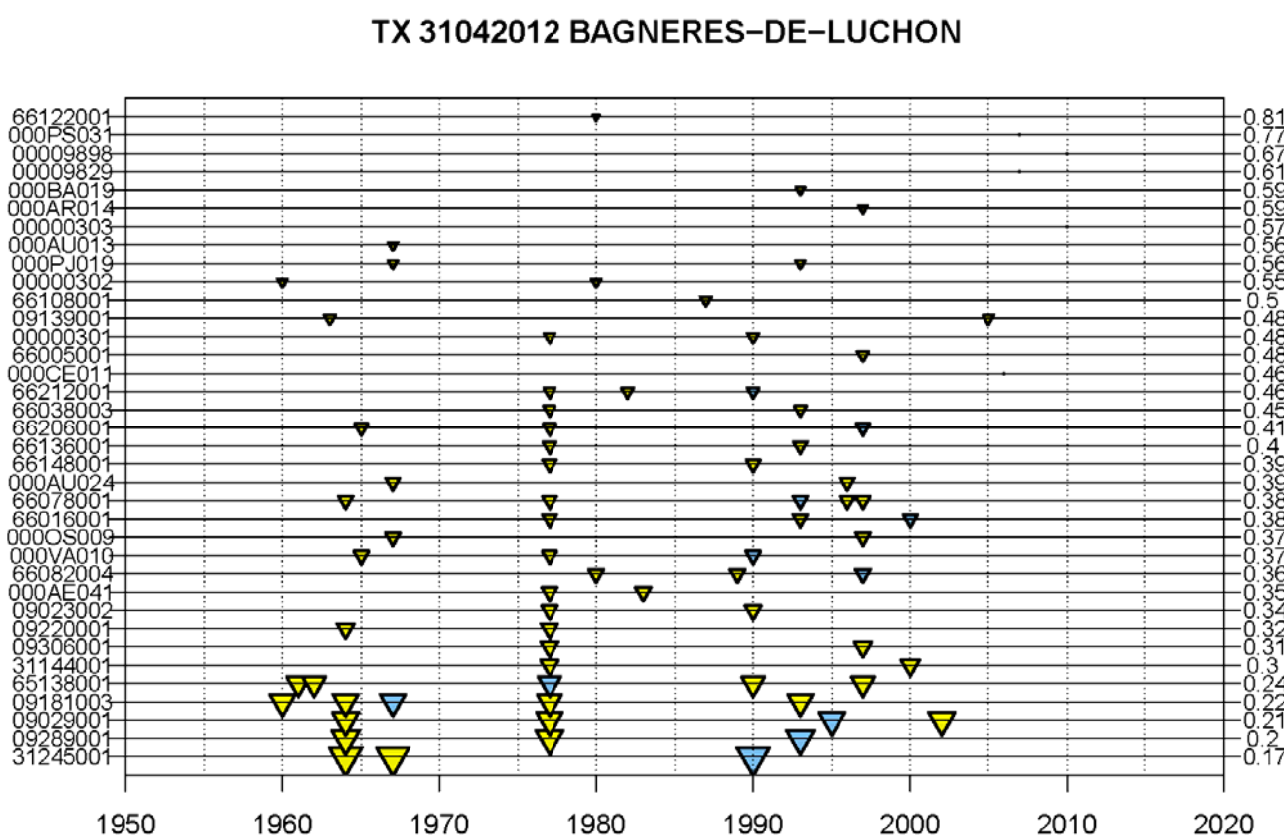


Figura 11. Gráfica de validación para la serie de temperatura máxima de Bagnères-de-Luchon (1959-2010), utilizada para la determinación de los puntos de ruptura. Los valores de AMD se muestran en el eje vertical derecho. Al existir un mínimo de tres series con un valor de $AMD < 0.25$, se considera que la serie tiene una buena calidad.

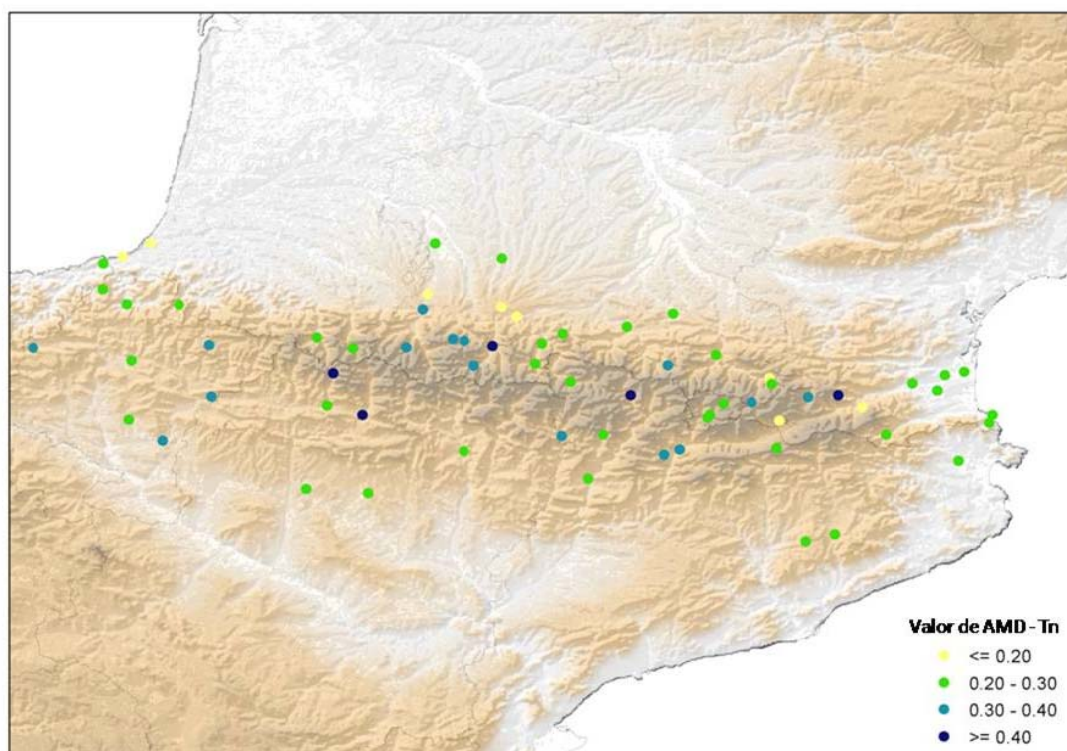
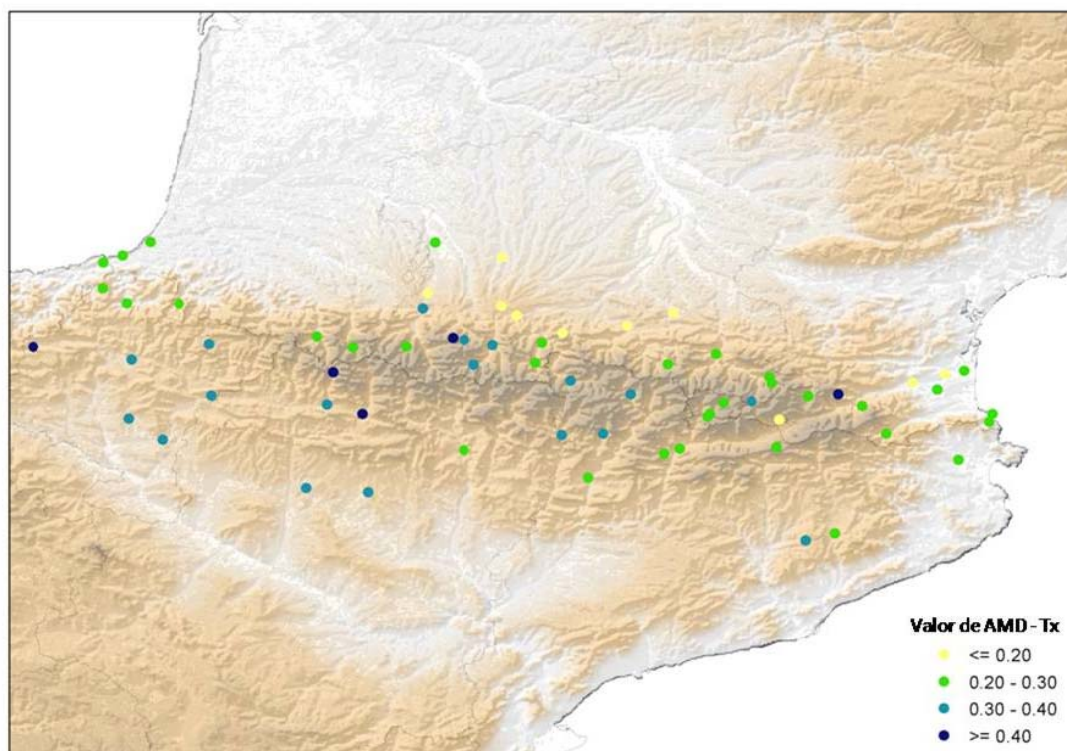


Figura 12. Distribución de los valores de AMD (Amplitud Mínima Detectable) para las series de temperatura máxima (mapa superior) y mínima (mapa inferior)

7.1.2. Precipitación

El número de puntos de ruptura detectados en las series de precipitación es muy inferior al de las series de temperatura. La mayor variabilidad espacial y temporal de esta variable en una zona de orografía compleja puede explicar este hecho, a pesar de tener una mayor densidad de puntos de observación de la precipitación.

De las 139 series de precipitación analizadas, sólo se ha detectado algún punto de ruptura en 24 series (un 17%). De éstas, en 20 series (un 14% del total) se ha detectado una única inhomogeneidad, mientras que en sólo 4 series (un 3%) se han identificado dos puntos de ruptura. La figura 13 muestra la misma información que la figura 9 pero para los puntos de ruptura de las series de precipitación, y se observa que la distribución de las series con puntos de ruptura es aparentemente aleatoria. Como en el caso de la temperatura, el menor número de series con datos durante los primeros años (1950-1959) del período analizado puede haber afectado la capacidad de detección de puntos de ruptura.

Si bien algunos puntos de ruptura han sido corroborados por los metadatos disponibles, también cabe destacar que hay información sobre cambios en la ubicación del punto de observación que no han sido detectados como inhomogeneidades en el proceso utilizado. Este es un punto a estudiar, para determinar si la existencia del metadato debe forzar o no la existencia de un punto de ruptura.

Finalmente, el análisis de la AMD de cada serie de precipitación con las series de su entorno más

correlacionadas con ella, permite valorar la capacidad de los métodos utilizados en HOMER para detectar rupturas y corregir las series. El criterio propuesto en el caso de la precipitación es considerar un valor de AMD igual o inferior a 0.14 (en escala logarítmica), en un mínimo de tres series de contorno, para indicar una buena capacidad de corrección de las series.

Se considera necesario explicar un poco más este criterio. La corrección de las inhomogeneidades detectadas en las series de precipitación se realiza a partir de un modelo multiplicativo (para las series de temperatura se utiliza un modelo aditivo), de manera que la comparación entre las series correlacionadas se realiza tomando el logaritmo del cociente de los valores de precipitación. Según lo indicado al hablar de las temperaturas (apartado 7.1.1.), la amplitud mínima detectable AMD indica la capacidad del método para detectar puntos de ruptura de una determinada amplitud (cuanto más bajo es el valor, mayor es la capacidad de detección), de manera que un valor umbral de AMD de 0.14 en escala logarítmica corresponde a una inhomogeneidad o punto de ruptura de una amplitud del 15% en términos del cociente de precipitaciones, umbral que se considera razonable para indicar una buena capacidad de corrección de las series.

El promedio de AMD para el conjunto de las 139 series de precipitación es de 0.11, siendo los valores extremos 0.26 y 0.06. La distribución territorial de estos valores de AMD se muestra en la figura 14, y como en el caso de la temperatura, en el apartado 7.3. se discutirá esta distribución.

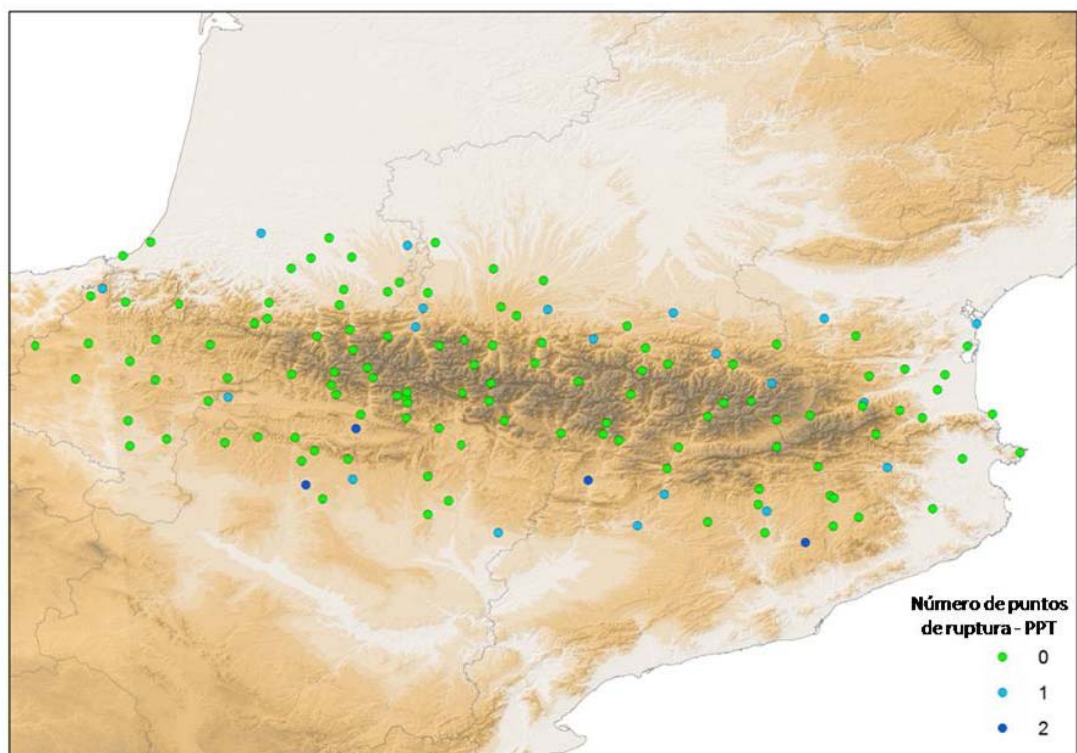


Figura 13. Número de puntos de ruptura por serie de precipitación.

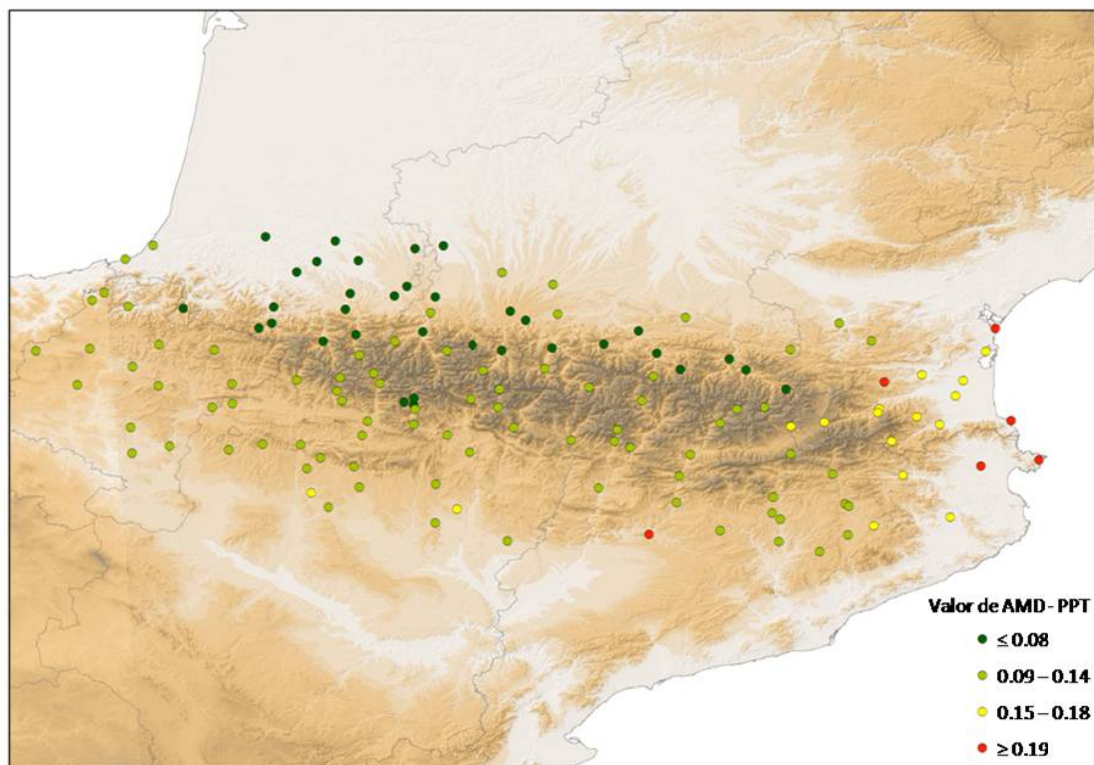


Figura 14. Distribución de los valores de AMD (Amplitud Mínima Detectable) para las series de precipitación.

7.2. Criterios para la definición de la calidad de las series homogeneizadas

En los apartados anteriores se ha definido un umbral del valor de la AMD como criterio objetivo para la calificación de la capacidad de detección de los puntos de ruptura en una serie temporal. Si juntamente a él se tienen en cuenta otros dos elementos, tales como el número de series de contorno con alta correlación y la magnitud de los saltos en cada uno de los puntos de ruptura identificados, se puede clasificar la calidad del ajuste aplicado a cada tramo de cada serie y, en consecuencia, la calidad final de la serie.

La tabla 3 muestra resumido el criterio de clasificación de las series homogeneizadas de temperatura en función de su calidad o fiabilidad, mientras que la tabla 4 muestra el criterio para las series homogeneizadas de precipitación. Un ejemplo de serie final de temperatura de muy buena calidad sería aquella que obtiene un valor de AMD inferior o igual a 0.2, que dispone de un mínimo de cuatro series de contorno con un coeficiente de correlación superior a 0.9 y en el que el ajuste (o salto) en la serie es inferior a 1.5°C. Por el contrario, una serie homogeneizada de

precipitación de calidad débil sería la que presenta un valor de AMD superior a 0.18, no dispone de un mínimo de seis series con un coeficiente de correlación superior a 0.8 y el salto o ajuste supera el valor de 0.20 (en escala logarítmica). Para aquellas series en las que no se ha identificado ningún punto de ruptura, se ha utilizado el valor de AMD y el coeficiente de correlación como criterios de calificación.

Es importante mencionar que el hecho de que la serie homogeneizada sea calificada de calidad débil no implica necesariamente que los datos originales sean de baja calidad, sino que puede indicar que durante el proceso de homogeneización se ha forzado mucho la serie original debido, probablemente, a la ausencia de series próximas con alta correlación (que permitiría una mejor detección de puntos de ruptura). Así, con una mayor densidad de series en la zona de estudio, especialmente para la temperatura, se podría mejorar la calidad de los ajustes. En cualquier caso, el uso de las series de calidad débil en estudios de evolución del clima no es recomendable, pues puede aportar mayor incertidumbre al resultado final.

Calificación de la calidad de la serie (Tx, Tn)	Valor de AMD (°C)	Coeficiente de correlación (en mínimo 4 series)	Valor del ajuste (°C)
Muy buena	≤ 0.20	> 0.90	≤ 1.5
Buena	0.21 - 0.25	> 0.80	≤ 1.5
Aceptable	0.26 - 0.30	> 0.80	≤ 1.5
Débil	> 0.30	< 0.80	> 1.5

Tabla 3. Criterios para la calificación de la calidad de las series de temperatura máxima y mínima.

Calificación de la calidad de la serie (PPT)	Valor de AMD	Coeficiente de correlación (en mínimo 6 series)	Valor del ajuste
Muy buena	≤ 0.08	> 0.90	≤ 0.20
Buena	0.09 - 0.14	> 0.80	≤ 0.20
Aceptable	0.15 - 0.18	> 0.80	≤ 0.20
Débil	> 0.18	< 0.80	> 0.20

Tabla 4. Criterios para la calificación de la calidad de las series de precipitación (los valores de AMD y del ajuste se proporcionan en escala logarítmica).

7.3. Conclusiones: calidad final de las series y propuesta para el proyecto OPCC

El análisis de calidad y homogeneidad aplicado a las series de temperatura y de precipitación de la región pirenaica ha permitido identificar un conjunto de series que permitirán obtener un buen conocimiento de la naturaleza de la variabilidad y el cambio climático reciente. En primer lugar, las diferentes instituciones involucradas en el proyecto determinaron aquellas series con una óptima cobertura temporal y completitud (período 1950-2010 y ausencia destacada de huecos) y con visos de continuidad en los próximos años. En segundo lugar, fruto de un análisis de calidad, se han identificado aquellos valores erróneos o sospechosos en las series mensuales de temperatura (máxima y mínima) y de precipitación acumulada, substituyéndolos por su valor real, cuando esto era posible, o por valores no conocidos. Finalmente, el proceso de análisis de homogeneidad ha permitido determinar los desajustes en las series, atribuibles a efectos no climáticos, y corregirlos mediante criterios de fiabilidad contrastada, así como rellenar los huecos de las series originales.

Fruto de todo ello, para las temperaturas máxima y mínima se han identificado 57 series con una cobertura temporal mínima de 1959 a 2010 (de éstas, la mayor parte cubren el período 1950-2010), más otras 9 de apoyo y con una cobertura menor. La figura 15 muestra la distribución geográfica de las 57 series (de temperatura máxima y mínima) y su calificación de calidad, una vez aplicado el proceso de identificación y ajuste propio del análisis de homogeneidad.

De las 57 series, un elevado porcentaje ofrecen una calidad aceptable o superior (tabla 5), y son válidas para su uso en estudios climáticos: el 63% para las temperaturas máximas y el 68% para las temperaturas mínimas. De ellas, se identifican un total de 9 series de elevada calidad para las temperaturas máximas y únicamente 6 para las temperaturas mínimas. Por regla general, existen más series de muy buena calidad en las series de temperatura máxima que en las de

temperatura mínima, debido a la menor dependencia con los condicionantes geográficos de la orografía propia de la región, y que exige un elevado número de series vecinas y con una elevada correlación. Además, la calidad de prácticamente un tercio de las series de temperatura es débil, y la frecuencia de las series con esta calidad aumenta con la altura (las series localizadas por debajo de los 500 metros tienen básicamente una calidad entre muy buena y aceptable). Es bien conocido que en regiones con una compleja orografía la bondad del ajuste disminuye debido a la ausencia de series bien correlacionadas (Kuglitsch *et al.* 2009).

En cuanto a distribución geográfica, las series localizadas en la vertiente norte obtienen calificativos de calidad superior (figura 15). De hecho todas las series de calidad muy buena se localizan en la vertiente norte, mientras que las series de calidad débil se localizan por lo general en el sector axial y el suroeste de la cordillera.

Finalmente, mencionar que 32 de las 57 series finales de temperatura tienen una calidad al menos aceptable tanto para las máximas como para las mínimas, de manera que se podrían utilizar para un análisis global de la temperatura. Por otro lado, entre aquellas series de calidad débil, existe una elevada coincidencia entre series de un mismo punto, es decir, cuando una serie es de calidad débil, lo es tanto para la temperatura máxima como para la temperatura mínima (14 series cumplen esta condición). Según lo comentado al final del apartado anterior, aunque este aspecto podría indicar errores sistemáticos en la toma de medidas (deficiente instrumentación, ubicación o calidad de las observaciones), también puede sugerir una revisión del proceso de creación de la serie completa (si se han utilizado varios puntos de observación para obtener esta serie completa) o del análisis de calidad y homogeneidad considerando, si es posible, una mayor densidad de series.

En cuanto a la precipitación, se han identificado 115 series con una cobertura temporal mínima de 1959 a 2010 (como en el caso de la temperatura, la mayor

parte cubren el período 1950-2010), más otras 24 de apoyo y con una cobertura menor. La figura 16 muestra la distribución geográfica de las 115 series de precipitación y su calificación de calidad tras el análisis de homogeneidad realizado. Observando esta figura y la distribución de la calidad de las series según la altitud del punto de observación (tabla 6), se deducen varias diferencias respecto de los resultados obtenidos para la temperatura. Así, el porcentaje de series de calidad aceptable o superior es del 88%, mayor que el obtenido para las series de temperatura, aunque destaca que sólo se han analizado dos series de precipitación por encima de los 1500 metros y únicamente una de ellas es de calidad aceptable. Además, no se obtiene una relación tan marcada entre la calidad de las series de precipitación y la altitud del punto de observación: si bien 9 de las 14 series con una calidad débil están por debajo de los 500 metros, en este mismo intervalo de altitud aparecen 21 de las 33 series con una calidad muy buena (la proporción es prácticamente la misma).

En la figura 16 se observa que la calidad de las series es superior en la zona pirenaica de influencia atlántica que en la zona de influencia mediterránea, reflejando, quizás, las conocidas diferencias en la variabilidad de los regímenes pluviométricos de ambas zonas y la menor correlación entre series próximas en la zona más oriental. Como se ha mencionado al hablar de las series de temperatura, este hecho no implica que los datos de precipitación en la zona más oriental sean de peor calidad, sino que en esta zona del Pirineo el proceso de homogeneización de series de

precipitación es más difícil y la incertidumbre es más elevada.

En conclusión, el estudio permite identificar 36 series de temperatura máxima, 39 series de temperatura mínima y 101 series de precipitación con una muy buena, buena o aceptable calidad (como ya se ha comentado, 32 series de temperatura cumplen esta condición tanto para la máxima como para la mínima). Su distribución geográfica no es la óptima, especialmente para la temperatura, puesto que amplias áreas del Pirineo axial quedan huérfanas de series de esta variable de calidad aceptable o superior, así como la zona más occidental de la vertiente sur (especialmente para las series de temperatura máxima). Al mismo tiempo, las pocas series localizadas a altitudes superiores a 1500 m muestran una calidad menor, resultado lógico por la dificultad de poderlas analizar con series altamente correlacionadas.

Así pues, aunque existe un buen número de series que permiten caracterizar de manera fiable la evolución climática reciente y acotar el impacto del cambio climático (ver, por ejemplo, la definición y el cálculo de indicadores climáticos y el análisis de su tendencia que se presenta en el Capítulo 2 de esta memoria), debe tenerse en cuenta la existencia de incertidumbres en la propia calidad de algunas de las series disponibles, especialmente para la temperatura. **Para minimizar esta incertidumbre, se requiere disponer de más observaciones en el ámbito del Pirineo, especialmente en aquellos sectores de mayor altura, impulsar actuaciones de rescate de datos y asegurar sobre todo la pervivencia de las observaciones ya existentes, así como de su buena calidad.**

Altura (m)	Núm. de series	T máxima				T mínima			
		Muy buena	Buena	Aceptable	Débil	Muy buena	Buena	Aceptable	Débil
< 200	12	3	6	3	0	2	8	2	0
200-500	16	5	2	4	5	2	5	6	3
500-750	9	1	1	3	4	1	2	2	4
750-1000	7	0	0	1	6	0	0	3	4
1000-1500	9	0	1	3	5	1	1	1	6
1500-2000	3	0	2	1	0	0	0	3	0
> 2000	1	0	0	0	1	0	0	0	1
TOTAL	57	9	12	15	21	6	16	17	18

Tabla 5. Distribución de la calidad de las 57 series principales de T máxima y de T mínima por franjas altitudinales.

Altura (m)	Núm. de series	Precipitación			
		Muy buena	Buena	Aceptable	Débil
< 200	19	6	1	6	6
200-500	43	15	12	13	3
500-750	22	8	9	4	1
750-1000	15	1	8	4	2
1000-1500	14	3	6	4	1
1500-2000	2	0	0	1	1
> 2000	0	0	0	0	0
TOTAL	115	33	36	32	14

Tabla 6. Distribución de la calidad de las 115 series principales de precipitación por franjas altitudinales.

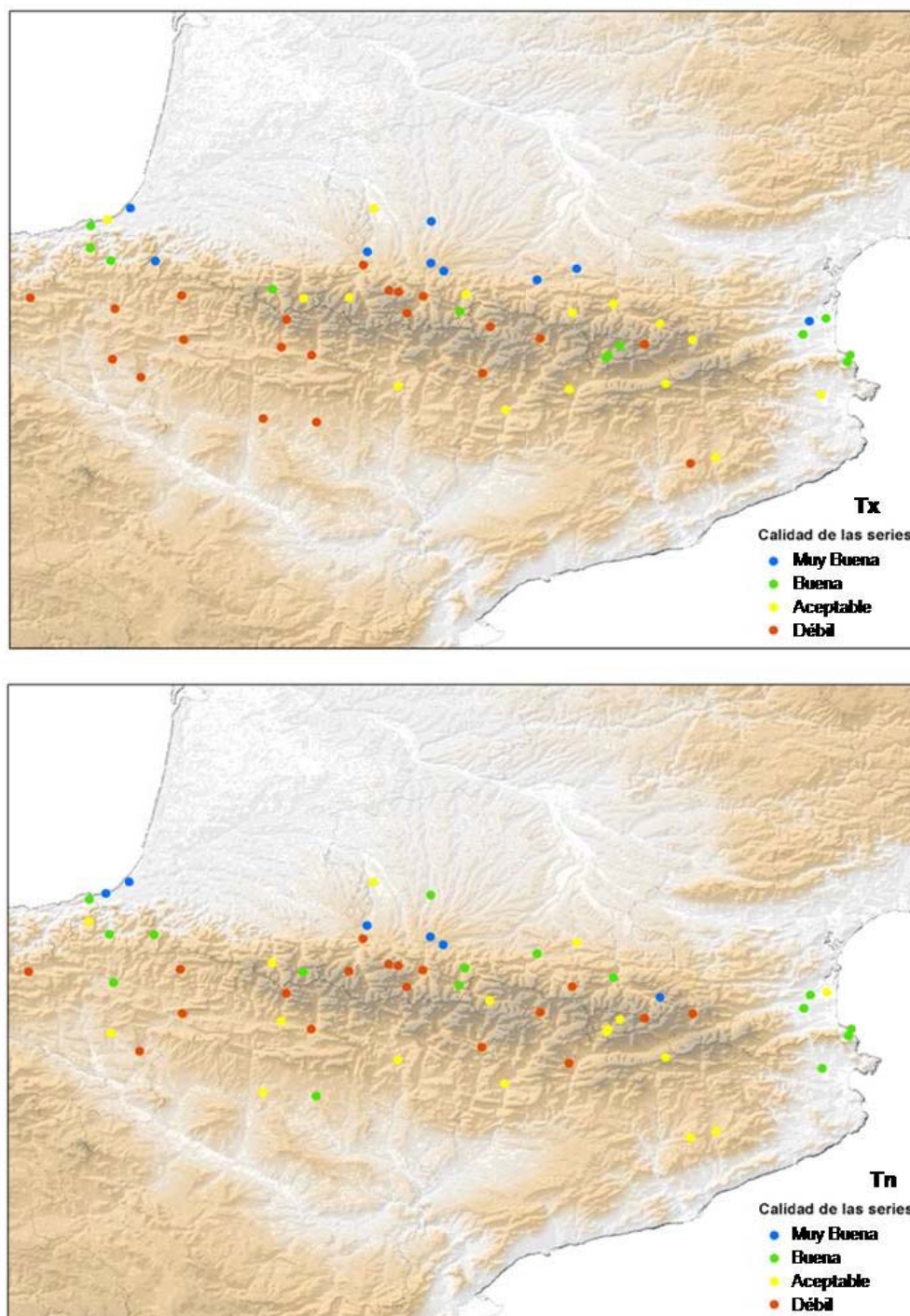


Figura 15. Calidad de las series de temperatura en función de los criterios de homogeneidad (valor de la Amplitud Mínima Detectable, disponibilidad de series altamente correlacionadas y amplitud de los ajustes) y para aquellas que cubren el período común 1959-2010: 57 series de temperatura máxima (mapa superior) y 57 series de temperatura mínima (mapa inferior).

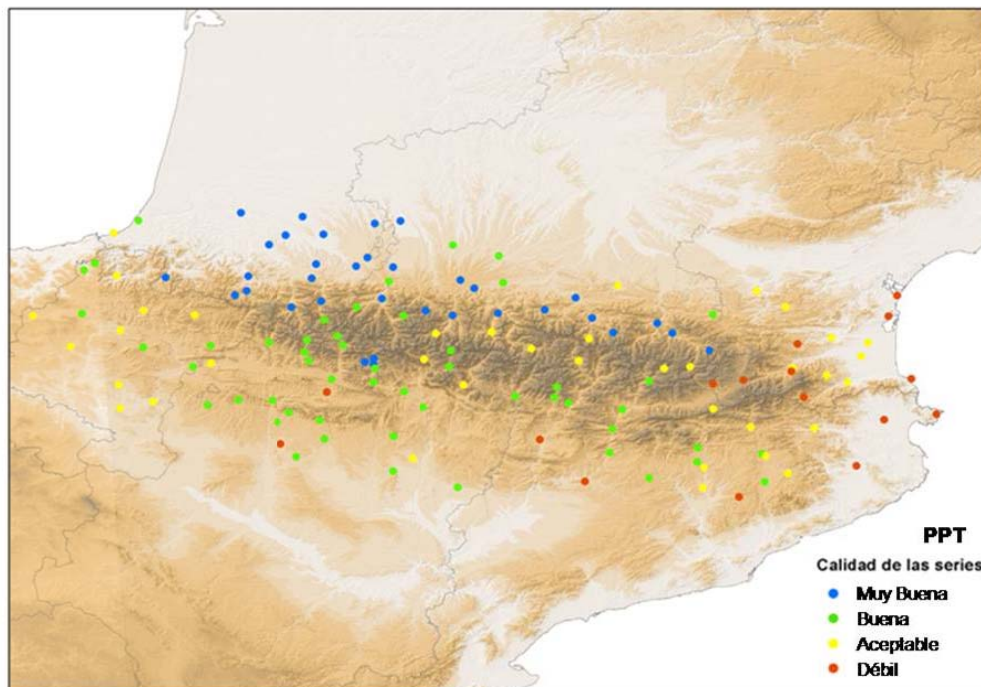


Figura 16. Calidad de las 115 series de precipitación en función de los criterios de homogeneidad (valor de la Amplitud Mínima Detectable, disponibilidad de series altamente correlacionadas y amplitud de los ajustes) y que cubren el período común 1959-2010.

Capítulo 2

RESULTADOS GENERALES PARA LOS PIRINEOS

1. Introducción

En este Capítulo de la Memoria de la acción CLIMA del proyecto OPCC se comentarán algunos resultados generales obtenidos a partir de todas las series de temperatura y precipitación que forman la base de datos homogénea explicada en el Capítulo anterior.

Al hablar de resultados generales se quiere precisar que son resultados orientativos que describen la evolución de las variables analizadas en el conjunto de los Pirineos, pero no se ha tenido en cuenta la distinta calidad de las series homogéneas obtenidas, hecho que los socios de la acción CLIMA consideran de gran importancia. Así, los resultados presentados en este Capítulo aportan información sobre el comportamiento de la temperatura y la precipitación en los Pirineos durante las últimas 6 décadas (1950-2010) en las distintas zonas del Macizo, pero se debe ir con cautela en el momento de obtener conclusiones a partir de esta información, pues algunas particularidades climáticas observadas en los mapas que se mostrarán a continuación pueden ser provocadas por series homogéneas de calidad débil, que no tienen la misma relevancia que si son provocadas por series de calidad buena o muy buena.

La calidad de las series homogéneas sí que se ha tenido en cuenta para definir los indicadores climáticos representativos de los Pirineos (Capítulo 3), y de estos indicadores ya se podrán extraer conclusiones más robustas.

2. Evolución de la temperatura media

A partir de las 66 series homogéneas de temperatura máxima y mínima de la base de datos creada según la metodología explicada en el Capítulo 1, se han definido las series mensuales de temperaturas medias,

calculadas según el método clásico a partir de los datos mensuales de Tmax y Tmin:

$$T_m = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

Para cada una de estas series mensuales de temperatura media, se ha calculado el valor de la anomalía de la temperatura media de las últimas 6 décadas (1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010) respecto al valor medio del período de referencia 1961-1990. La evolución del promedio de estos valores decadales considerando todas las series se muestra en la figura 17, observando el descenso de la temperatura durante la década 1971-1980 respecto del período inicial, el fuerte aumento durante la siguiente década (1981-1990) y el aumento sostenido durante las dos últimas décadas. Las barras verticales que acompañan al valor medio de la anomalía de cada década indican la desviación típica de la muestra, y cuanto mayor es este valor, mayor es la dispersión de valores de la temperatura media.

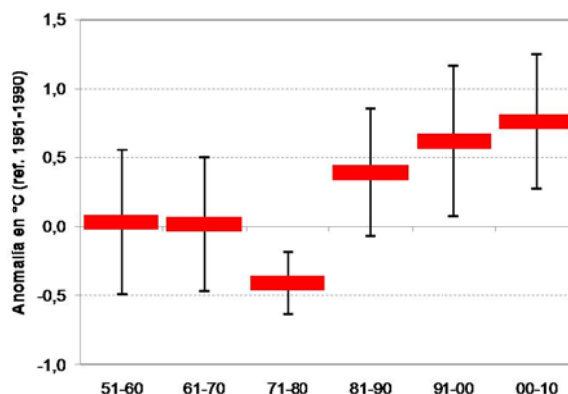


Figura 17. Evolución de la anomalía media (en rojo) y de la desviación típica (barras de color negro) de cada década respecto al valor medio del período de referencia 1961-1990. Se han considerado las 66 series homogéneas de temperatura.

En la figura 18 se muestran los valores de la anomalía de cada década para todas las estaciones consideradas, y se puede ver la distribución territorial de estas anomalías durante las 6 últimas décadas. Dado que la escala de colores de los valores de la anomalía se mantiene constante en todos los mapas, se observa el

predominio de los valores azules (anomalías negativas) durante las primeras 3 décadas (especialmente 1971-1980), mientras que las anomalías son positivas en todo el territorio de los Pirineos durante las últimas 3 décadas (y mayor en la década 2001-2010 que en las dos anteriores).

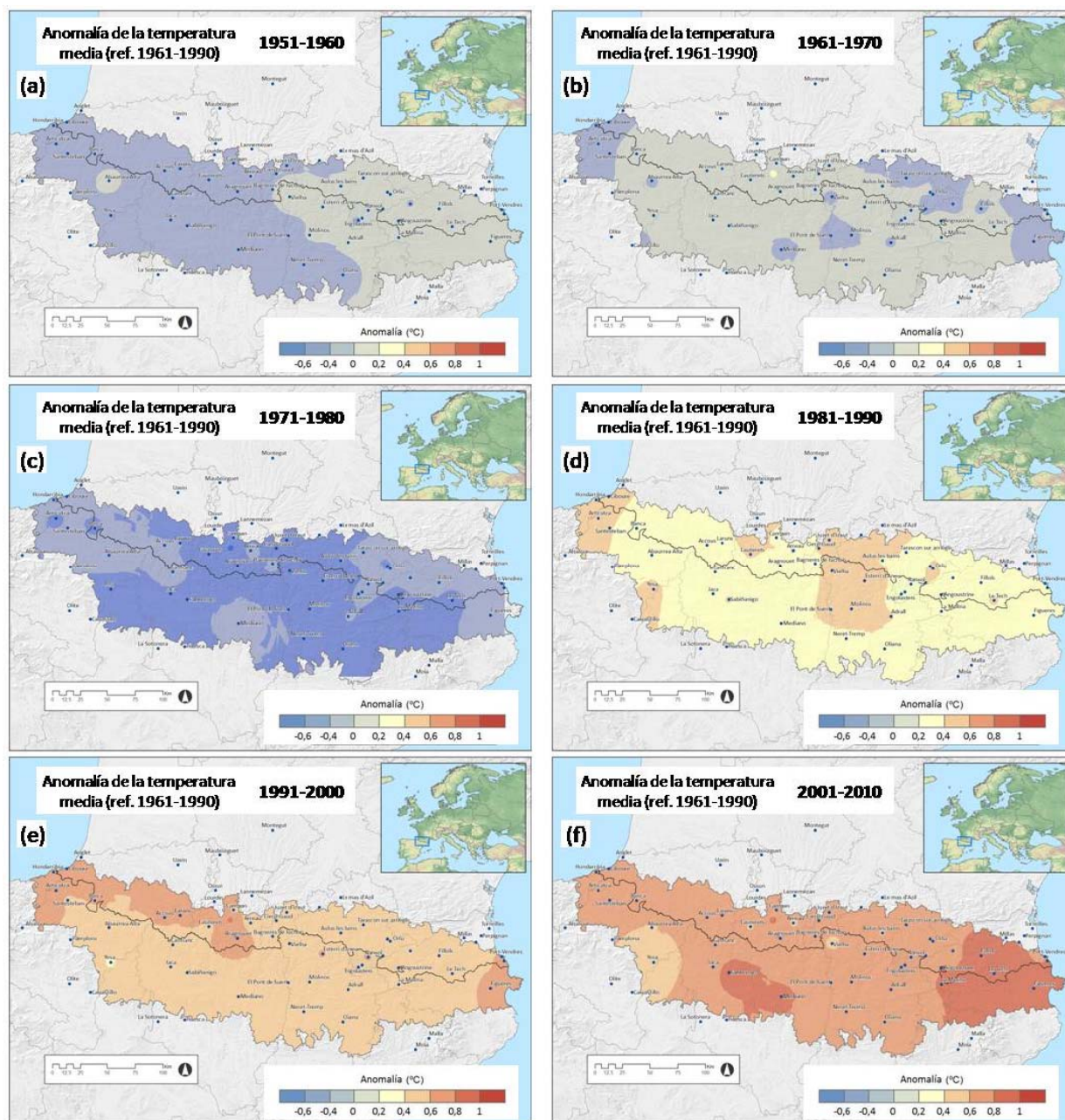


Figura 18. Mapas de la anomalía de la temperatura media de cada década respecto de la media del período de referencia 1961-1990 considerando todas las 66 series homogéneas de temperatura. (a) 1951-1960; (b) 1961-1970; (c) 1971-1980; (d) 1981-1990; (e) 1991-2000; (f) 2001-2010.

Si bien en cada mapa se pueden apreciar algunas diferencias entre distintas zonas del Macizo, no hay un patrón bien definido que se repita en todas las décadas (mapas (a)-(e) de la figura anterior). Luego se puede deducir que el aumento de la temperatura media se ha producido de una manera muy parecida en todo el Macizo de los Pirineos, sin diferencias apreciables entre las distintas zonas del mismo.

3. Evolución de la precipitación

De la misma manera que para la temperatura media, se han considerado todas las series homogéneas de precipitación (139 series) y se ha calculado la anomalía de cada una de ellas para las 6 últimas décadas respecto del valor medio del período 1961-1990. A partir de los valores de estas anomalías de cada una de las series, se ha calculado el valor medio y la desviación típica de cada década en todo el Macizo, y su evolución se muestra en la figura 19. En la gráfica superior se representa esta evolución en función de la anomalía absoluta de cada década (diferencia entre el valor medio de cada década y el valor medio del período 1961-1990), mientras que en la gráfica inferior se representa la evolución de la precipitación media decadal en función de la anomalía relativa (cociente entre la anomalía absoluta y el valor medio 1961-1990, en %). Debido a que el valor medio de la precipitación en el período de referencia 1961-1990 es prácticamente 1000 mm, es fácil la relación entre la anomalía absoluta y la relativa, pues una anomalía absoluta de 100 mm se corresponde a una anomalía relativa del 10%.

Observando los valores representados en la figura 19 es difícil determinar un comportamiento bien definido de la precipitación, pues tras un ligero aumento durante las tres primeras décadas del período 1950-2010, los valores medios de las tres décadas siguientes no siguen un patrón claro: precipitación claramente por debajo de la media la década 1981-1990, valor muy próximo a la media durante la década 1991-2000, y otra vez por debajo de la media la última década. En definitiva, la precipitación en los Pirineos durante la segunda mitad del período 1950-2010 es inferior a la

registrada durante la primera mitad del período, pero la tendencia durante los 60 años estudiados no es muy robusta. Este hecho también se analizará en el Capítulo 3, al hablar del indicador climático de la precipitación.

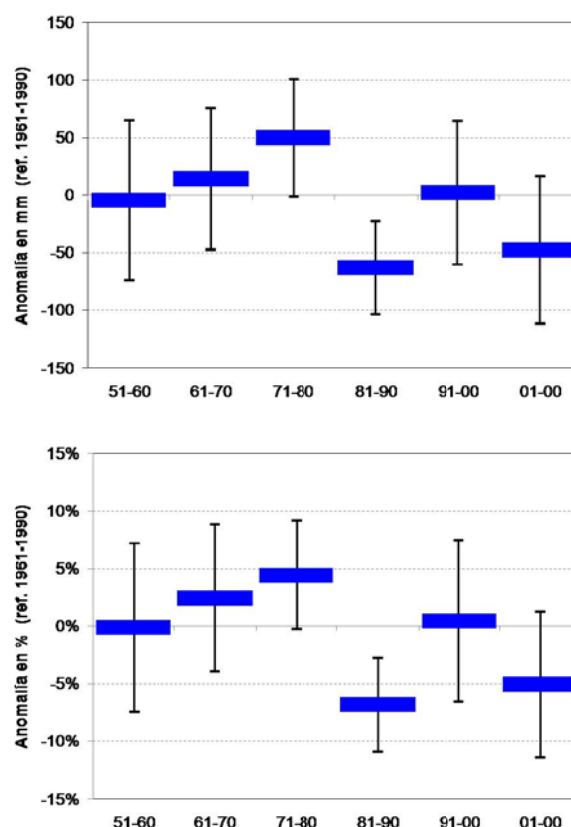


Figura 19. Evolución de la anomalía absoluta (imagen superior) y de la anomalía relativa (imagen inferior) de la precipitación media (en azul) y de la desviación típica (barras de color negro) de cada década respecto del valor medio del período de referencia 1961-1990. Se han considerado las 139 series homogéneas de precipitación.

Si representamos para cada década la anomalía absoluta de las series utilizadas, se puede analizar la distribución territorial de estas anomalías durante las últimas 6 décadas en todo el Macizo. En la figura 20 se muestran estos mapas de anomalías absolutas de cada década (recordar lo mencionado anteriormente sobre el cálculo del porcentaje de precipitación que representa esta anomalía absoluta). Como en el caso de la temperatura, la escala de colores de los valores

de la anomalía absoluta se mantiene constante en todos los mapas, y ello permite poder comparar visualmente estos valores. Así, la década más lluviosa es 1971-1980 (figura 20.c), especialmente en la

vertiente norte de los Pirineos, mientras que la década más seca es justamente la siguiente, 1981-1990 (figura 2.d), con anomalías negativas en casi todo el territorio, especialmente en la zona central del Macizo.

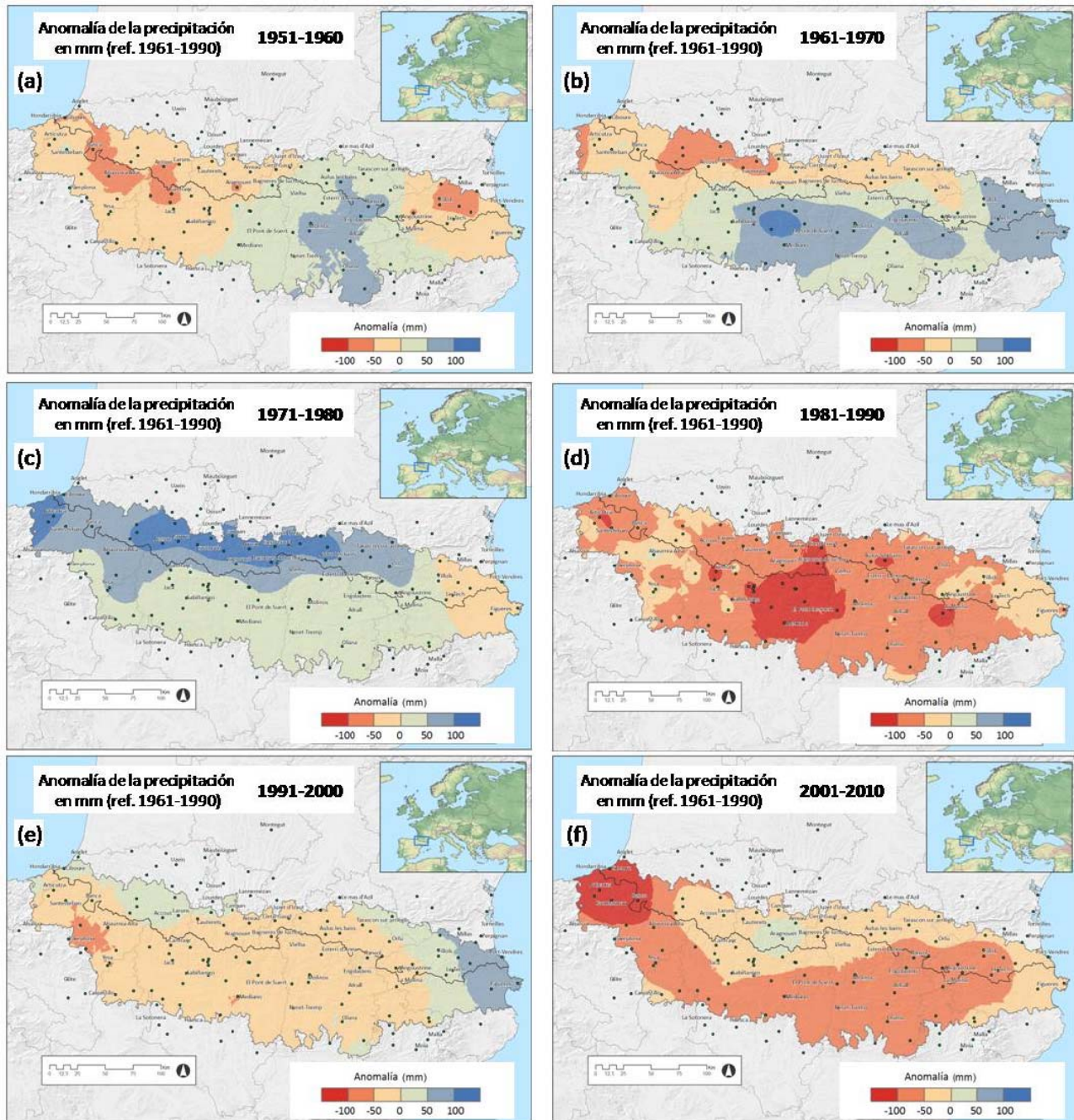


Figura 20. Mapas de la anomalía absoluta de la precipitación media de cada década respecto de la media del período de referencia 1961-1990 considerando todas las 139 series homogéneas de precipitación. (a) 1951-1960; (b) 1961-1970; (c) 1971-1980; (d) 1981-1990; (e) 1991-2000; (f) 2001-2010.

Capítulo 3

DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE INDICADORES CLIMÁTICOS PARA LOS PIRINEOS

1. Introducción

El aumento de la temperatura es una de las señales más visibles del cambio climático, especialmente durante las últimas décadas. Los fenómenos naturales (la actividad volcánica o la actividad solar, por ejemplo) pueden explicar parte de la evolución de la temperatura hasta mitad del siglo XX, pero estos fenómenos permiten explicar sólo muy parcialmente el reciente cambio climático. En la actualidad existe una amplia evidencia de que las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico son responsables del rápido aumento de la temperatura media en las últimas décadas. Luego es importante no sólo examinar el alcance del calentamiento global sino también su ritmo.

Por otro lado, y según lo comentado en el Capítulo anterior, la evolución de la precipitación durante las últimas décadas no tiene un comportamiento tan claro y evidente. A pesar de este hecho, el estudio de la evolución de esta variable en un escenario de cambio climático es de gran importancia en la zona de los Pirineos desde el punto de vista económico y social (gestión de los recursos hídricos disponibles, gestión forestal, evolución de la biodiversidad, deportes de invierno, turismo de montaña...), especialmente si se tiene en cuenta que numerosas cabeceras de ríos se encuentran en el Macizo analizado.

Los indicadores climáticos son una herramienta muy útil para analizar este tipo de comportamiento de una variable en una zona relativamente grande y compleja del territorio, pues proporcionan información eficaz y comprensible para el estudio tanto de su evolución a largo plazo como de su variación relativa en distintos tramos dentro de este período largo de tiempo.

En la acción CLIMA del proyecto OPCC se han definido indicadores climáticos relacionados con la temperatura

y la precipitación tanto a escala anual como estacional. Especialmente interesante el análisis de la precipitación estacional, pues es importante no sólo detectar cambios en la cantidad anual de precipitación, sino también en la distribución de esta precipitación a lo largo del año.

El trabajo realizado en esta acción durante gran parte del proyecto, explicado ampliamente en el Capítulo 1 de esta memoria, ha facilitado mucho esta definición y cálculo de indicadores climáticos, aportándoles además una gran fiabilidad. En efecto, el hecho de haber tratado todas las series iniciales de datos meteorológicos disponibles en el conjunto de los Pirineos (vertiente norte y vertiente sur) con una misma metodología para su control de calidad y su análisis de homogeneidad, y con el acuerdo de los distintos organismos propietarios de estas series iniciales, permite asegurar la calidad de los indicadores definidos y la continuidad en su cálculo y análisis.

2. Indicador climático para la temperatura

2.1. Definición del indicador climático

En el Capítulo 1 de esta memoria se ha explicado la metodología para la obtención de series homogéneas de temperatura máxima y mínima en el conjunto de los Pirineos para el período 1950-2010. A partir de estas series, el siguiente objetivo es definir un indicador climático relacionado con la temperatura para poder hacer el seguimiento del calentamiento observado en la zona de los Pirineos.

Se han analizado 66 series mensuales de temperaturas máximas y mínimas, pero para la definición del indicador climático se ha optado por relacionarlo con las series mensuales de las temperaturas medias, pues se considera oportuno interpretar los resultados de un único indicador. Las series mensuales de temperaturas

medias se han definido a partir de las temperaturas máxima y mínima de cada mes según el método clásico:

$$T_m = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

Por otro lado, en el Capítulo 1 ya se ha comentado el período analizado inicialmente es 1950-2010, pero que durante los primeros años de este período se fueron instalando nuevas estaciones meteorológicas que proporcionan series de calidad óptima. Por este motivo, los socios de la acción CLIMA del proyecto OPCC decidieron, con el acuerdo del Consejo Científico del OPCC, que el indicador climático se referiría al período 1959-2010, cubierto por 57 series de la base homogénea creada. Además, en la discusión sobre la calidad final de las series homogéneas de temperatura, ya se ha comentado que 32 de estas 57 series ofrecen un calidad aceptable o superior tanto para la temperatura máxima como para la mínima, de manera que son aptas para los estudios relacionados con el cambio climático.

En definitiva, se decidió definir el indicador climático en la zona de los Pirineos para el período 1959-2010 a partir de un subconjunto de estas 32 series de temperatura media mensual. Este subconjunto de series debe cumplir los siguientes criterios:

- ser representativo de las distintas zonas climáticas del Macizo;

- ser representativo de las distintas altitudes presentes en los Pirineos;
- ser representativo de ambas vertientes latitudinales del Macizo (norte y sur) y de ambas vertientes longitudinales (occidental o atlántica y oriental o mediterránea);
- estar formado por series que se están actualizando (estaciones meteorológicas operativas) y que no se prevé su cierre durante los próximos años.

Los tres primeros criterios se requieren para poder generalizar el análisis del indicador climático para la temperatura a todo el conjunto de los Pirineos, mientras que el cuarto criterio es fundamental para poder dar continuidad al seguimiento del clima en los Pirineos a través del indicador climático definido.

El análisis de estos criterios con las 32 series homogéneas de calidad aceptable o superior ha permitido elegir un total de 12 series, que se muestran en la tabla 7. Así, el indicador climático relacionado con la temperatura, y representativo de los Pirineos, es el valor de la temperatura media anual / estacional obtenido a partir de estas 12 series. La evolución de este indicador en el período 1959-2010 permite conocer el comportamiento de la temperatura en los Pirineos durante las últimas décadas, y el seguimiento de su evolución durante los próximos años (o décadas) permitirá deducir posibles cambios en este comportamiento observado.

	Serie	Altitud (m)	Región	Cobertura temporal	Calidad serie TX	Calidad serie TN
PIRINEOS NORTE	Laruns	1142	Aquitaine	1950 - 2010	ACEPTABLE	BUENA
	Uzein - Pau	183	Aquitaine	1950 - 2010	MUY BUENA	BUENA
	Bagnères de Luchon	618	Midi-Pyrénées	1959 - 2010	BUENA	BUENA
	Lorp-Sentaraille	414	Midi-Pyrénées	1950 - 2010	MUY BUENA	BUENA
	Ascou	1120	Midi-Pyrénées	1959 - 2010	ACEPTABLE	MUY BUENA
	Perpignan	42	Languedoc-Roussillon	1950 - 2010	MUY BUENA	BUENA
PIRINEOS SUR	Hondarribia	4	Euskadi	1950 - 2010	BUENA	BUENA
	Santesteban	131	Navarra	1950 - 2010	BUENA	BUENA
	Neret - Tremp	467	Catalunya	1950 - 2010	ACEPTABLE	ACEPTABLE
	Andorra la Vella	1145	Andorra	1950 - 2010	BUENA	ACEPTABLE
	Ransol	1645	Andorra	1950 - 2010	BUENA	ACEPTABLE
	Figueres	50	Catalunya	1950 - 2010	ACEPTABLE	BUENA

Tabla 7. Características principales de las 12 series homogéneas de temperatura máxima (TX) y mínima (TN) utilizadas para definir el indicador climático relacionado con la temperatura.

2.2. Cálculo y análisis del indicador

Los datos mensuales de la temperatura media para el período 1959-2010 de las 12 series de la tabla 7 permiten calcular los valores de la temperatura media anual y estacional representativos del conjunto de los Pirineos. Sólo recordar que en términos climatológicos las estaciones del año son períodos de tres meses: invierno (diciembre, enero y febrero), primavera (marzo, abril y mayo), verano (junio, julio y agosto) y otoño (septiembre, octubre y noviembre); en el caso del invierno, se considera el mes de diciembre del año anterior (para determinar un período de tres meses consecutivos).

La figura 21 muestra el resultado final del indicador, que es la evolución de la temperatura media anual de los Pirineos para el período 1959-2010. Esta evolución se representa en función de la anomalía respecto al valor medio en el período de referencia 1961-1990, es decir, los valores anuales que se muestran en la figura corresponden a la diferencia entre la temperatura media de ese año y la temperatura media anual del período 1961-1990. Las anomalías positivas se muestran en rojo y las anomalías negativas aparecen en azul. Además, se ha añadido la línea negra que indica la evolución de la media móvil para un período de 10 años.

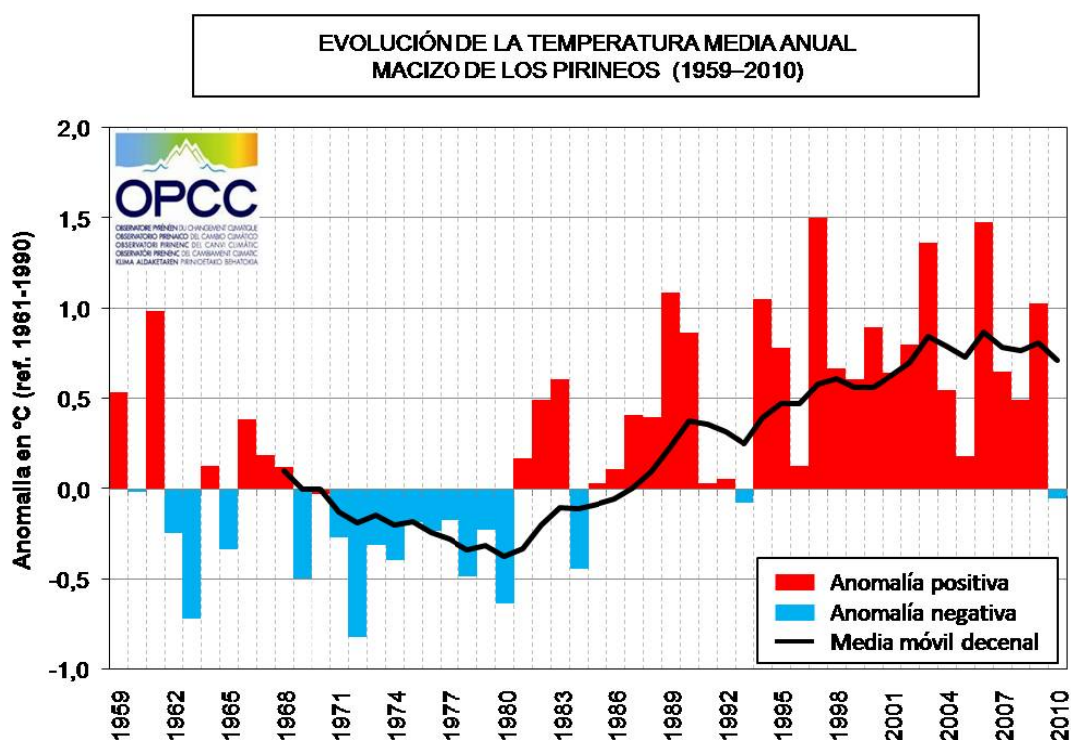


Figura 21. Evolución de la temperatura media anual en el conjunto de los Pirineos durante el período 1959-2010. Se muestra la anomalía anual respecto al valor medio del período de referencia 1961-1990 (en rojo si es positiva, en azul si es negativa) y la evolución de la media móvil para un período de 10 años (línea negra).

Se observa que un claro aumento de la temperatura media en los Pirineos durante el período analizado, aunque este calentamiento no ha sido constante en todo el período. Así, hasta 1980 predominan las

anomalías negativas y la tendencia es negativa (descenso de la curva que refleja la media móvil decenal), posteriormente aparece un período (hasta 1994) con anomalías generalmente positivas y una tendencia claramente positiva, y finalmente se puede

definir un període con anomalías sistemáticamente positivas (excepto 2010) y una tendencia que sigue siendo positiva. La tendencia del indicador para todo el período 1959-2010 es positiva (implica un aumento de la temperatura) y estadísticamente significativa, y el valor de esta tendencia al calentamiento es del orden de 0.2°C por década. El aumento de la temperatura durante los últimos 50 años es general en todo el

Macizo de los Pirineos, y hay pocas diferencias entre la vertiente norte y la vertiente sur.

Según este indicador, el año más cálido de la serie analizada es 1997 (con una temperatura media superior en 1.5°C al valor medio de 1961-1990), seguido de 2006 y 2003. En sentido contrario, el año más frío del período analizado es 1972 (0.8°C inferior a la media de referencia), seguido de 1963 y 1980.

EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA ESTACIONAL MACIZO DE LOS PIRINEOS (1959-2010)

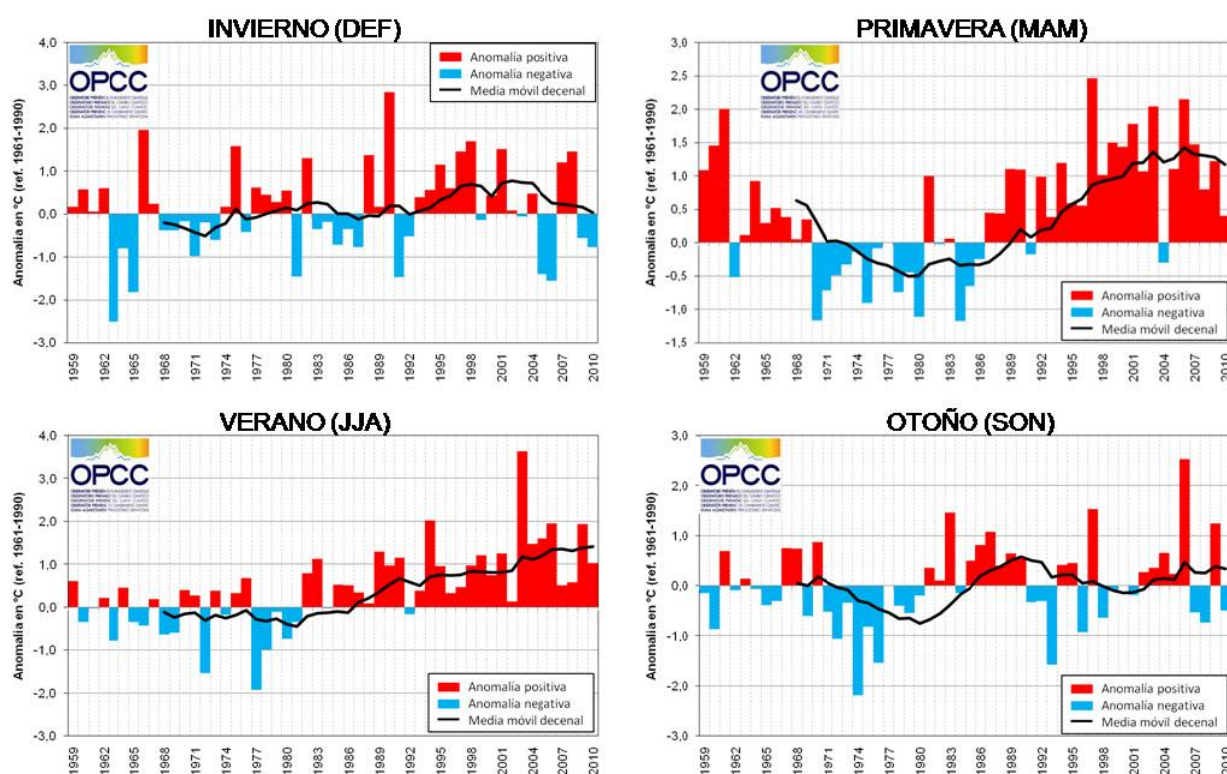


Figura 22. Evolución de la temperatura media estacional en el conjunto de los Pirineos durante el período 1959-2010. Se muestra la anomalía estacional respecto al valor medio del período de referencia 1961-1990 (en rojo si es positiva, en azul si es negativa) y la evolución de la media móvil para un período de 10 años (línea negra).

La figura 22 muestra el indicador para las cuatro estaciones del año, siempre representando la anomalía de la temperatura estacional de un año respecto a la media estacional del período de referencia 1961-1990 (y con el mismo criterio de colores que en la figura 17); también se muestra la evolución de la media móvil

decenal. Se observa que el aumento de la temperatura a lo largo de las últimas cinco décadas es muy marcado en verano (del orden de 0.4° por década, siendo un valor estadísticamente significativo) y un poco inferior en primavera (del orden de 0.2°C por década, también estadísticamente significativo), mientras que el

calentamiento es menor en otoño e invierno (y además la tendencia no es estadísticamente significativa en estas dos estaciones, de manera que su valor es poco fiable). A escala estacional también se observan pocas diferencia en este indicador entre la vertiente norte y la vertiente sur de los Pirineos.

Entre las anomalías cálidas (positivas), destaca especialmente la temperatura media del verano de 2003 (3.6°C por encima de la media de 1961-1990) y la del invierno de 1990 (2.8°C por encima de la media), mientras que las anomalías frías (negativas) más importantes son la del invierno de 1963 (2.5°C por debajo de la media) y la del otoño de 1974 (una anomalía de -2.2°C).

3. Indicador climático para la precipitación

3.1. Definición del indicador climático

De la misma manera que para la temperatura, se ha procedido a la definición de un indicador climático relacionado con la precipitación. En este caso, se partió de las series de precipitación mensual del período 1950-2010 que se han comentado en el Capítulo 1 de esta memoria.

Como en el caso de la temperatura, durante la década de los años 50 se instalaron nuevas estaciones meteorológicas que proporcionan series de calidad óptima, de manera que el indicador climático para la precipitación también se referirá al período 1959-2010, cubierto por 115 series de la base homogénea creada. Además, en la discusión sobre la calidad final de las series homogéneas de precipitación, ya se ha comentado que 101 de estas series ofrecen una calidad aceptable o superior, de manera que son aptas para los estudios relacionados con el cambio climático.

La elección de las mejores series para definir el indicador climático en la zona de los Pirineos se basó en los mismos criterios comentados en el apartado 2.1. de este Capítulo, pero con la ventaja de disponer de una mayor densidad de series (a pesar de la ya mencionada ausencia de series de óptima calidad a más de 1500 metros de altitud).

Así, a partir de las 101 series homogéneas de calidad aceptable o superior, se han elegido 26 series (tabla 8) para cumplir las necesidades del indicador, y éste es el valor de la precipitación acumulada anual / estacional representativa del conjunto de los Pirineos obtenido a partir de estas 26 series. Este indicador para el período 1959-2010 permite conocer el régimen pluviométrico en los Pirineos durante las últimas décadas, y su seguimiento durante los próximos años (o décadas) permitirá deducir posibles cambios en este comportamiento observado.

3.2. Cálculo y análisis del indicador

Los datos mensuales de la precipitación para el período 1959-2010 de las 26 series de la tabla 8 permiten calcular los valores medios de la precipitación acumulada anual y estacional en todo el Macizo de los Pirineos. Los valores estacionales se han calculado con el mismo criterio climatológico que en la temperatura: invierno (diciembre, enero y febrero), primavera (marzo, abril y mayo), verano (junio, julio y agosto) y otoño (septiembre, octubre y noviembre); en el caso del invierno, se considera el mes de diciembre del año anterior (para determinar un período de tres meses consecutivos).

La figura 23 muestra el resultado final del indicador, que es la evolución de la precipitación acumulada anual de los Pirineos para el período 1959-2010. Esta evolución se representa en función de la anomalía relativa (en porcentaje) respecto al valor medio en el período de referencia 1961-1990, es decir, los valores anuales que se muestran en la figura corresponden al cociente entre la anomalía absoluta (diferencia entre la precipitación de un año y la media anual del período 1961-1990) y la media anual del período 1961-1990. Las anomalías positivas se muestran en verde y las anomalías negativas aparecen en amarillo. Además, se ha añadido la línea negra que indica la evolución de la media móvil para un período de 10 años.

La tendencia a la disminución de la precipitación anual en los Pirineos durante los últimos 50 años es estadísticamente significativa y del orden del 2.5% por década, pero se observa una gran variabilidad interanual. A pesar de ello, durante las últimas dos o

tres décadas predominan los años secos (valor anual inferior a la media del período de referencia) con la presencia de algunos años bastante lluviosos (valor claramente superior a la media). En cuanto a diferencias territoriales, la disminución de la precipitación anual es mayor en la vertiente sur que en la vertiente norte, aunque las diferencias no son importantes.

Según este indicador, los años más lluviosos de la serie analizada son 1992 (un 23.2% superior a la media de 1961-1990), 1979 y 1996, mientras que los años más secos de las últimas cinco décadas son 1989 (un 23.1% inferior a la media de 1961-1990), 1985 y 1983.

La figura 24 muestra el indicador para las cuatro estaciones del año, siempre representando la anomalía relativa de la precipitación estacional de un año respecto a la media estacional del período de

referencia 1961-1990 (y con el mismo criterio de colores que en la figura 23); en la figura se muestra también la evolución de la media móvil decenal. Es difícil determinar un comportamiento claro de la precipitación estacional en los Pirineos, aunque todas las estaciones del año reflejan una ligera disminución de la precipitación, quizás un poco más marcada en invierno y en verano. A destacar que las tendencias estacionales no son estadísticamente significativas, de manera que a escala estacional no se pueden deducir conclusiones muy robustas. Se aprecia una gran variabilidad interanual en todas las estaciones del año, intercalando períodos secos con estaciones lluviosas, si bien durante las dos últimas décadas predominan las rachas de períodos secos (por ejemplo, los inviernos claramente secos entre 1989 y 1993 o entre 2005 y 2008).

	Serie	Altitud (m)	Región	Cobertura temporal	Calidad serie PPT
PIRINEOS NORTE	Anglet	71	Aquitaine	1956 - 2010	BUENA
	Larrau	636	Aquitaine	1956 - 2010	MUY BUENA
	Lasseube	217	Aquitaine	1950 - 2010	MUY BUENA
	Uzein - Pau	183	Aquitaine	1950 - 2010	MUY BUENA
	Laruns - Artouste	1142	Aquitaine	1950 - 2010	BUENA
	Campan	1200	Midi-Pyrénées	1952 - 2010	MUY BUENA
	Bagnères de Luchon	620	Midi-Pyrénées	1950 - 2010	ACEPTABLE
	Saint Giron	414	Midi-Pyrénées	1950 - 2010	MUY BUENA
	Aulus les Bains	733	Midi-Pyrénées	1952 - 2010	MUY BUENA
	Orlu	908	Midi-Pyrénées	1950 - 2010	MUY BUENA
	Arques	357	Languedoc-Roussillon	1950 - 2010	ACEPTABLE
	Saint Marsal	717	Languedoc-Roussillon	1950 - 2010	ACEPTABLE
	Perpignan	42	Languedoc-Roussillon	1950 - 2010	ACEPTABLE
PIRINEOS SUR	Goizueta	320	Navarra	1950 - 2010	BUENA
	Pamplona	450	Navarra	1953 - 2010	ACEPTABLE
	Javier	455	Navarra	1954 - 2010	BUENA
	Canfranc	1160	Aragón	1950 - 2010	BUENA
	Broto	1005	Aragón	1950 - 2010	MUY BUENA
	Radiquero	625	Aragón	1954 - 2010	BUENA
	Pineta	1150	Aragón	1950 - 2010	ACEPTABLE
	El Pont de Suert	823	Catalunya	1950 - 2010	BUENA
	Organyà	566	Catalunya	1950 - 2010	BUENA
	Andorra la Vella	1145	Andorra	1950 - 2010	BUENA
	Ransol	1645	Andorra	1950 - 2010	ACEPTABLE
	Berga	711	Catalunya	1955 - 2010	BUENA
	Campdevàdol	761	Catalunya	1950 - 2010	ACEPTABLE

Tabla 8. Características principales de las 26 series homogéneas de precipitación (PPT) utilizadas para definir el indicador climático relacionado con la precipitación.

**EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL
MACIZO DE LOS PIRINEOS (1959-2010)**

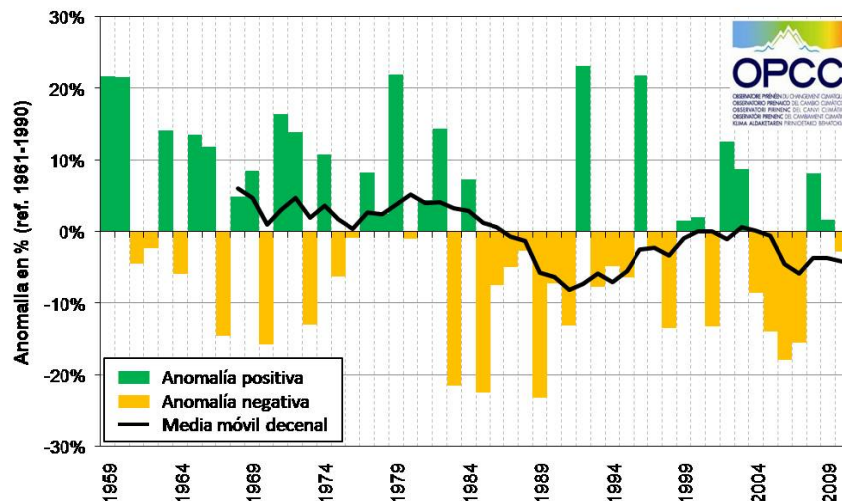


Figura 23. Evolución de la precipitación anual en el conjunto de los Pirineos durante el período 1959-2010. Se muestra la anomalía anual respecto al valor medio del período de referencia 1961-1990 (en verde si es positiva, en amarillo si es negativa) y la evolución de la media móvil para un período de 10 años (línea negra).

**EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA ESTACIONAL
MACIZO DE LOS PIRINEOS (1959-2010)**

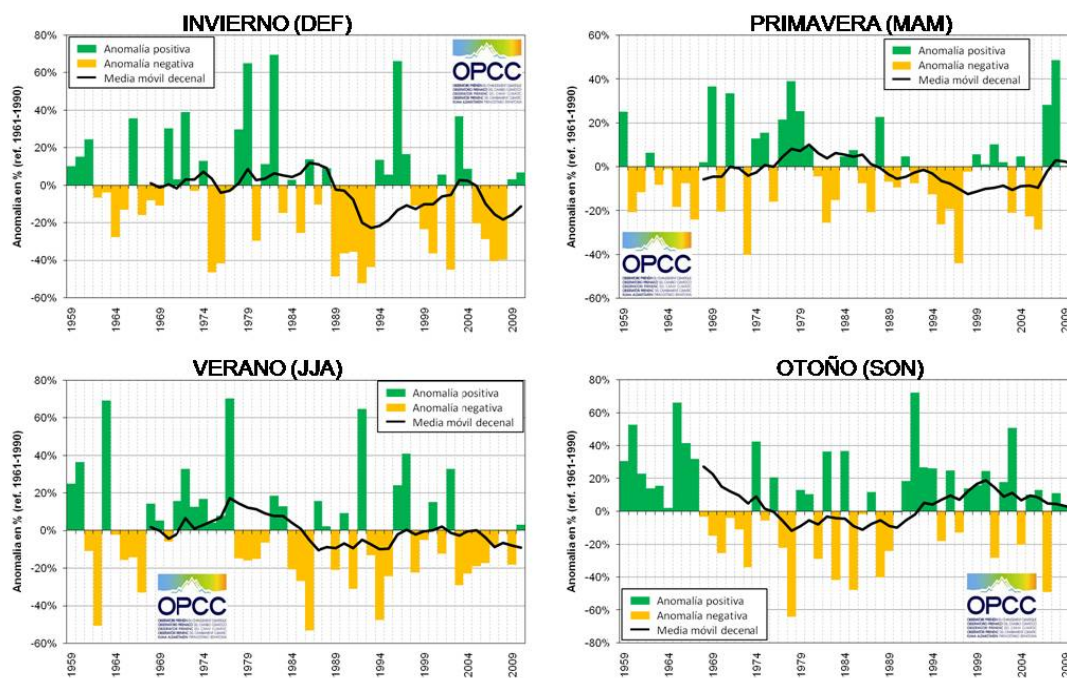


Figura 24. Evolución de la precipitación estacional en el conjunto de los Pirineos durante el período 1959-2010. Se muestra la anomalía estacional respecto al valor medio del período de referencia 1961-1990 (en verde si es positiva, en amarillo si es negativa) y la evolución de la media móvil para un período de 10 años (línea negra).



Como comentario final, los socios de la acción CLIMA del proyecto OPCC proponen actualizar anualmente los indicadores definidos en este Capítulo a partir de los datos mensuales de temperatura (máxima y mínima) y de precipitación registrados en las estaciones meteorológicas utilizadas para su definición (tablas 7 y 8). Además, **se aconseja repetir el análisis de homogeneidad de las series**

mensuales de temperatura media y precipitación cada 5 años, con la intención de seguir mejorando la calidad de las series representativas del conjunto de los Pirineos y, en consecuencia, seguir mejorando el conocimiento de la evolución del clima en todo el Macizo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar E, Auer I, Brunet M, Peterson TC, Wieringa J (2003): Guidelines on climate metadata and homogenization. *World Meteorological Organization TD-1186*. WMO, Geneva, 52 pp.
- Caussinus H and Lyazrhui F (1997): Choosing a linear model with a random number of change-points and outliers. *Ann. Inst. Statist. Math.*, **49** (4). 761-765.
- Caussinus H and Mestre O (2004): Detection and correction of artificial shifts in climate series. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C. Applied Statistics*, **53**. 405-425.
- Deaux N et Dubuisson B (2011): Homogénéisation des températures de l'ouest de la France. Températures minimales et maximales. Période 1955-2010. *DCLIM/DEC. Météo France*, pp. 25 (nota técnica).
- Domonkos P (2011): Adapted Caussinus-Mestre Algorithm for homogenising Networks of Temperature series (ACMANT), *Int. J. Geosci.*, **2**. 293-309. DOI:10.4236/ijg.2011.23032.
- Domonkos P (2013): Measuring performances of homogenization methods. *Quart. Jour. of the Hungarian Meteorological Service*, **117**, 1, pp. 91-112.
- Esteban P, Prohom M y Aguilar E (2012): Tendencias recientes e índices de cambio climático de la temperatura y la precipitación en Andorra (1935-2008). *Pirineos. Revista de ecología de montaña*, **167**, pp. 71-88.
- Guijarro JA (2011): User's guide to CLIMATOL. <http://www.meteobal.com/climatol/climatol-guide.pdf>
- Kuglitsch FG, Toreti A, Xoplaki E, Della-Marta PM, Luterbacher J and Wanner H (2009): Homogenization of daily maximum temperature series in the Mediterranean, *J. Geophys. Res.*, **114**, D15108, DOI: 10.1029/2008JD011606.
- Kuglitsch F G, Auchmann R, Bleisch R, Brönnimann S, Martius O and Stewart M (2012): Break detection of annual Swiss temperature series, *J. Geophys. Res.*, **117**, D13105, doi: 10.1029/2012JD017729
- Lindau R and Verema V (2013): On the multiple breakpoint problem and the number of significant breaks in homogenization of climate records. *Quart. Jour. of the Hungarian Meteorological Service*, **117**, 1, pp. 1-34.
- Mestre O, Domokos P, Picard F, Auer I, Robin S, Lebarbier E, Böhm R, Aguilar E, Guijarro J, Vertachnik G, Klancar M, Gubuisson B and Stepanek P (2013): HOMER: a homogenization software – methods and applications. *Quart. Jour. of the Hungarian Meteorological Service*, **117**, 1, pp. 47-67.
- Peterson TC, Easterling DR, Karl TR, Groisman PY, Nicholls N, Plummer N, Torok S, Auer I, Boehm R, Gullett D, Vincent L, Heino R, Tuomenvirta H, Mestre O, Szentimre T, Salinger J, Forland E, Hanssen-Bauer I, Alexandersson H, Jones P, Parker D (1998): Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *Int. J. Climatol.*, **18** (13), 1493-1517.
- Picard F, Lebarbier E, Hoebeke M, Rigai G, Thiam B and Robin S (2011): Joint segmentation, calling and normalization of multiple CGH profiles. *Biostatistics*, **12**, pp. 413-428. doi: 10.1093/biostatistics/kxq076

- Reeves J, Chen J, Wang XL, Lund R and Lu Q (2007): A review and comparison of changepoint detection techniques for climate data. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **46**, 900–915.
- Toreti A, Kuglisch FG, Xoplaki E and Luterbacher, J (2012): A novel approach for the detection of inhomogeneities affecting climate time series. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **51**, 317-326, DOI: 10.1175/JAMC-D-10-05033.1.
- Trewin BC (2010): Exposure, instrumentation and observing practice effects on land temperature measurements. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, **1**. 490-5006.
- Venema V, Mestre O, Aguilar E, Auer I, Guijarro JA, Domonkos P, Vertacnik G, Stepanek P, Zahradnicek P, Viarre J, Müller-Westermeier G, Szentimrey T, Lakatos M, Williams CN, Menne M, Lindau R, Rasol D, Rustemeier E, Kolokythas K, Marinova T, Andresen L, Acquaotta F, Fratianni S, Cheval S, Klancar M, Brunetti M, Gruber C, Prohom Duran M, Likso T, Esteban P and Brandsma T (2012): Benchmarking homogenization algorithms for monthly data. *Clim. Past Discuss.*, **8**, 89-115. DOI: 10.5194/cp-8-89-2012.

APÉNDICE 1. Características de las series de temperatura máxima y mínima utilizadas en el estudio.

PR, Puntos de Ruptura / TX, series de Temperatura Máxima / TN, Series de Temperatura Mínima / AMD, Amplitud Mínima Detectable

* indica que el período de observación disponible es menor al de 1950-2010

** indica que es una serie secundaria (no operativa o cubre parcialmente el período analizado), y se ha utilizado de apoyo en el proceso de homogeneización

¹ basado en las series de TX

SERIE	Altura (m)	Región	Cobertura temporal	% datos disponibles ¹	PR TX	PR TN	AMD TX	AMD TN	Calidad serie TX	Calidad serie TN
1. ANDORRA LA VELLA – CENTRAL	1145	Andorra	1950-2010	100.0	2	3	0.24	0.24	BUENA	ACEPTABLE
2. ENGOLASTERS	1640	Andorra	1950-2010	100.0	3	3	0.25	0.28	BUENA	ACEPTABLE
3. RANSOL	1645	Andorra	1950-2010	99.6	1	4	0.25	0.29	BUENA	ACEPTABLE
4. SANTESTEBAN / DONEZTEBE	131	Navarra	1950-2010	99.6	6	2	0.23	0.23	BUENA	BUENA
5. HONDARRIBIA – MALKARROA	4	Euskadi	1950-2010	99.7	4	4	0.23	0.22	BUENA	BUENA
6. ARTICUTZA	305	Navarra	1954-2010*	92.8	4	2	0.24	0.26	BUENA	ACEPTABLE
7. CANFRANC - LOS ARAÑONES	1160	Aragón	1950-2010	99.0	3	2	0.44	0.42	DÉBIL	DÉBIL
8. JACA	800	Aragón	1967-2010*	97.9	3	3	0.35	0.26	DÉBIL	ACEPTABLE
9. YESA (EMBALSE) / ESA (URTEGI)	515	Navarra	1950-2010	99.9	0	3	0.31	0.31	DÉBIL	DÉBIL
10. ABAURREA ALTA / ABAURREGAINA	1047	Navarra	1950-2010	96.8	3	5	0.32	0.37	DÉBIL	DÉBIL
11. CARCASTILLO (LA OLIVA)	340	Navarra	1950-2010	99.9	0	3	0.40	0.35	DÉBIL	DÉBIL
12. OLITE / ERRIBERRI	390	Navarra	1950-2010	98.4	1	1	0.32	0.29	DÉBIL	ACEPTABLE
13. PAMPLONA / IRUÑA	442	Navarra	1950-2010	100.0	2	2	0.32	0.21	DÉBIL	BUENA
14. ALSASUA / ALTSASU	525	Navarra	1950-2010	97.4	0	4	0.44	0.35	DÉBIL	DÉBIL
15. SABIÑÁNIGO	790	Aragón	1950-2010	84.6	0	4	0.45	0.46	DÉBIL	DÉBIL
16. LA SOTONERA (EMBALSE)	413	Aragón	1950-2010	100.0	0	3	0.37	0.28	DÉBIL	ACEPTABLE
17. MEDIANO (EMBALSE)	504	Aragón	1950-2010	91.0	2	4	0.27	0.30	ACEPTABLE	ACEPTABLE
18. HUESCA – PIRINEOS	541	Aragón	1950-2010	99.5	1	2	0.32	0.25	DÉBIL	BUENA
19. FIGUERES	50	Catalunya	1950-2010	89.7	3	3	0.27	0.24	ACEPTABLE	BUENA
20. EL PONT DE SUERT	824	Catalunya	1950-2010	87.0	2	5	0.34	0.32	DÉBIL	DÉBIL
21. ADRALL **	627	Catalunya	1950-1996*	97.2	3	3	0.24	0.35	BUENA	DÉBIL
22. OLIANA	490	Catalunya	1950-2010	97.3	3	6	0.29	0.35	ACEPTABLE	DÉBIL
23. MOIÀ	800	Catalunya	1950-2010	96.2	6	4	0.33	0.29	DÉBIL	ACEPTABLE
24. LA MOLINA	1704	Catalunya	1955-2010*	75.7	4	4	0.29	0.3	ACEPTABLE	ACEPTABLE
25. MALLA	570	Catalunya	1950-2010	99.2	1	2	0.27	0.26	ACEPTABLE	ACEPTABLE

SERIE	Altura (m)	Región	Cobertura temporal	% datos disponibles ¹	PR TX	PR TN	AMD TX	AMD TN	Calidad serie TX	Calidad serie TN
26. MOLINOS**	981	Catalunya	1950-1995*	94.7	3	3	0.32	0.21	DÉBIL	BUENA
27. NERET – TREMP	467	Catalunya	1950-2010	94.0	3	3	0.26	0.26	ACEPTABLE	ACEPTABLE
28. ESTERRI D'ÀNEU	950	Catalunya	1956-2010*	66.2	3	3	0.37	0.48	DÉBIL	DÉBIL
29. VIELHA	997	Catalunya	1950-2010	94.0	3	4	0.37	0.27	DÉBIL	ACEPTABLE
30. ASCOU / ASCON	1120	Midi-Pyrénées	1959-2010*	97.1	1	1	0.27	0.2	ACEPTABLE	MUY BUENA
31. AULUS-LES-BAINS / AULÚS	733	Midi-Pyrénées	1959-2010*	97.8	1	2	0.28	0.31	ACEPTABLE	DÉBIL
32. L'HOSPITALET-PRÈS-L'ANDORRE / L'OSPITALET	1425	Midi-Pyrénées	1959-2010*	92.3	4	5	0.35	0.31	DÉBIL	DÉBIL
33. LE MAS-D'AZIL / LO MAS D'ASILH	288	Midi-Pyrénées	1953-2010*	98.6	4	2	0.19	0.27	MUY BUENA	ACEPTABLE
34. ORLU / ORLUN**	908	Midi-Pyrénées	1950-1993*	100.0	2	2	0.23	0.23	BUENA	BUENA
35. LORP-SENTARAILLE / L'ORP E SENTA ARALHA	414	Midi-Pyrénées	1950-2010	95.0	1	2	0.16	0.21	MUY BUENA	BUENA
36. TARASCON-SUR-ARIEGE / TARASCON D'ARIÈJA	475	Midi-Pyrénées	1959-2010*	100.0	2	2	0.26	0.22	ACEPTABLE	BUENA
37. BAGNÈRES-DE-LUCHON / BANYÈRAS DE LUSHON	618	Midi-Pyrénées	1959-2010*	90.5	4	3	0.21	0.25	BUENA	BUENA
38. CIERP-GAUD / CIÈRP E GAUD	500	Midi-Pyrénées	1959-2010*	99.4	3	4	0.26	0.25	ACEPTABLE	BUENA
39. JUZET D'IZAUT / JUSÈTH D'AISAUT**	575	Midi-Pyrénées	1959-1999*	98.8	1	3	0.19	0.21	MUY BUENA	BUENA
40. ACCOUS / ACÓS	495	Aquitaine	1952-2010*	98.9	3	2	0.24	0.28	BUENA	ACEPTABLE
41. ANGLET / ANGELU	71	Aquitaine	1956-2010*	100.0	2	2	0.21	0.18	MUY BUENA	MUY BUENA
42. BANCA / BANKA	256	Aquitaine	1950-2010	99.2	3	3	0.24	0.23	MUY BUENA	BUENA
43. CIBOURE / ZIBURU	21	Aquitaine	1950-2010	100.0	1	1	0.26	0.19	ACEPTABLE	MUY BUENA
44. LARUNS - ARTOUSTE / LARUNTZ - ARTOUSTE	1142	Aquitaine	1950-2010	99.8	2	3	0.29	0.25	ACEPTABLE	BUENA
45. UZEIN – PAU / USENH – PAU	183	Aquitaine	1950-2010	100.0	3	2	0.17	0.21	MUY BUENA	BUENA
46. ARAGNOUET / ARANHOET	1016	Midi-Pyrénées	1950-2010	96.6	1	3	0.33	0.32	DÉBIL	DÉBIL
47. ARREAU / ÀRREU	722	Midi-Pyrénées	1950-2010	99.6	1	2	0.33	0.46	DÉBIL	DÉBIL
48. BAGNÈRES-DE-BIGORRE / BANYÈRAS DE BIGÒRRA	2880	Midi-Pyrénées	1950-2010	99.8	1	2	0.44	0.39	DÉBIL	DÉBIL
49. CAMPAN	1200	Midi-Pyrénées	1959-2010*	96.6	3	2	0.32	0.35	DÉBIL	DÉBIL
50. CAUTERETS / CAUTERÉS	917	Midi-Pyrénées	1954-2010*	98.4	2	4	0.28	0.38	ACEPTABLE	DÉBIL
51. LANNEMEZAN / LANAMESA	638	Midi-Pyrénées	1959-2010*	99.5	1	2	0.17	0.19	MUY BUENA	MUY BUENA
52. LOURDES / LORDA	415	Midi-Pyrénées	1950-2010	95.5	2	1	0.35	0.31	DÉBIL	DÉBIL
53. MAUBOURGUET / MAUBORGUET	178	Midi-Pyrénées	1950-2010	99.0	2	5	0.29	0.29	ACEPTABLE	ACEPTABLE
54. MONTÉGUT / MONTAGUT	490	Midi-Pyrénées	1950-2010	99.5	2	3	0.17	0.19	MUY BUENA	MUY BUENA
55. TARBES – OSSUN / TARBA - AUSSUN	360	Midi-Pyrénées	1950-2010	100.0	0	2	0.17	0.17	MUY BUENA	MUY BUENA
56. ANGOUSTRINE / ANGOSTRINA**	1381	Languedoc-Roussillon	1959-2006*	92.5	1	3	0.20	0.2	BUENA	MUY BUENA
57. BANYULS-SUR-MER / BANYULS DE LA MARENDA	80	Languedoc-Roussillon	1958-2010*	100.0	1	2	0.21	0.24	BUENA	BUENA

SERIE	Altura (m)	Región	Cobertura temporal	% datos disponibles ¹	PR TX	PR TN	AMD TX	AMD TN	Calidad serie TX	Calidad serie TN
58. CANOHÈS / CÀNOES	73	Languedoc-Roussillon	1955-2010*	99.9	4	4	0.25	0.21	BUENA	BUENA
59. FILLOLS**	725	Languedoc-Roussillon	1950-2005*	99.4	3	3	0.23	0.19	BUENA	MUY BUENA
60. FORMIGUÈRES / FORMIGUERA	1495	Languedoc-Roussillon	1950-2010	95.6	4	4	0.29	0.31	ACEPTABLE	DÉBIL
61. MILLAS / MILLARS**	103	Languedoc-Roussillon	1956-1998*	100.0	4	3	0.20	0.24	BUENA	BUENA
62. NOHÈDES / NOEDES**	995	Languedoc-Roussillon	1958-2007*	98.5	3	4	0.44	0.47	DÉBIL	DÉBIL
63. PERPIGNAN / PERPINYÀ	42	Languedoc-Roussillon	1950-2010	100.0	1	0	0.16	0.21	MUY BUENA	BUENA
64. PORT- VENDRES / PORTVENDRES	82	Languedoc-Roussillon	1950-2010	100.0	1	1	0.22	0.24	BUENA	BUENA
65. LE TECH / EL TEC**	548	Languedoc-Roussillon	1956-2007*	97.8	1	2	0.26	0.25	ACEPTABLE	BUENA
66. TORREILLES / TORRELLES DE LA SALANCA	7	Languedoc-Roussillon	1950-2010	98.8	2	3	0.23	0.28	BUENA	ACEPTABLE

APÉNDICE 2. Características de las series de precipitación utilizadas en el estudio.

PR, Puntos de Ruptura / PPT, Precipitación / AMD, Amplitud Mínima Detectable

* indica que el período de observación disponible es menor al de 1950-2010

** indica que es una serie secundaria (no operativa o cubre parcialmente el período analizado), y se ha utilizado de apoyo en el proceso de homogeneización

SERIE	Altura (m)	Región	Cobertura temporal	% datos disponibles	PR PPT	# series cor > 0,8	AMD PPT	Calidad serie PPT
1. ANDORRA LA VELLA – CENTRAL	1145	Andorra	1950-2010	100,0	0	7	0,12	BUENA
2. RANSOL	1645	Andorra	1950-2010	100,0	0	2	0,13	ACEPTABLE
3. ACCOUS / ACÓS	495	Aquitaine	1951-2010*	99,7	0	21	0,08	MUY BUENA
4. ANGET – BIARRITZ / ANGELU – BIARRITZ	71	Aquitaine	1956-2010*	99,7	0	9	0,10	BUENA
5. BANCA / BANKA	256	Aquitaine	1950-2010	99,2	0	22	0,07	MUY BUENA
6. BELLOCQ / BETLOC	45	Aquitaine	1951-2010*	100,0	1	11	0,08	MUY BUENA
7. BENEJACQ / BENEJAC	255	Aquitaine	1955-2010*	98,5	0	20	0,07	MUY BUENA
8. BUZY / BUSI	303	Aquitaine	1951-2010*	100,0	0	21	0,07	MUY BUENA
9. CIBOURE / ZIBURU	21	Aquitaine	1950-2010	100,0	0	2	0,11	ACEPTABLE
10. ESPOEY / ESPUEI	312	Aquitaine	1950-2010	100,0	0	26	0,07	MUY BUENA
11. LAGOR	130	Aquitaine	1956-2010*	99,5	0	16	0,07	MUY BUENA
12. LARRAU / LARRAINE	636	Aquitaine	1956-2010*	100,0	0	26	0,07	MUY BUENA
13. LARUNS - ARTOUSTE / LARUNTZ - ARTOUSTE	1142	Aquitaine	1950-2010	99,9	0	18	0,10	BUENA
14. LARUNS - HOURAT / LARUNTZ – HOURAT	523	Aquitaine	1950-2010	99,2	0	25	0,08	MUY BUENA
15. LASSEUBE / LA SEUVA	217	Aquitaine	1950-2010	99,6	0	28	0,06	MUY BUENA
16. LEMBEYE / LENVEJA	310	Aquitaine	1950-2010	99,0	1	19	0,07	MUY BUENA
17. LICQ-ATHEREY / LIGI-ATHEREI	288	Aquitaine	1956-2010*	100,0	0	23	0,08	MUY BUENA
18. NAVARRENX / NABARRENGOSE	134	Aquitaine	1950-2010	99,9	0	25	0,07	MUY BUENA
19. POMPS / POMS	125	Aquitaine	1950-2010	99,9	0	14	0,07	MUY BUENA
20. TROIS VILLES / IRURI	216	Aquitaine	1952-2010*	98,6	0	15	0,06	MUY BUENA
21. UZEIN - PAU / USENH - PAU	183	Aquitaine	1950-2010	100,0	0	23	0,07	MUY BUENA
22. ALMUDÉVAR	390	Aragón	1950-2010	88,4	0	18	0,14	BUENA
23. AYERBE	582	Aragón	1950-2010	81,1	0	20	0,12	BUENA
24. BARBASTRO	338	Aragón	1951-2010*	58,1	0	16	0,17	ACEPTABLE
25. BERBEGAL	480	Aragón	1951-2010*	98,6	0	10	0,13	BUENA
26. BESCÓS DE GARCIPOLLERA	920	Aragón	1955-2010*	98,1	0	7	0,11	BUENA

SERIE	Altura (m)	Región	Cobertura temporal	% datos disponibles	PR PPT	# series cor > 0,8	AMD PPT	Calidad serie PPT
27. BIEL	760	Aragón	1950-2010	92,3	0	9	0,11	BUENA
28. BOLTAÑA	643	Aragón	1950-2010	99,0	0	11	0,11	BUENA
29. BROTO	1005	Aragón	1950-2010	97,8	0	17	0,08	MUY BUENA
30. CANFRANC – LOS ARAÑONES	1160	Aragón	1950-2010	98,0	0	6	0,11	BUENA
31. EL PUEYO DE JACA	1091	Aragón	1950-2010	98,5	0	12	0,10	BUENA
32. FISCAL**	770	Aragón	1961-2010*	98,8	0	18	0,09	BUENA
33. GISTAÍN / CHISTÉN**	1422	Aragón	1961-2010*	95,7	0	17	0,09	BUENA
34. HECHO	860	Aragón	1956-2010*	84,7	0	13	0,12	BUENA
35. HOSTAL DE IPIÉS	780	Aragón	1951-2010*	80,0	2	2	0,12	DÉBIL
36. HUESCA – PIRINEOS	541	Aragón	1950-2010	97,8	1	15	0,12	BUENA
37. LA PEÑA (EMBALSE)**	589	Aragón	1966-2010*	98,1	0	24	0,11	BUENA
38. LA SOTONERA (EMBALSE)	413	Aragón	1950-2010	99,5	2	6	0,15	DÉBIL
39. LINÁS DE BROTO**	1333	Aragón	1961-2010*	97,2	0	11	0,08	MUY BUENA
40. LOARRE	790	Aragón	1957-2010*	90,0	0	12	0,12	BUENA
41. MEDIANO (EMBALSE)**	504	Aragón	1950-2008*	95,1	0	17	0,10	BUENA
42. NUENO**	726	Aragón	1961-2005*	97,0	0	16	0,13	BUENA
43. PINETA (PRESA)	1150	Aragón	1950-2010	99,6	0	5	0,11	ACEPTABLE
44. RADIQUEIRO	625	Aragón	1954-2010*	97,4	0	20	0,11	BUENA
45. SABIÑÁNIGO	790	Aragón	1950-2010	98,5	0	12	0,11	BUENA
46. SALLENT DE GÁLLEGO	1285	Aragón	1953-2010*	98,3	0	16	0,09	BUENA
47. SAN JUAN DE PLAN**	1124	Aragón	1962-2007*	95,8	0	6	0,10	BUENA
48. SARVISÉ**	863	Aragón	1961-2010*	96,8	0	23	0,09	BUENA
49. SEIRA**	815	Aragón	1950-2007*	77,2	0	5	0,11	ACEPTABLE
50. TAMARITE DE LITERA / TAMARIT DE LLITERA	318	Aragón	1956-2010*	81,1	1	8	0,13	BUENA
51. TORLA	1053	Aragón	1953-2010*	98,4	0	21	0,08	MUY BUENA
52. UNCASTILLO**	601	Aragón	1950-2004*	91,5	0	13	0,12	BUENA
53. VILLANÚA	973	Aragón	1950-2010	45,5	0	17	0,10	BUENA
54. ADRALL**	642	Catalunya	1950-1996*	97,3	0	9	0,12	BUENA
55. BALSARENY - VILAFRONS	327	Catalunya	1950-2010	94,8	0	3	0,12	ACEPTABLE
56. BERGA	711	Catalunya	1955-2010*	99,7	0	6	0,13	BUENA
57. BORGONYÀ	521	Catalunya	1950-2010	98,8	0	6	0,14	BUENA
58. CABDELLA (CENTRAL)**	1273	Catalunya	1950-1994*	98,3	0	7	0,11	BUENA

SERIE	Altura (m)	Región	Cobertura temporal	% datos disponibles	PR PPT	# series cor > 0,8	AMD PPT	Calidad serie PPT
59. CADAQUÉS	10	Catalunya	1950-2010	89,3	0	0	0,26	DÉBIL
60. CAMPDEVÀNOL	761	Catalunya	1950-2010	99,9	0	5	0,14	ACEPTABLE
61. CASSERRES – REC DE LA BAUMA**	615	Catalunya	1960-2010*	94,8	0	7	0,12	BUENA
62. CASTELLFOLLIT DE LA ROCA	296	Catalunya	1955-2010*	87,1	1	10	0,15	ACEPTABLE
63. EL PONT DE SUERT	823	Catalunya	1950-2010	98,4	0	10	0,10	BUENA
64. ESCÓS**	790	Catalunya	1950-1988*	97,9	0	13	0,11	BUENA
65. ESTERRI D'ÀNEU**	950	Catalunya	1955-2005*	85,1	0	4	0,12	ACEPTABLE
66. FIGUERES	40	Catalunya	1950-2010	90,0	0	4	0,19	DÉBIL
67. GIRONA	72	Catalunya	1950-2010	99,3	0	3	0,16	DÉBIL
68. LA MOLINA**	1704	Catalunya	1955-1998*	93,4	0	5	0,13	ACEPTABLE
69. MALLA	570	Catalunya	1950-2010	99,7	0	7	0,14	BUENA
70. MOIÀ	800	Catalunya	1950-2010	97,7	2	5	0,13	DÉBIL
71. MOLINOS**	981	Catalunya	1950-1995*	97,5	0	9	0,11	BUENA
72. OLIANA	490	Catalunya	1950-2010	97,5	1	8	0,12	BUENA
73. ORGANYÀ	566	Catalunya	1950-2010	99,5	0	9	0,13	BUENA
74. PONTS – OLIOLA	443	Catalunya	1956-2010*	93,3	1	1	0,20	DÉBIL
75. PUIG-REIG	420	Catalunya	1950-2010	93,6	1	5	0,13	ACEPTABLE
76. RINER – XIXONS	610	Catalunya	1952-2010*	98,9	0	10	0,14	BUENA
77. TORELLÓ	350	Catalunya	1950-2010	99,2	0	3	0,14	ACEPTABLE
78. TREMP	461	Catalunya	1950-2010	97,3	2	5	0,13	DÉBIL
79. VIELHA	975	Catalunya	1950-2010	95,1	0	2	0,09	ACEPTABLE
80. VILANOVA DE SAU - TORTADES	850	Catalunya	1956-2010*	95,2	0	8	0,16	ACEPTABLE
81. ARQUES	357	Languedoc-Roussillon	1950-2010	99,7	0	2	0,13	ACEPTABLE
82. CANOHES / CÀNOES	73	Languedoc-Roussillon	1954-2010*	97,5	0	8	0,15	ACEPTABLE
83. CERET	139	Languedoc-Roussillon	1950-2010	98,8	0	9	0,16	ACEPTABLE
84. CODALET	450	Languedoc-Roussillon	1950-2010	99,5	1	10	0,15	ACEPTABLE
85. DORRES	1450	Languedoc-Roussillon	1950-2010	96,9	0	2	0,15	DÉBIL
86. FILLOLS**	725	Languedoc-Roussillon	1950-2005*	99,0	0	4	0,18	DÉBIL
87. FITOU	10	Languedoc-Roussillon	1950-2010	99,2	0	4	0,18	DÉBIL
88. LATOUR DE FRANCE / LA TOR DE FRANÇA	110	Languedoc-Roussillon	1950-2010	97,8	0	7	0,17	ACEPTABLE
89. LIMOUX / LIMÓS	230	Languedoc-Roussillon	1950-2010	100,0	1	1	0,13	ACEPTABLE
90. MONT-LOUIS / MONTLLUÍS	1600	Languedoc-Roussillon	1950-2010	99,0	0	2	0,15	DÉBIL

SERIE	Altura (m)	Región	Cobertura temporal	% datos disponibles	PR PPT	# series cor > 0,8	AMD PPT	Calidad serie PPT
91. PERPIGNAN / PERPINYÀ	42	Languedoc-Roussillon	1950-2010	99,9	0	6	0,17	ACEPTABLE
92. PORT LA NOUVELLE / LA NOVÈLA	5	Languedoc-Roussillon	1950-2010	100,0	1	1	0,22	DÉBIL
93. PORT- VENDRES / PORTVENDRES	82	Languedoc-Roussillon	1950-2010	100,0	0	4	0,19	DÉBIL
94. PRATS DE MOLLÓ**	725	Languedoc-Roussillon	1950-2001*	98,1	0	5	0,15	DÉBIL
95. SAINT MARSAL / SANT MARÇAL	717	Languedoc-Roussillon	1950-2010	98,4	0	6	0,17	ACEPTABLE
96. SOURNIA / SORNIA	515	Languedoc-Roussillon	1950-2010	98,5	0	5	0,19	DÉBIL
97. ARAGNOUET / ARANHOET	1016	Midi-Pyrénées	1950-2010	98,2	0	4	0,10	ACEPTABLE
98. ARREAU / ÀRREU	722	Midi-Pyrénées	1950-2010	99,9	0	15	0,08	MUY BUENA
99. ARRENS – MARSOUS / ARRENS E MARÇÓS	910	Midi-Pyrénées	1953-2010*	99,6	0	17	0,09	BUENA
100. AUGIREIN / AUGIRENH	631	Midi-Pyrénées	1950-2010	99,2	1	11	0,07	MUY BUENA
101. AULUS LES BAINS / AULÚS	733	Midi-Pyrénées	1952-2010*	99,6	0	10	0,08	MUY BUENA
102. AYROS – ARBOUX / AIRÒS E ARBOISH	470	Midi-Pyrénées	1950-2010	100,0	1	21	0,08	MUY BUENA
103. BAREGES / VARÈTJA	1215	Midi-Pyrénées	1950-2010	100,0	0	7	0,11	BUENA
104. BELESTA / BELLESTAR	490	Midi-Pyrénées	1950-2010	99,6	0	10	0,09	BUENA
105. BLAJAN	325	Midi-Pyrénées	1950-2010	97,5	0	7	0,11	BUENA
106. CAMPAN	1200	Midi-Pyrénées	1952-2010*	97,5	0	15	0,08	MUY BUENA
107. CIERP-GAUD / CIÈRP E GAUD	500	Midi-Pyrénées	1952-2010*	99,3	0	11	0,08	MUY BUENA
108. COUFLENS / COFLENS	855	Midi-Pyrénées	1952-2010*	99,7	0	5	0,09	ACEPTABLE
109. LABARTHE-RIVIERE / ERA BARTA D'ARRIBÈRA	394	Midi-Pyrénées	1952-2010*	99,6	1	6	0,10	BUENA
110. LANNEMEZAN / LANAMESA	638	Midi-Pyrénées	1950-2010	100,0	0	22	0,07	MUY BUENA
111. LE MAS D'AZIL / LO MAS D'ASILH	288	Midi-Pyrénées	1951-2010*	92,5	1	5	0,09	ACEPTABLE
112. L'HOSPITALET-PRES-L'ANDORRE / L'OSPITALET	1425	Midi-Pyrénées	1952-2010*	98,4	0	0	0,12	ACEPTABLE
113. LOURDES / LORDA	415	Midi-Pyrénées	1950-2010	99,7	1	14	0,09	BUENA
114. BAGNERES DE LUCHON / BANHÈRAS DE LIUSHON	620	Midi-Pyrénées	1950-2010	95,8	0	3	0,10	ACEPTABLE
115. MAUBOURGUET / MAUBORGUET	178	Midi-Pyrénées	1950-2010	99,7	0	9	0,08	MUY BUENA
116. MONTÉGUT / MONTAGUT	490	Midi-Pyrénées	1950-2010	99,3	0	20	0,08	MUY BUENA
117. ORLU / ORLUN	908	Midi-Pyrénées	1950-2010	99,0	1	10	0,08	MUY BUENA
118. SAINT GIRONS / SENT GIRONÇ	414	Midi-Pyrénées	1950-2010	92,9	0	11	0,08	MUY BUENA
119. SOUEIX – ROGALLE	515	Midi-Pyrénées	1950-2010	99,9	0	11	0,07	MUY BUENA
120. TARASCON SUR ARIEGE / TARASCON D'ARIEJA	475	Midi-Pyrénées	1953-2010*	99,4	1	10	0,07	MUY BUENA
121. TARBES – OSSUN / TARBA – AUSSUN	360	Midi-Pyrénées	1950-2010	100,0	0	19	0,08	MUY BUENA
122. TRIE SUR BAISE / TRIA DE BAÏSA	231	Midi-Pyrénées	1950-2010	98,2	0	7	0,09	BUENA

SERIE	Altura (m)	Región	Cobertura temporal	% datos disponibles	PR PPT	# series cor > 0,8	AMD PPT	Calidad serie PPT
123. VERDUN	550	Midi-Pyrénées	1951-2010*	98,9	0	9	0,08	MUY BUENA
124. ABAURREA ALTA / ABAURREGAINA	1047	Navarra	1958-2010*	98,4	0	1	0,10	ACEPTABLE
125. ALLOZ - EMBALSE**	475	Navarra	1965-2010*	99,3	0	4	0,14	ACEPTABLE
126. ALSASUA / ALTSASU	525	Navarra	1950-2010	97,4	0	0	0,12	ACEPTABLE
127. ARTIKUTZA	305	Navarra	1950-2010	98,6	1	8	0,09	BUENA
128. CAPARROSO	304	Navarra	1950-2010	98,9	0	3	0,12	ACEPTABLE
129. CARCASTILLO (LA OLIVA)	340	Navarra	1950-2010	97,3	0	2	0,13	ACEPTABLE
130. GOIZUETA	320	Navarra	1950-2010	62,8	0	14	0,09	BUENA
131. JAVIER – CASTILLO / XABIER – GAZTELU	455	Navarra	1954-2010*	96,8	0	10	0,11	BUENA
132. MONREAL / ELO**	545	Navarra	1983-2010*	97,9	0	8	0,10	BUENA
133. NAVASCUÉS / NABASKOZE**	615	Navarra	1984-2010*	96,3	0	18	0,10	BUENA
134. OLITE / ERRIBERRI	390	Navarra	1950-2010	98,2	0	1	0,13	ACEPTABLE
135. PAMPLONA / IRUÑA	450	Navarra	1953-2010*	97,1	0	5	0,10	ACEPTABLE
136. SANTESTEBAN / DONEZTEBE	131	Navarra	1950-2010	94,1	0	4	0,09	ACEPTABLE
137. YESA – EMBALSE / ESA – URTEGI	515	Navarra	1950-2010	99,6	1	5	0,12	ACEPTABLE
138. ZUAZU / ZUHATZU**	625	Navarra	1987-2010*	95,5	0	14	0,09	BUENA
139. ZUBIRI**	526	Navarra	1966-2010*	79,4	0	4	0,10	ACEPTABLE