

EJERCICIO DE HOMOGENEIZACIÓN Y RELLENO DE SERIES DIARIAS DE TEMPERATURA MÁXIMA, MEDIANTE EL USO DE CLIMATOL

Elisa M^a HERNÁNDEZ GARCÍA, Juan A. GARCÍA VALERO,
Juan E. PALENZUELA CRUZ, Fernando BELDA ESPLUGUES
Delegación Territorial de AEMET en la Región de Murcia (España)
ehernandezg@aemet.es, jugarciav@aemet.es, jpalenzuelac@aemet.es, fbldae@aemet.es

RESUMEN

Disponer de series diarias de variables climáticas con un periodo temporal suficientemente largo es necesario para un análisis profundo de la variabilidad natural, y fundamental en el análisis de extremos. No obstante, las inhomogeneidades y lagunas presentes en las series son un gran inconveniente requiriéndose para ello el uso de métodos de homogeneización y relleno de lagunas, la mayoría de ellos pensados para la escala mensual. En este estudio se presentan los resultados de diferentes pruebas de homogeneización y relleno de 83 series diarias de temperatura máxima ubicadas en la Región de Murcia. Las pruebas fueron efectuadas con el paquete estadístico Climatol (R software) que genera series de referencia con la información de las estaciones disponibles y evalúa la homogeneidad de las series de anomalías entre cada estación y su referencia mediante el test SNHT. Los resultados evidencian la necesidad de emplear valores de los estadísticos para el rechazo de la homogeneidad muy superiores a los propuestos por otros autores en la escala mensual.

Palabras clave: homogeneización, Climatol, estadístico, temperaturas máximas diarias.

ABSTRACT

In order to study the natural variability of climatological series of temperature and to analyse extremes, it is necessary obtaining long and homogeneous reference series. However, climatological records often contain inhomogeneities and missing data. Therefore, homogenization and missing data filling methods are required, most of them applied only to monthly data. In this study, the results of some homogenization and missing data filling tests, applied to 83 maximum temperature daily series, distributed over the Murcia Region, are shown. Tests were carried out with the statistical package Climatol (R software), which creates reference series from data of stations and also, it evaluates the homogeneity of anomaly series between each station and its reference, by means of the SNHT test. Results show the necessity of using higher statistical values to reject the homogeneity than those suggested by other authors for monthly data.

Key words: homogenization, Climatol, statistical, daily maximum temperature.

1. INTRODUCCIÓN

La obtención de una base de datos climática homogénea y de calidad, constituye un paso necesario para la validez de los resultados que puedan derivarse de su análisis posterior. Los cambios de

ubicación en las estaciones de medida, así como los cambios en el sistema de observación (cambios de observador, en las prácticas de observación o en los equipos de medida), o los producidos en el entorno de las estaciones son algunas de las causas que inducen a la presencia de inhomogeneidades en las series climáticas (Aguilar et al, 2003; Khaliq y Ouarda, 2007). Así, se considera que una serie es homogénea cuando sus variaciones responden exclusivamente a causas climáticas (Conrad y Pollack, 1962). Sin embargo, aparte de las posibles inhomogeneidades presentes en las series, la presencia de datos faltantes o de lagunas en éstas constituye otro de los problemas frecuentes que requiere el uso de técnicas de relleno.

Bajo un contexto de Cambio Climático como el actual (IPCC) es necesario disponer de series completas y homogéneas de longitud suficientemente larga que permitan el análisis de la variabilidad natural, así como de otros comportamientos de las series, como el de sus valores medios o extremos. Para ello, se ha desarrollado un número importante de técnicas de relleno de lagunas y homogeneización, cuya aplicación depende, entre otras cosas, del uso que vaya a darse a los datos, de las escalas espacio-temporales de las series disponibles (regional, local, anual, mensual, estacional, diaria, etc.), así como de la variable climática a tratar. La mayoría de los métodos de homogeneización desarrollados hasta la fecha se han aplicado en estudios relacionados con series de temperatura y precipitación de carácter anual, mensual o estacional (Peterson *et al.*, 1998; Ducré-Robitaille *et al.*, 2003,), mientras que sólo en un número de ellos mucho más reducido, se llevó a cabo el estudio de la homogeneidad de series diarias. Sin embargo, en la mayoría de éstos los métodos de detección de inhomogeneidades se aplicaron sobre las series anuales o mensuales. Entre éstos, destacan algunos trabajos como el de Della-Marta y Wanner, 2006, aplicados a las series de temperaturas diarias en Austria y en el que se explica un modelo no lineal (Higher-Order Moments, HOM) para la corrección de las series una vez detectada una inhomogeneidad. En Kuglitsch *et al.*, 2009, se llevó a cabo una homogeneización de las series diarias de temperaturas máximas en los meses de verano (JJAS), para una red de estaciones de la cuenca mediterránea, empleando el método ideado por Cassinus y Mestre (2004) para la detección de inhomogeneidades (penalizado log probabilidad) aplicado a la escala anual, y el método HOM para la corrección de las series diarias. Uno de los trabajos más recientes aplicados a la Península Ibérica, podemos encontrarlo en Brunet *et al.*, 2006. En este estudio, se homogenizaron las temperaturas máximas y mínimas diarias de 22 estaciones utilizando el método SNHT para detectar saltos en la media de las series mensuales, corrigiendo posteriormente los sesgos en la escala diaria mediante el uso de un método de interpolación lineal.

La gran variabilidad de los registros diarios frente a la de los valores mensuales o anuales, dificulta en gran medida la aplicación directa de métodos de identificación de inhomogeneidades en la escala diaria. En este trabajo, se plantea la aplicación del método SNHT a las temperaturas máximas diarias, procedentes de una red compuesta por 83 estaciones ubicadas en la Región de Murcia (España). La alta densidad de estaciones (Fig. 1) y la coherencia climática de la región de estudio pueden ser dos razones que faciliten la detección de saltos en alta frecuencia. Para el desarrollo de este estudio se ha hecho uso del paquete estadístico de R, Climatol (Guijarro, 2011), que permite la automatización del proceso completo de homogeneización y relleno de lagunas, y cuya aplicación en la escala mensual ha sido validada dentro de la Acción Cost, HOME (Venema, et al., 2012).

Este trabajo se estructura de la siguiente forma. En la Sección 2 se describe la base de datos (BBDD) utilizada, el control de calidad (QC) previo aplicado a las series, así como la metodología

y las diferentes pruebas de homogeneización desarrolladas. Los resultados y las principales conclusiones se muestran en las Secciones 3 y 4, respectivamente.

2. METODOLOGÍA

2.1. Base de datos

La base de datos está constituida por series climáticas de temperaturas máximas diarias de 83 estaciones meteorológicas de la red termopluviométrica que AEMET tiene distribuidas en la Región de Murcia. La localización de las estaciones aparece representada en la Figura 1, donde se muestran resaltadas en color azul las 19 estaciones que presentan más de un 90% de datos diarios en el periodo 1950-2010, y a las cuáles denominaremos de aquí en adelante como estaciones PD90.

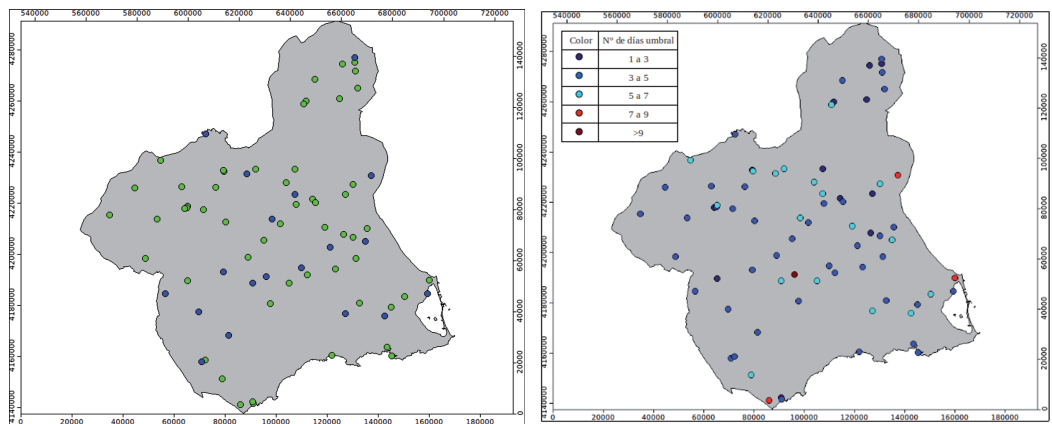


FIG. 1: Localización de las 83 estaciones utilizadas. A la izquierda, se muestran representadas en azul las estaciones con más del 90% de datos en el periodo 1951-2010. A la derecha, aparece representada la persistencia máxima admitida en el proceso de QC para cada una de las series.

2.2. Control de calidad

Durante el periodo previo al año 2000, el QC aplicado a los datos en la Delegación Territorial de AEMET en la Región de Murcia, consistía fundamentalmente en la detección de valores imposibles, como el hecho de que las temperaturas máximas no pudieran exceder determinados umbrales ($t_{max} < 50\text{ }^{\circ}\text{C}$), o bien que las temperaturas máximas de un día debían superar los valores de las temperaturas mínimas ($t_{max} > t_{min}$). A partir del año 2000, además de este QC, los datos empezaron a ser sometidos de forma regular a un chequeo de consistencia espacial en el que se comparaban los valores de una estación con los de las estaciones vecinas que compartían una variabilidad similar con la serie a chequear.

El QC aplicado a los datos durante el periodo de estudio probablemente no haya filtrado otro tipo de errores presentes en las series, como puede ser el hecho de una persistencia alta de valores durante un número considerable de días consecutivos (Feng *et al.*, 2004; Kuglitsch *et al.*, 2009), fenómeno que no responde a la variabilidad natural y sí a una mala práctica en la observación. Por otro lado, el periodo temporal dentro del periodo de estudio, en el que se lleva realizando el chequeo de consistencia espacial, parece insuficiente. Por ambas razones, se han planteado dos nuevos filtros en el QC de las series.

En primer lugar, se ha realizado un chequeo de la persistencia de las series, sustituyéndose por valores faltantes a aquellos datos en los que a partir de un determinado número de días consecutivos se repetían los valores de temperatura máxima. El número máximo de días consecutivos con repetición de las temperaturas máximas se estimó previamente para cada serie, puesto que su valor puede variar de unas estaciones a otras, debido a las diferentes prácticas de observación que pueden aparecer entre los distintos colaboradores que recogen la información, así como por los diferentes sensores de las estaciones, como también por la diferente variabilidad climática entre las distintas ubicaciones. De este modo, el valor umbral de días consecutivos se estimó a partir de la función de distribución empírica de la persistencia obtenida para las distintas series, escogiéndose como tal, el valor medio resultante de considerar el tercer cuartil y el valor máximo de persistencia de cada serie. En la Figura 1 aparece el valor considerado para cada estación, observándose un umbral medio de persistencia entre 3 y 5 días en la mayoría de las estaciones.

En segundo lugar, se realizó un chequeo de consistencia espacial de los datos diarios. Así, para cada día se obtuvo un valor de temperatura media regional con todas las estaciones disponibles, obteniéndose para cada una de ellas su serie de diferencias normalizada respecto a la media regional. A partir de estas series, se reemplazaron por valores faltantes a aquellos días con desviaciones estandarizadas superiores a 3.

Tras el QC se generó una BBDD que fue sometida al proceso de homogeneización que se describe a continuación.

2.3. Proceso de homogeneización de las series térmicas

La homogeneización de la BBDD fue llevada cabo con la versión 2.1. del paquete Climatol (Guijarro, 2011), desarrollado dentro del proyecto R de GNU. El software lleva implementadas diferentes funciones que permiten llevar a cabo una depuración de los datos, mediante un análisis de outliers, y de homogeneidad, así como un relleno de lagunas en las series. Para su inicialización, las funciones de Climatol requieren un conjunto de parámetros que deben ajustarse en relación a las particularidades de la BBDD (variable climática, densidad de la red de estaciones, escala temporal, etc.), así como de la aplicación que pretenda dársele a las series resultantes.

Climatol hace uso de un proceso de homogeneización relativa, mediante la creación de series de referencia, construidas a partir de un promedio ponderado de las estaciones vecinas en cada una de los puntos dónde se ubican las estaciones. Para la ponderación de cada una de las estaciones se considera el criterio de la distancia, el cuál parece presentar buenos resultados cuando se dispone de una red densa de estaciones pertenecientes a una región de gran coherencia climática. El mayor o menor peso otorgado a las estaciones vecinas, está controlado por el parámetro *wd* de la función Climatol. Construidas las series de referencia mediante un proceso iterativo de optimización (más detalles en Guijarro, 2011), se calculan las series de anomalías, obtenidas a partir de las diferencias entre los datos normalizados de las estaciones originales y de las series de referencia. Posteriormente, a las series de diferencias normalizadas se le aplica un análisis de outliers, eliminándose aquellos registros de los datos originales que superan un determinado umbral de desviaciones estándar, fijado previamente en uno de los parámetros de la función (*dz.max*). A continuación, se procede a detectar las inhomogeneidades presentes en las series de diferencias, haciendo uso, para ello, del test SNHT (Alexandersson-Moberg), que sirve para detectar saltos en los valores medios. Con el fin de mejorar la capacidad de detección del test SNHT, éste se aplica en una primera etapa por ventanas temporales móviles, de forma que así se posibilita la detección de saltos que pudieran compensarse al aplicar el método directamente a toda la

ventana temporal. Tras la detección de inhomogeneidades por etapas, la función Climatol vuelve a aplicar el test de homogeneidad a la serie completa, con el fin de detectar otros saltos más pequeños que pueden haber pasado inadvertidos en el proceso por ventanas. Una característica importante de Climatol es que, cada vez que detecta una inhomogeneidad, se produce la división de la serie inicial en dos nuevas series independientes, una previa y otra posterior al punto de salto.

Analizadas todas las inhomogeneidades y obtenidas las nuevas series en las que se dividieron las series iniciales, Climatol finaliza con un relleno de las lagunas y de los outliers detectados, tanto de las series que no experimentaron ninguna ruptura como de las nuevas series generadas.

En Guijarro 2011, están definidos por defecto una serie de valores de los parámetros necesarios para la inicialización de las funciones de Climatol. Sin embargo, los valores propuestos son válidos para el tratamiento con series mensuales, siendo necesario reajustarlos para el empleo de datos diarios (Guijarro, 2011). Por otro lado, dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar a las series resultantes (análisis de variabilidad, tendencia de valores medios, extremos, etc), los parámetros podrían ajustarse de una u otra manera. En nuestro caso, el objetivo es lograr una BBDD para poder utilizarla en el análisis de la variabilidad y de algunos índices de extremos. Por ello, se han considerado ciertos valores de parámetros que pueden ayudar a conservar algunas de las características regionales, así como otras de tipo más local. En este sentido, el parámetro que controla la ponderación de las estaciones (*wd*) para la construcción de las series de referencia, se ha tomado como valor nulo, lográndose, de este modo, series de referencia con poca influencia local y con características más de tipo regional. Sin embargo, en la etapa de relleno se consideró un valor 15, que supone otorgar un mayor peso a las estaciones de referencia vecinas. En cuanto al parámetro que controla la definición de outliers, *dz.max*, no se ha modificado su valor (por defecto $dz.max=5$). La elección de este valor supone ser bastante conservador con los valores extremos, con el fin de mantener la mayor variabilidad posible de las series originales.

Dos parámetros, cuyo ajuste resulta fundamental para la escala diaria, son los que definen los umbrales de rechazo del test de homogeneidad, cuando es aplicado por ventanas, *tv*, o cuando se aplica a todo el periodo de tiempo, *snht*. Existen valores de *tv* predefinidos en la literatura, para el caso de que la variable del test cumpla la hipótesis de normalidad (Alexandersson y Moberg, 1997; Khaliq y Ouarda, 2007). Sin embargo, para las temperaturas máximas diarias, la normalidad no se cumple, requiriéndose por ello investigar sobre nuevos umbrales. Por otro lado, para evitar la influencia de la autocorrelación de los datos diarios en el proceso de análisis de la homogeneidad por ventanas, debe seleccionarse un tamaño de ventana lo suficientemente grande, definido en Climatol por el parámetro *swa*. En nuestro caso, se consideró un valor de *swa* de 365 días, el cual, resulta suficiente para la eliminación de la autocorrelación durante el análisis de la homogeneidad.

Para la determinación del parámetro *tv*, Climatol permite realizar un proceso de relleno de lagunas, analizándose la homogeneidad, pero sin producirse rotura en las series. En este proceso, la función realiza el cálculo del estadístico en cada una de las ventanas, ofreciendo, como uno de sus resultados, los valores máximos obtenidos para cada una de las series. Los resultados de esta prueba han sido empleados en dos metodologías diferentes para la determinación de un valor umbral para el parámetro *tv*. La primera de las metodologías empleada considera, como valor umbral, a un determinado percentil de los valores máximos de *tv* obtenidos. De forma que, cuanto mayor sea el percentil escogido se estará admitiendo un mayor grado de homogeneidad en las series de partida. Por otro lado, la diferente longitud temporal que presentan las series origina que los estadísticos máximos obtenidos para las series más largas (PD90) sean mayores. Por ello, se ha considerado el percentil 95 obtenido sólo con las series PD90. El otro método de selección se basa en la curva del histograma de los valores máximos *tv* obtenidos para todas

las series. En este caso, se escogió como valor umbral aquél en el que se observa un segundo máximo relativo hacia los valores más altos del histograma (ver Figura 2). La elección de este máximo supone aceptar, como hipótesis de partida, que una gran mayoría de estaciones son homogéneas, las cuales se agruparán en torno al máximo absoluto, mientras que las más inhomogéneas lo harán hacia el segundo máximo. En cuanto al valor del parámetro *snht*, se optó por considerar un valor doble al del *tv*, siguiendo el mismo criterio que el considerado por defecto en Climatol en la escala mensual.

Empleando los valores umbrales obtenidos de *tv* y *snht*, así como el valor nulo de *tv* (opción de Climatol en la que sólo se hace un relleno de lagunas), y considerando fijos el resto de parámetros de la función a los valores que acabamos de definir ($wd=c(0,0,15)$, $swa=360$, $dz.max=5$), se realizaron diferentes pruebas de homogeneización. La comparación de los resultados entre todas ellas se muestra de forma detallada en la siguiente sección.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados de la homogeneización a escala diaria

Después de aplicar los métodos descritos en la Sección 2.3, dos valores para el parámetro *tv* fueron obtenidos. En el caso de considerar el percentil 95 de las estaciones PD90, se obtuvo un valor $tv=500$, mientras un valor de $tv=300$ fue obtenido al considerar el histograma de los valores *tv* máximos. En la Figura 2, aparece representado el histograma obtenido, observándose un segundo máximo relativo en torno al valor seleccionado como umbral. La diferencia significativa en el valor de ambos umbrales, pone de manifiesto la importante subjetividad que ambos métodos presentan. Con el fin de comparar los resultados que puedan derivarse del uso de uno u otro valor del parámetro, se han realizado diferentes pruebas de homogeneización con cada uno de ellos. De este modo, será posible evaluar el impacto que tiene en el proceso de homogeneización la elección de un parámetro más conservador con la hipótesis de una mayor homogeneidad en las series iniciales ($tv=500$), u otro menos conservador ($tv=300$). Por otro lado, también se ha realizado una prueba en la que sólo se llevó a cabo un relleno de lagunas y corrección de outliers, de forma que permita evaluar las posibles ventajas que presenta la homogeneización de las series diarias.

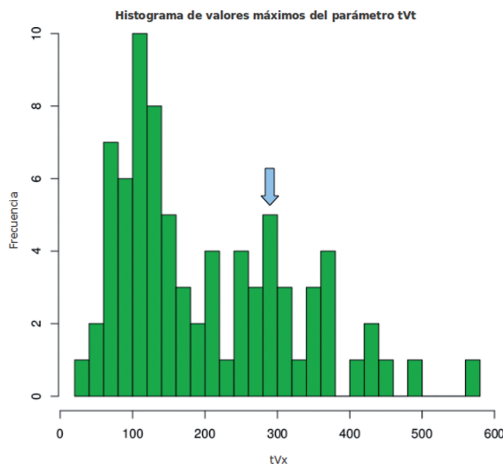


FIG. 2: Histograma de los valores máximos del parámetro “*tv*” para todas las series. El segundo máximo relativo del histograma aparece resaltado en el lugar que indica la flecha.

La comparación de las diferentes pruebas se ha realizado empleando tres índices obtenidos a partir de las series resultantes de la aplicación Climatol. Los parámetros considerados fueron los siguientes: Error Cuadrático Medio (ECM), Desviación Estándar Media (SDM) y Porcentaje de Datos Originales Medio (PDOM). El primero de ellos hace referencia al error medio entre las series finales homogenizadas y las series iniciales. El PDOM informa del porcentaje medio de datos originales que hay en las series homogenizadas, mientras que el índice SDM informa de la variabilidad media presente en las series homogenizadas. En las pruebas de homogeneización, los tres parámetros se han obtenido considerando 83 series resultantes (las mismas que series iniciales), de modo que, en el caso en que en una serie fuera detectada una inhomogeneidad, creándose nuevas series, se escogió de entre las nuevas series, a aquella que presentaba una mayor proporción de datos originales. Los tres índices comparativos también fueron obtenidos considerando sólo las 19 series resultantes más largas, correspondientes con las estaciones iniciales más completas (PD90). Un resultado deseado tras el proceso de homogeneización, sería la obtención de nuevas series, en las que se mantuviera una proporción alta de los datos originales (lo que indicaría que en las series originales hay pocos saltos y lagunas), presentarían un error cuadrático medio bajo, conservando una importante fracción de la varianza original.

En la Tabla 1 pueden verse los índices obtenidos en cada una de las pruebas consideradas.

| Prueba | tvt | Todas las series | | | Estaciones PD90 | | |
|--------------------|-----|------------------|-------|------|-----------------|-------|------|
| | | ECM | PDOM | SDM | ECM | PDOM | SDM |
| Series originales | - | - | - | 7,46 | - | - | 7,51 |
| Relleno de lagunas | 0 | 1,72 | 42,80 | 6,82 | 2,22 | 96,21 | 7,51 |
| Homogeneización | 300 | 1,48 | 26,30 | 6,94 | 1,83 | 45,16 | 7,49 |
| | 500 | 1,53 | 31,30 | 6,93 | 1,95 | 57,05 | 7,55 |

TABLA 1: Índices comparativos de las diferentes pruebas de homogeneización en la escala diaria.

Si se tiene en cuenta el ECM, se puede observar que a medida que aumenta el nivel de exigencia en el proceso de homogeneización su valor disminuye, resultado que indicaría un mejor ajuste de las series finales respecto de las originales. Sin embargo, debido a la propia construcción del índice, un valor inferior del ECM podría estar condicionado también por el menor número de datos originales considerados para su obtención. De este modo, parece lógico pensar que, a menor número de datos originales presentes en las series homogeneizadas, el índice ECM disminuirá. Este efecto se observa claramente cuando se considera el parámetro PDOM, el cuál resulta menor en todas las pruebas efectuadas con un mayor nivel de exigencia de la homogeneidad. La disminución de este parámetro con la mayor exigencia en el proceso de homogeneización es un resultado esperado, puesto que en estas pruebas se encontrará un mayor número de inhomogeneidades o saltos en las series, produciéndose un mayor número de rupturas en las series originales. Por otro lado, si se tiene en cuenta el valor PDOM obtenido cuando se consideran todas las series para la prueba de sólo relleno de lagunas, se deduce que hay una proporción cercana al 60% de datos faltantes en las series originales, frente al 4% en las estaciones PD90. Como consecuencia de este resultado, y, debido a la mayor significación estadística que presumiblemente puede extraerse de los índices calculados sólo con las estaciones PD90, fijaremos a partir de ahora más la atención sobre ellos. De este modo para

las PD90, se aprecia en el ECM una mejora entre 0.3 y 0.4 °C cuando se homogenizan las series, siendo ésta diferencia de sólo 0.1 °C entre las dos pruebas de homogeneización. Sin embargo, ésta última mejora se produce a costa de la pérdida de un 12% de datos originales. Otro resultado destacable es la pérdida significativa, entre un 40% y un 50%, de datos originales en las pruebas de homogeneización respecto a la de sólo relleno, frente a la mejora entorno al 20% en el ECM que se experimenta cuando se homogeniza.

Respecto a la varianza de las series PD90 (índice SDM), no se aprecian en las pruebas de homogeneización y relleno cambios significativos respecto de las series originales. Este resultado pone de manifiesto la capacidad de Climatol para conservar la varianza original de las series más largas. En este sentido, resulta curioso cómo incluso se produce un ligero incremento de la variabilidad de las series tras la prueba tvt=500, resultado que puede deberse a la información aportada por estaciones vecinas, empleadas en el proceso de relleno de lagunas de las series más largas.

3.2. Resultados de la homogeneización a escala mensual

Se han obtenido 83 series mensuales a partir de las series originales a escala diaria. Para su construcción, sólo se consideraron aquellos meses que disponían al menos un 80% de los datos diarios del mes, considerándose como datos missing aquellos casos que no cumplieran con este criterio. Con el fin de investigar más acerca de los índices comparativos descritos en el apartado anterior, se han obtenido los mismos índices a partir de pruebas de relleno de lagunas y homogeneización efectuadas sobre las series mensuales. Para la inicialización de la función Climatol en las pruebas mensuales, se utilizaron como parámetros de entrada aquellos que están definidos por defecto en la propia función (wd=(0,0,15), swa=60, tvt=25, dz.max=5). En la Tabla 2 pueden verse los índices obtenidos. De su análisis pueden extraerse resultados similares a los obtenidos para la escala diaria: disminución de ECM tras la homogeneización, disminución de PDOM cuando homogenizamos, y una conservación de la varianza original tras las pruebas de relleno y homogeneización, especialmente en las estaciones PD90.

| Prueba | tvt | Todas las series | | | Estaciones PD90 | | |
|--------------------|-----|------------------|-------|------|-----------------|-------|------|
| | | ECM | PDOM | SDM | ECM | PDOM | SDM |
| Series originales | - | - | - | 6,75 | - | - | 6,78 |
| Relleno de lagunas | 0 | 0,93 | 43,63 | 6,66 | 1,37 | 97,11 | 6,78 |
| Homogeneización | 25 | 0,66 | 21,11 | 6,56 | 0,77 | 34 | 6,74 |

TABLA 2: Índices comparativos de las diferentes pruebas de homogeneización en la escala mensual.

Comparando los índices obtenidos en las estaciones PD90, para la escala mensual y diaria, se observa una mejora del 45% en el valor del ECM mensual cuando se homogeniza, frente a una disminución del 60% en el valor PDOM. Este hecho contrasta con la mejora de sólo un 20% en el ECM y la disminución del 50% en el valor PDOM que se obtuvo para la escala diaria. Este resultado, evidencia en términos relativos, una menor depuración de las series originales obtenida tras los procesos de homogeneización llevados a cabo en la escala diaria respecto a la obtenida para la escala mensual.

Otro aspecto interesante del ejercicio de comparación entre las pruebas diaria y mensual, es el hecho de analizar la pericia del método de homogeneización empleado para detectar saltos o inhomogeneidades comunes, es decir, si las fechas de salto obtenidas para una determinada serie coinciden en la prueba mensual y en las diarias. Así pues, si se consideran como coincidentes aquellas fechas de las series diarias detectadas en cualquier día del mes en el que se detectó la inhomogeneidad en la escala mensual, se obtiene que, un 38% y 34% de las fechas de cambio detectadas en la escala mensual, también se detectaron en las series diarias, para los casos de emplear los umbrales $tv_t=300$ y $tv_t=500$, respectivamente. Por otro lado, si los porcentajes de fechas coincidentes se refieren respecto a todas las fechas de salto detectadas a escala diaria, se obtienen unos valores del 62% y 68% en el caso de las pruebas $tv_t=300$ y $tv_t=500$, respectivamente. Por último, si los porcentajes de fechas coincidentes se calculan entre las dos pruebas de homogeneización diarias se obtiene un valor del 92% respecto de las fechas detectadas con $tv_t=500$.

Un ejemplo de detección de fecha de cambio, obtenido tanto en la escala mensual como en la diaria, aparece representado en la Figura 3. Sobre ella se muestran dos series de anomalías (datos originales menos serie de referencia) para la estación de Alcantarilla, una de ellas obtenida con datos diarios (izqda.) y la otra con la serie mensual (dcha.). En ambas se indica con una línea vertical, las posibles fechas de cambio tras el análisis de la homogeneidad. Como puede verse en ambas gráficas, alrededor del año 1978 se detecta un salto importante.

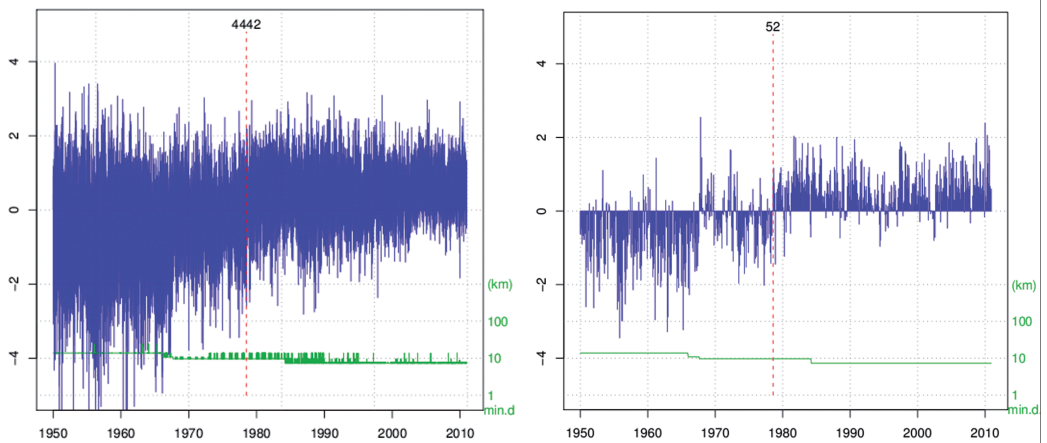


FIG. 3: Ejemplo de fechas coincidentes de punto de cambio en la serie de Alcantarilla. A la izquierda se muestra la serie diaria de anomalías (estación – referencia) y a la derecha la serie mensual. Las líneas verticales marcan la ubicación de la fecha en la que se produjo la posible ruptura de las series (máximo valor del estadístico del test SNHT).

4. CONCLUSIONES

Las series de temperatura máxima diaria en 83 estaciones, pertenecientes a la Región de Murcia durante el periodo 1950-2010, fueron sometidas a un proceso de homogeneización y relleno de lagunas, mediante el uso del paquete de R, Climatol. Tras un etapa exploratoria se determinaron diferentes valores del estadístico del test SNHT en el análisis de homogeneidad, con el fin de determinar el valor umbral de rechazo del test. Los métodos seguidos para la elección de este umbral, no faltos de subjetividad, derivaron dos valores de rechazo de la homogeneidad, que resultaron muy

superiores a los habitualmente utilizados para el análisis de series mensuales. Los resultados de la homogeneización obtenidos de aplicar uno u otro umbral fueron comparados empleando el Error Cuadrático Medio (ECM) de las series homogenizadas y rellenas, y la Proporción Original de Datos (PDOM) contenidos en estas series. Los resultados, evaluados fundamentalmente para las series más largas, revelan que a mayor nivel de exigencia en el umbral de rechazo, se consigue reducir más el ECM, aunque también lo hace el PDOM. Sin embargo, el objetivo de conseguir un ECM lo más bajo posible, parece no tener justificación entre ambas pruebas de homogeneización, debido a la importante reducción obtenida en el parámetro PDOM, frente a la leve disminución del ECM.

Con el fin de evaluar el nivel de depuración logrado en las series diarias, se hicieron pruebas de homogeneización similares empleando las mismas series, pero en escala mensual. Los resultados demostraron comportamientos similares en los índices ECM y PDOM obtenidos con las series mensuales, produciéndose mayores mejoras en el índice ECM en el caso de la homogeneización mensual. Este resultado junto al mayor PDOM obtenido con series diarias, sugiere que los umbrales de rechazo considerados en este estudio, para el análisis de la homogeneidad diaria depuran menos las series que el establecido en Climatol para series mensuales. Por otro lado, también se ha analizado la capacidad de Climatol en la conservación de la varianza original de las series tras el proceso de homogeneización y relleno, obteniéndose que para las series más largas ésta permanece prácticamente inalterada.

Como hecho interesante se ha analizado la capacidad de Climatol en la detección de saltos en la escala diaria, para ello se han comparado las fechas de cambio obtenidas tanto para la escala diaria como para la mensual, obteniéndose que un 65% de los saltos diarios también se detectaron en el análisis mensual.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Agencia Estatal de Meteorología por la concesión de la beca “Estudio climatológico de golpes y olas de calor” (B.O.E. 23 marzo 2011), sin la cuál no hubiera sido posible realizar este estudio. También nos gustaría agradecer de manera especial a Jose Antonio Guijarro el gran esfuerzo dedicado en el desarrollo del paquete Climatol. También vaya nuestro agradecimiento hacia todas aquellas personas, colaboradoras de la Delegación de AEMET en la Región, que con su labor desinteresada han contribuido a la obtención de los datos meteorológicos empleados aquí.

REFERENCIAS

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T.C. y Wieringa, J. (2003). *Guidelines on climate metadata and homogenization*. WCDMP No. 53- WMO/TD-No. 1186.
- Alexandersson, H. y Moberg, A. (1997). “Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends”. *International Journal of Climatology*, 17, pp. 25-34.
- Brunet, M. and Saladié, O. and Jones, P. and Sigró, J. and Aguilar, E. and Moberg, A. and Lister, D. and Walther, A. and Lopez, D. and Almarza, C. (2006). “The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS)(1850-2003)”. *International Journal of Climatology*, 26, pp. 1777-1802.
- Conrad, V. y Pollack, L.W. (1962). “*Methods in Climatology*”. Harvard University Press Cambridge, Massachusetts, USA.
- Della-Marta, P.M. y Wanner, H. (2006). “A method of homogenizing the extremes and mean of daily temperature measurements”. *Journal of Climate*, 19, pp. 4179-4197.
- Ducré-Robitaille, J.F., Vincent, L.A. y Boulet, G. (2003). “Comparison of techniques for detection of discontinuities in temperature series”. *International Journal of Climatology*, 23, pp. 1087-1101.

- Feng, S., Hu, Q., Qian, W. (2004). "Quality control for daily meteorological data in China, 1951-2000: a new dataset". *International Journal of Climatology*, 24, pp. 853-870.
- Guijarro, J.A. (2011). *User's guide to Climatol*. Instituto Nacional de Meteorología, Centro Meteorológico en Illes Balears.
- Khaliq, M.N. y Ouarda, T.B.M.J. (2007). "On the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT)". *International Journal of Climatology*, 27, pp. 681-687.
- Kuglitsch, F.G., Toreti, A., Xoplaki, E., Della-Marta, P.M., Luterbacher, J. y Wanner, H. (2009). "Homogenization of daily maximum temperature series in the Mediterranean". *Journal of Geophysical Research*, 114.
- Peterson, T.C., Vose, R., Schmoyer, R. y Razuvaev, V. (1998). "Global Historical Climatology Network (GHCN) quality control of monthly temperature data". *International Journal of Climatology*, 18, pp. 1169-1179.
- Venema, VKC and Mestre, O. and Aguilar, E. and Auer, I. and Guijarro, JA and Domonkos, P. and Vertacnik, G. and Szentimrey, T. and Stepanek, P. and Zahradnicek, P. y otros. (2012). "Benchmarking homogenization algorithms for monthly data". *Journal Climate of the Past*, 8, pp. 89-115.

