

PROCEDIMIENTOS PARA LA COMPARACIÓN DE MEDICIONES CONVENCIONALES Y AUTOMÁTICAS DE TEMPERATURA

María Mercedes Poggi¹, María de los Milagros Skansi¹
mpoggi@smn.gob.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Palabras clave: Red de observaciones, homogeneización, técnicas estadísticas.

1) INTRODUCCIÓN

La automatización de una red de observación ofrece múltiples ventajas: proporciona observaciones en tiempo real con alta resolución a un costo relativamente bajo luego de su instalación; genera un suministro continuo de datos cada cierta cantidad minutos; y permite obtener mediciones en lugares no densamente poblados, así como en locaciones de difícil acceso. Sin embargo, presenta desafíos para la vigilancia del clima a largo plazo, dado que toda modificación realizada en un sistema de observación (en este caso, la transición de las técnicas de observación manuales a las automáticas) puede introducir sesgos sistemáticos y generar inhomogeneidades en el registro climático, las cuales deben evaluarse y, de ser necesario, ajustarse (WMO, 2017). Como las estaciones automáticas no necesariamente están instaladas en las mismas ubicaciones y alturas que las convencionales, sumado a que los nuevos instrumentos tienen diferentes sensibilidades, precisión y tiempos de respuesta a las variables atmosféricas, probablemente se originarán discontinuidades en las series de tiempo que deben ser analizadas.

A la hora de reemplazar estaciones meteorológicas, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda obtener y utilizar observaciones convencionales o manuales y automáticas en paralelo como práctica principal para el proceso de homogeneización (WMO, 2007). La “Guía de Prácticas Climatológicas” (OMM, 2018) sugiere llevar a cabo registros en un período común (período de superposición) de por lo menos un año, aunque preferentemente dos o más, para determinar los efectos de la sustitución de instrumental y de emplazamiento en los datos climatológicos. Esto posibilitará realizar comparaciones entre las mediciones, detectar sesgos, desarrollar relaciones matemáticas y derivar ajustes a partir de ellas. En el pasado, las observaciones en períodos superpuestos no eran frecuentes, por lo que también se empleaban métodos estadísticos utilizando datos de estaciones vecinas para inferir ajustes y reducir las discontinuidades por cambios en la instrumentación, procedimiento de observación o ubicación. Este enfoque también puede ser útil en la actualidad, en especial cuando no se cuentan con observaciones en paralelo.

En la actualidad, el Servicio Meteorológico Nacional de Argentina (SMN) se encuentra en proceso de automatización de su red de estaciones, por lo que se están realizando mediciones automáticas y manuales en paralelo de diferentes variables meteorológicas, las cuales deben ser contrastadas. En este trabajo se abordan los procedimientos estadísticos utilizados por la institución para comparar y cuantificar las diferencias entre los registros de temperatura de ambos sistemas de observación.

2) METODOLOGÍA

Las estaciones meteorológicas convencionales (EMCs) y automáticas (EMAs) se dividieron en pares de estaciones para ser comparadas. Las EMCs pertenecen a la red del SMN,

mientras que las EMAs, al SMN, al Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME) y a la red AWOS (“*Automated Weather Observing System*”). En esta instancia, la evaluación y el control de la calidad de los datos fueron cruciales, ya que se desconoce el mantenimiento y el estado de los sensores de las EMAs que no son responsabilidad del SMN. Dado que los registros de las EMAs se almacenan en las bases de datos de distintas maneras, considerando diferentes intervalos o pasos temporales (de 1, 5 ó 10 min.) y horarios, fue necesario definir un formato común entre todas ellas. También fue necesario establecer un criterio de máxima cantidad de datos faltantes por minutos y/o hora.

Si bien la comparación entre las mediciones de las EMCs y las EMAs se centró en la escala diaria, también se consideró la horaria. El enfoque implementado se dividió en cuatro partes: comparación de las series de temperatura horaria; comparación y caracterización estadística de las series de temperatura máxima y mínima diaria; cálculo, comparación y caracterización estadística de las series de temperatura media diaria; detección de tendencia y periodicidades en las series de las diferencias de temperatura máxima, mínima y media diaria; y comparación estacional de frecuencia de eventos.

Para la comparación y caracterización estadística de las series de temperatura máxima y mínima diaria se calculó el error cuadrático medio y se testeó el coeficiente de correlación de rango de Kendall. También se llevaron a cabo los tests t-Student y de Wilcoxon para la comparación de medias, y el de Kolmogorov-Smirnov para la comparación de distribuciones. Los resultados de todos los tests se analizaron a partir del p-valor, considerando un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Estos procedimientos se realizaron siguiendo el estudio de Acquacotta y otros (2019). Allí, sin embargo, se utilizan los tests clásicos, sin tener en cuenta el enfoque de muestras pareadas y la dependencia serial o autocorrelación de las observaciones diarias dentro de cada serie o muestra, contrario a lo considerado en el presente trabajo.

Las temperaturas medias diarias se calcularon a partir de tres procedimientos distintos, basándose en el trabajo de Kaspar y otros (2016). Luego, las series manuales y automáticas se compararon mediante los mismos procedimientos utilizados para las temperaturas extremas diarias.

Se realizó el test de Mann-Kendall para explorar la presencia de componentes determinísticas en las series de las diferencias de las temperaturas máximas, mínimas y medias diarias. En caso de existencia, se analizaron las tendencias lineales. Para ello, se testearon las pendientes de las rectas de regresión ajustadas por cuadrados mínimos, utilizando el test de Fisher para determinar su significancia. También se llevó a cabo un análisis armónico para detectar periodicidades, ciclos perfectos, previo restar las tendencias lineales en caso de que éstas fuesen significativas. La significancia de dichas periodicidades se estudió mediante el análisis espectral y el test de Anderson.

Como instancia final y siguiendo, nuevamente, los procedimientos utilizados por Acquacotta y otros (2019), se realizó un análisis de eventos a escala estacional. Las series de temperaturas diarias convencionales y automáticas se dividieron en 5 clases o eventos (“frío extremo”, “frío”, “medio”, “cálido” y “cálido extremo”), de acuerdo a los valores de sus percentiles. Para cada estación del año, los percentiles se estimaron considerando una única distribución, creada a partir de los datos manuales y automáticos. Luego, se calculó la frecuencia de valores dentro de cada clase, y se obtuvo la proporción correspondiente a cada sistema de observación para su comparación.

3) RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran las series de las diferencias entre las temperaturas mínimas (izq.) y máximas (der.) diarias a partir de observaciones manuales y automáticas para el par de estaciones ubicadas en Pigüé, provincia de Buenos Aires.

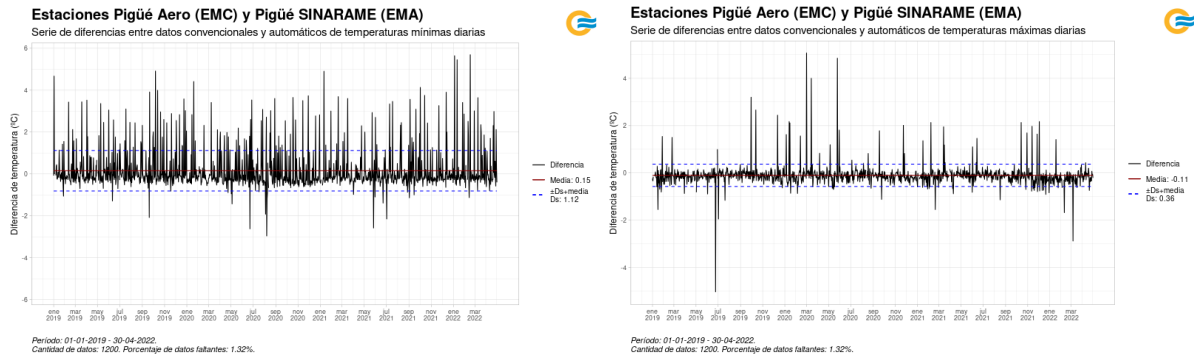


Figura 1: Series temporales de las diferencias entre las mediciones convencionales y automáticas de las temperaturas mínimas (izq.) y máximas (der.) diarias (líneas negras) para el par de estaciones ubicadas en Pigüé. En líneas rojas se representan las diferencias medias y en líneas azules, los desvíos estándares sumados a éstas.

Se observa que la media de las diferencias es de 0.15°C para el caso de la temperatura mínima, y de -0.11°C para la temperatura máxima diaria. En ambos casos, los p-valores resultantes de los test t-Student y Wilcoxon fueron menores al umbral de 0.05. Se rechazaron las hipótesis nulas de igualdad de medias en favor de las alternativas, con un 95% de confianza. Por el contrario, los tests de Kolmogorov-Smirnov sí posibilitaron concluir que las series de las temperaturas extremas diarias de la EMC y la EMA, las muestras, tienen la misma distribución, con un 5% de significancia. Las mismas conclusiones se establecieron en los otros pares de estaciones analizados.

REFERENCIAS

Acquaotta, F., Fratianni, S. and Aguilar, E., 2019: Influence of instrumentation on long temperature time series. *Climatic Change* 156, 385–404.

Kaspar, F., Hannak, L., and Schreiber, K.J., 2016: Climate reference stations in Germany: Status, parallel measurements and homogeneity of temperature time series, *Adv. Sci. Res.*, 13, 163–171.

OMM, 2018: Guía de Prácticas Climatológicas. Edición 2018. OMM-No. 100, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

WMO (World Meteorological Organization), 2007: Guidelines for managing changes in climate observation programmes. World Climate Data and Monitoring Programme Series, WCDMP-No. 62, WMO-TD No. 1378, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

WMO, 2017: Challenges in the Transition from Conventional to Automatic Meteorological Observing Networks for Long-term Climate Records. WMO-No. 1202, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.