

INTERCOMPARACIÓN DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS EN TRES TIPOS DE GARITA METEOROLÓGICA: MONTSOURIS, STEVENSON Y YOUNG

Emilio MARTÍNEZ IBARRA¹, César AZORÍN-MOLINA², Manuel BAÑÓN³, Jorge OLCINA CANTOS¹, María José ESTRELA⁴, Antonio GIL OLCINA¹

¹ *Laboratorio de Climatología, Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante*

² *Laboratorio de Meteorología-Climatología, Unidad Mixta CEAM-UVEG, Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)*

³ *Observatorio Meteorológico de Ciudad Jardín-Alicante, Agencia Estatal de Meteorología*

⁴ *Laboratorio de Meteorología-Climatología, Unidad Mixta CEAM-UVEG, Facultad de Geografía, Universidad de Valencia*

emilio.ibarra@ua.es, cazorin@ceam.es, mbanong@aemet.es, jorge.olcina@ua.es, majoesna@uv.es

RESUMEN

En paralelo a las investigaciones llevadas a cabo en el proyecto SCREEN, dirigido por el Centro en Cambio Climático (C3; *Universitat Rovira i Virgili*), el Laboratorio de Climatología de la Universidad de Alicante, en colaboración con el CEAM y la AEMET, está desarrollando un estudio sobre la respuesta de la temperatura del aire a tres tipos de protector de radiación. El objetivo de este trabajo experimental es cuantificar el sesgo artificial y la magnitud que han introducido los cambios de exposición en las series climáticas de temperatura en Alicante. El experimento tiene como novedad para el caso de la Península Ibérica la comparación simultánea de este parámetro físico en tres clases de abrigos termométricos: (a) Montsouris (garita abierta de madera), (b) Stevenson (garita cerrada de madera), y (c) Young 41303-5A (garita de 6 platos en plástico). Los resultados preliminares para el periodo de estudio comprendido entre el 30-Sep-2008 al 30-Abr-2010 apuntan a que la garita abierta Montsouris sobrestima las temperaturas máximas y subestima las temperaturas mínimas al estar expuesta a la radiación directa/reflejada y de onda larga. En cambio, la garita multiplato Young subestima muy levemente ambos registros extremos, posiblemente debido a la diferencia de conductividad calorífica entre la madera de la garita Stevenson y la resina plástica del protector Young.

Palabras clave: garitas meteorológicas, exposición termométrica, temperatura máxima y mínima del aire

ABSTRACT

In parallel to the investigations carried out in the SCREEN project, conducted by the Center on Climate Change (C3, University Rovira i Virgili), the Laboratory of Climatology of the University of Alicante, in collaboration with the CEAM and the AEMET, is carrying out a study on the response of air temperature on three types of radiation screens. The aim of this experimental work is to quantify the artificial bias and magnitude of several types of exposures and stands in the air temperature climate series in Alicante. The novelty of this experiment has been to simultaneously compare this physical parameter in three types of

screens: (a) Montsouris (open wooden stand), (b) Stevenson (close wooden stand), and (c) Young 41303-5A (Gill 6-Plate Radiation Shield plastic material). The preliminary findings for the study period 30-Sep-2008 to 30-Apr-2010 show that maximum and minimum air temperatures are overestimated and underestimated, respectively, inside the Montsouris screen due to the radiative effects. In contrast, the Young multiplate screen slightly underestimates both extreme records, possibly due to the difference in thermal conductivity between the wood of the Stevenson screen and the Young plastic resin.

Key words: radiation screens, temperature exposure, maximum and minimum air temperature

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2006) ha especificado en sus diversos documentos técnicos cuáles deben ser las condiciones de protección específicas (frente a la radiación solar directa y reflejada, la irradiación nocturna y los hidrometeoros) para llevar a cabo las mediciones de la temperatura del aire, no se ha definido un abrigo estándar (VAN DER MEULEN y BRANDSMA, 2008). Por tanto, con el fin de mejorar la protección de los termómetros por parte de los servicios meteorológicos, apareció un amplio abanico de protectores de radiación solar (sin protección en paredes al norte, cilindros de zinc, abrigos abiertos, garitas ventiladas, etc.) (BRUNET *et al.*, 2006), que han introducido discontinuidades o “breaks” en las series más dilatadas de la temperatura del aire (MITCHELL, 1953; JONES *et al.*, 1986; RICHARDSON y BROCK, 1995; BRUNET *et al.*, 2004). A raíz de ello se han realizado múltiples estudios que analizan el sesgo y la magnitud introducido por el uso de diferentes tipos de protector de radiación, puesto que desde época instrumental se han utilizado distintos modelos de abrigo termométrico (PARKER, 1995). El primer estudio coordinado fue llevado a cabo entre 1868 y 1870 por C.H. Griffith F.M.S (BARNETT *et al.*, 1998). El interés por este aspecto queda reflejado en el esfuerzo llevado a cabo por la propia Organización Meteorológica Mundial en 1972, 1992, 1998, 2000 y 2002 (WMO, 2006).

En general, los abrigos termométricos suelen proporcionar temperaturas del aire más elevadas que las del aire ambiente durante jornadas de alta insolación y viento débil, especialmente durante el día, y en menor medida con ocasión de la noche (NORDLI *et al.*, 1997). Estas diferencias suelen oscilar entre -0.5°C y 2.5°C (WMO, 2006). De este modo, los abrigos más abiertos, como el *Swedish free-standing shelter*, el *British Glasheir Stand* o la garita Montsouris dan valores claramente más elevados en las temperaturas máximas diurnas, particularmente en verano, mientras que las diferencias en las temperaturas mínimas nocturnas suelen ser mucho más tenues, incluso poco significativas (PARKER, 1994; NICHOLLS *et al.*, 1996; NORDLI *et al.*, 1997; BAÑÓN *et al.*, 2008). Ésto ha conducido a un incremento artificial del promedio y amplitud térmica diaria (BAÑÓN *et al.*, 2008) bajo condiciones de exposición de garita abierta tipo Montsouris. En cambio, el sesgo y la magnitud introducida con los modernos abrigos multiplato de fibra de cristal o plástico no son tan evidentes (VAN DER MEULEN y BRANDSMA, 2008).

Pionero en la intercomparación de abrigos termométricos en España es el proyecto SCREEN («Evaluación y minimización del sesgo incorporado en las series más largas de la temperatura del aire en España asociado al cambio en la exposición de los termómetros», REN2002-0091/CLI; BRUNET *et al.*, 2006), dirigido por el Centro en Cambio Climático (C3;

Universitat Rovira i Virgili). En el se reprodujeron réplicas de los dos tipos de abrigos básicos que se han utilizado en España desde el siglo XIX hasta la actualidad: la garita Montsouris (siglo XIX) y la Stevenson (siglo XX). El objetivo de este proyecto fue estudiar los efectos de ambos tipos de abrigos meteorológicos en la medida de la temperatura del aire, a fin de obtener los factores de corrección y homogenizar las series térmicas más dilatadas (AGUILAR *et al.*, 2003), y así sopesar con mayor fiabilidad los cambios térmicos experimentados en España. Otras intercomparaciones han sido llevadas a cabo en otras zonas del planeta desde mediados del siglo XIX: (WILD, 1879; MARRIOTT, 1879; GILL, 1882; WHIPPLE, 1883; MAWLEY, 1884; HAZEN, 1885; MARGARY, 1924; DRUMMOND, 1943; CHANDLER, 1965; SPARKS, 1972; LAING, 1977; ANDERSSON y MATTISSON, 1991; RICHARDS *et al.*, 1992; PARKER, 1994; NICHOLLS *et al.*, 1996; NORDLI *et al.*, 1997; BÖHM, 2001; VAN DER MEULEN, 2003; BRUNETTI *et al.*, 2006; VAN DER MEULEN y BRANDSMA, 2008; BRANDSMA y VAN DER MEULEN, 2008; AZORÍN-MOLINA y AZORÍN-MOLINA, 2008).

El presente trabajo experimental constituye un proyecto interno del Laboratorio de Climatología de la Universidad de Alicante, en colaboración con la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), tomando como referencia la metodología empleada en el proyecto SCREEN. El estudio tiene como novedad para el caso de la Península Ibérica la intercomparación de medidas simultáneas de la temperatura del aire en abrigos tipo Montsouris, Stevenson y en un protector de radiación multiplato típico de las estaciones meteorológicas automáticas, concretamente una garita de plástico Young 41303-5A. El objetivo principal es cuantificar el sesgo artificial y magnitud que ha introducido los cambios de exposición en las series climáticas de una zona mediterránea de clima semi-árido con elevada insolación: Alicante. Este tipo de trabajos son fundamentales con el objeto de asegurar la calidad de los datos utilizados (WARNE, 1999), y evaluar correctamente las tendencias y variabilidad de la temperatura del aire.

2. DISEÑO EXPERIMENTAL

En este estudio experimental se han realizado medidas simultáneas de la temperatura del aire en tres tipos de abrigo termométrico pertenecientes a la estación meteorológica del Laboratorio de Climatología de la Universidad de Alicante (38°22'N ; 0°30'W; 91 m sobre el nivel del mar; 5.1 km respecto a la línea de costa; <http://www.labelima.ua.es>). La parcela experimental se encuentra ubicada en el propio Campus, en un recinto vallado, abierto y cubierto por césped natural que es regado desde el subsuelo para no modificar las condiciones de medida. Alicante disfruta de un clima mediterráneo de tipo semi-árido con suaves temperaturas (temperatura media 17.8°C/año), escasas precipitaciones (336 mm/año) y elevada insolación (2864 horas/año).

La Figura 1 muestra la localización de los protectores de radiación solar; de izquierda a derecha de la imagen, siguiendo un orden cronológico de empleo, y situadas a una distancia prudencial para que no se proyecten sombra entre ellas, se encuentran: una réplica de garita Montsouris (Mnt), un abrigo Stevenson (Stv) y un protector multiplato Young (Yng). Cada uno de los tres abrigos termométricos está equipado por una sonda termistor conectada a un datalogger modelo Campbell CR-1000. Todas las sondas de temperatura son del modelo 108 (termistor BetaTherm 100K6A1B) que distribuye la empresa Campbell, y están emplazadas a 1.5 m respecto al suelo, con una longitud idéntica del cable transmisor, que tiene 3 m de

longitud desde el sensor al datalogger. La sonda mide un rango de temperaturas comprendido entre -3 y 92°C. Se eligió este modelo por la práctica ausencia de heladas en la zona y su alta precisión, ya que para todo el rango de temperaturas presenta un error inferior a 0.1°C, y entre los 23 y 90°C un error menor a 0.07°C. Previo a la instalación de los termistores en sus correspondientes abrigos, se realizó una calibración de estos sensores que consistió en poner a medir las tres sondas juntas. La desviación en la medida de la temperatura entre ellas fue completamente despreciable, lo que asegura que las diferencias encontradas en este experimento son debidas a la distinta exposición del instrumento sensor. En este estudio se presentan los resultados preliminares de la intercomparación de los registros diarios extremos (máximos y mínimos), entre el 30-Sep-2008 al 30-Abr-2010.



Fig. 1. Vista general y detalle de la parcela experimental y los abrigos meteorológicos empleados (de izquierda a derecha): Montsouris (Mnt), Stevenson (Stv) y Young (Yng)

El abrigo abierto tipo Montsouris (o “Glaisher”, también conocido por los meteorólogos españoles del siglo XIX como atril, facistol o protector con endoble techado; BRUNET *et al.*, 2004) se utilizó con frecuencia desde mediados del siglo XIX, y fue reemplazado a partir de los inicios del siglo XX por la garita tipo Stevenson. Para este estudio se construyó una réplica de acuerdo con las instrucciones contemporáneas al periodo de uso, reflejadas en RICO SINOBAS (1857), ICM (1893) y ANGOT (1903). La principal característica de este abrigo es su carácter abierto. Así es, únicamente consta de protección por la parte superior (doble techo de planchas de madera de 1 m² de superficie) y los laterales (dos viseras orientadas al este y oeste en cada lado del tablero inferior del techo). En cambio, la parte inferior y la anterior y posterior carecen de protección. Con todo, el termistor está perfectamente protegido frente a la radiación solar directa, pero en cambio está expuesto a la radiación solar reflejada durante el día y afectado por la pérdida de calor radiativo durante la

noche (MARGARY, 1924). Por tanto, se ha documentado que con el empleo de la garita Montsouris se sobreestima la temperatura máxima del aire, y subestima, aunque en menor magnitud, la temperatura mínima (NICHOLLS *et al.*, 1996; BRUNET *et al.*, 2004). El abrigo termométrico tipo Stevenson es el protector más utilizado por la AEMET, así como por otros muchos servicios meteorológicos del mundo, desde inicios del siglo XX. Construida también en madera, consta de doble techo y chimenea, persianas venecianas dobles en la parte trasera y laterales, puerta frontal orientada al norte, y suelo formado por capas de madera. KOPPEN (1913) reconoció el impacto de la garita Stevenson en la medida de la temperatura del aire. En los últimos años el coste del tipo de garita Stevenson y el dificultoso mantenimiento, principalmente en lugares remotos, ha provocado la aparición de diseños alternativos en plástico-PVC (PERRY *et al.*, 2007). Por último, la novedad de esta intercomparación ha sido la utilización del abrigo Young (modelo Gill 41303-5A), que consta de 6 platos, tiene 11.4 cm de altura, y un peso de tan sólo 0.41 kg. En los últimos años han proliferado este tipo de garitas multi-plato con o sin aspirador en las estaciones meteorológicas automáticas (GILL, 1983; VAN DER MEULEN y BRANDSMA, 2008).

Los datos se han trabajado considerando que el termistor instalado en el abrigo Stevenson es el de referencia. Así, se han calculado las diferencias térmicas de los valores máximos y mínimos diarios entre Mnt-Stv y Yng-Stv. Una vez determinadas se han detectado y eliminado los registros carentes de fiabilidad. Para ello, el procedimiento seguido ha sido detectar diferencias extremas, verificar la evolución diezminutal de dichas diferencias, para comprobar si las mismas eran progresivas o puntuales, comparar los valores anómalos con los datos de las otras dos sondas, así como detectar si había factores meteorológicos extraordinarios que pudiesen explicar tales discrepancias. Además, se examinaron aquellos registros cuatro veces superiores a la desviación estándar de las diferencias absolutas.

Diferencias	Mínima	1er Cuartil	Media	Mediana	3er Cuartil	Máxima
Mnt-Stv Máx.	0.0	1.2	1.6	1.7	2.0	3.0
Yng-Stv Máx.	-0.6	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.6
Mnt-Stv Mín.	-0.6	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.1
Yng-Stv Mín.	-0.4	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.3

Tabla 1: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS DIFERENCIAS DE TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DEL AIRE (°C) MEDIDA EN GARITA MNT-STV Y YNG-STV

3. RESULTADOS PRELIMINARES

3.1. Abrigo Montsouris frente a garita Stevenson

El análisis de las diferencias térmicas en los registros extremos (máximos y mínimos diarios) calculados entre las garitas Mnt y Stv pone de manifiesto un sesgo importante introducido por el abrigo abierto tipo Montsouris, tal y como habían apuntado estudios previos (BRUNET *et al.*, 2004) para el caso de otros emplazamientos (Murcia y A Coruña) en la Península Ibérica.

La diferencia en las temperaturas máximas diarias alcanza en promedio 1.6°C entre las garitas Mnt y Stv (Tabla 1), muy similar a la mediana, de 1.7°C. El rango intercuartílico varía entre 1.2°C para el primer cuartil y 2.0°C para el tercer cuartil. La diferencia en las temperaturas mínimas diarias es en promedio y mediana de -0.1°C, con un rango intercuartílico que oscila entre -0.2°C para el primer cuartil y 0.0°C para el tercer cuartil. Estos datos corroboran el

sesgo positivo introducido por la garita abierta tipo Montsouris en los registros térmicos máximos, y la menor magnitud de sesgo negativo observado en las temperaturas mínimas diarias (BRUNET *et al.*, 2004). Esto se debe a que el termistor ubicado en la garita Montsouris se encuentra expuesto directamente a la radiación solar reflejada (ganancia de calor radiativo) durante el día, y la radiación terrestre de onda larga (pérdida de calor radiativo) durante la noche. Además, las diferencias térmicas extremas también resultan interesantes, con una diferencia máxima de 3.0°C en las temperaturas máximas el día 31-May-2009, asociado a una situación de elevada insolación y viento débil; y una diferencia mínima de -0.6°C en las temperaturas mínimas el 1-Jun-2009, que estuvo relacionada con cambios muy bruscos de temperatura y, por tanto, una mayor inercia térmica del abrigo Stevenson frente a la garita Montsouris (VAN DER MEULEN y BRANDSMA, 2008). Las Figura 2a y 2c despliegan la nube de puntos de las temperaturas máximas y mínimas registradas en las garitas Montsouris y Stevenson, ilustrando los resultados estadísticos presentados.

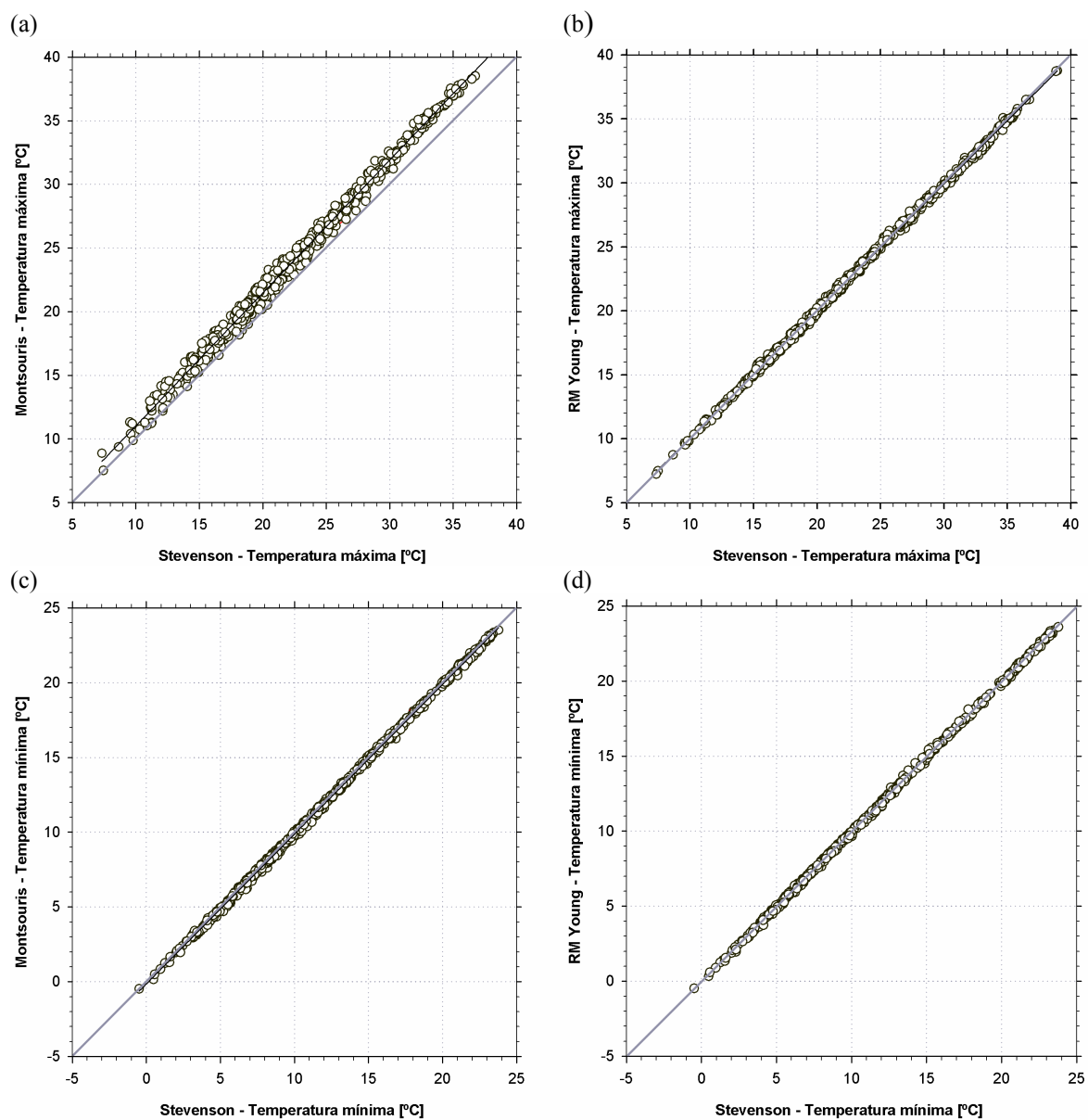


Fig.2. Scatterplot de la temperatura máxima y mínima medida en (a y c) Mnt versus Stv, y (b y d) Yng versus Stv. La bisectriz del cuadrante representa la recta de igual temperatura

La magnitud y sesgo de estos contrastes térmicos entre los protectores Mnt-Stv varía según la época del año. Las mayores diferencias en el caso de las temperaturas máximas (Tabla 2 y Figura 3a) se han encontrado en primavera (mayo 2.1°C) y verano (junio 2.1°C, julio 2.0°C y agosto 2.1°C), mientras que las diferencias más bajas han ocurrido en otoño (noviembre 1.2°C) e invierno (diciembre 1.1°C y enero 1.2°C). Estas diferencias térmicas estacionales son indicativas del efecto de ganancia de calor radiativo diurno del termistor de la garita Montsouris, abierta frente a la radiación solar reflejada en situaciones de cielos despejados, elevada insolación y vientos débiles, característica de los meses cálidos del año. Por el contrario, las mayores diferencias en el caso de las temperaturas mínimas (Tabla 3 y Figura 3c) ocurren en invierno (diciembre y febrero -0.2°C), aunque en promedio a lo largo de todo el año se observa un sesgo negativo de -0.1°C. Esta subestimación de las temperaturas mínimas es resultado de una mayor pérdida de calor radiativo en situaciones de inversión térmica y fuerte irradiación nocturna, preferentemente en invierno. Las Figuras 3a y 3c representan el sesgo de las diferencias térmicas Mnt – Stv en los valores máximos y mínimos en función del día juliano.

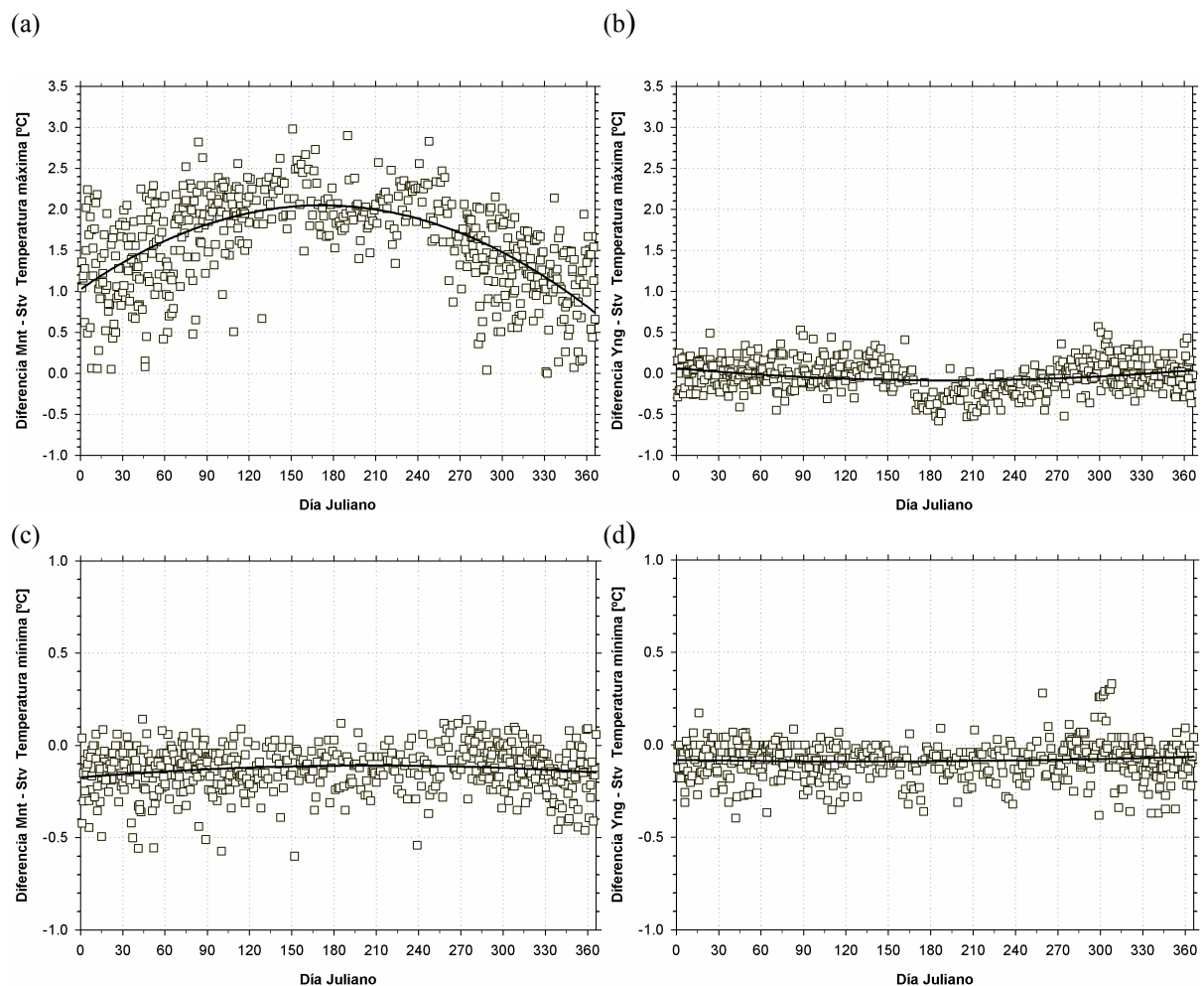


Fig.3. Sesgo de las temperaturas máximas y mínimas en función del día Juliano para (a y c) Mnt - Stv, y (b y d) Yng - Stv. La línea de ajuste corresponde a una ecuación polinomial de segundo grado

3.2. Abrigo Young frente a garita Stevenson

La principal novedad en este estudio experimental ha sido intercomparar, a la vez que el registro pareado Mnt-Stv, la temperatura del abrigo multiplato de plástico típico de las estaciones meteorológicas automáticas, en este caso el abrigo Young (modelo Gill 41303-5A), frente a las temperaturas en la garita Stevenson. Las diferencias térmicas entre los registros máximos y mínimos diarios anotados en las garitas Yng-Stv presentan un sesgo negativo entre ellas, pero de muy escasa magnitud. Este resultado preliminar obtenido para un punto del sureste de la Península Ibérica (Alicante) concuerda con aquellos obtenidos por VAN DER MEULEN y BRANDSMA, 2008 en Holanda.

Diferencias Montsouris-Stevenson (Mnt-Stv) – Temperaturas máximas													
Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Media	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.1	2.0	2.1	1.9	1.4	1.2	1.1	1.6
Máxima	2.2	2.3	2.8	2.6	3.0	2.7	2.9	2.6	2.8	2.2	1.9	2.1	3.0
Mínima	0.1	0.1	0.5	0.5	0.7	1.5	1.4	1.3	0.9	0.0	0.0	0.1	0.0
Rango	2.2	2.2	2.3	2.1	2.3	1.2	1.5	1.2	2.0	2.1	1.9	2.1	3.0
Desv. T.	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6
NºValores	61	54	59	57	30	30	31	31	31	62	59	60	565
Diferencias Young-Stevenson (Yng-Stv) – Temperaturas máximas													
Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Media	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Máxima	0.5	0.3	0.5	0.4	0.3	0.4	0.1	0.0	0.4	0.6	0.5	0.4	0.6
Mínima	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.5	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.6
Rango	0.8	0.8	1.0	0.8	0.6	0.9	0.6	0.5	0.8	1.1	0.8	0.8	1.2
Desv. T.	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
NºValores	61	54	48	60	31	28	29	31	31	59	60	62	554

Tabla 2: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS DIFERENCIAS MENSUALES DE TEMPERATURA MÁXIMA DEL AIRE (°C) EN GARITA MNT-STV Y YNG-STV

La diferencia en las temperaturas máximas diarias ha resultado en promedio y mediana de 0.0°C entre la garitas Yng-Stv (Tabla 1). El rango intercuartílico varía entre -0.1°C para el primer cuartil y 0.1°C para el tercer cuartil. La diferencia en las temperaturas mínimas diarias es en promedio y mediana de -0.1°C, oscilando el rango intercuartílico entre -0.1°C para el primer cuartil y 0.0°C para el tercer cuartil. Se observa por tanto un leve sesgo negativo de escasa magnitud en ambos registros extremos, muy poco mayor en el caso de las temperaturas mínimas diarias. Al tratarse ambos de dos abrigos cerrados frente la radiación solar directa y reflejada y la radiación de onda larga, y además ventilados de forma natural, las diferencias térmicas encontradas deben estar directamente asociadas a las características de ambos tipos de protector de radiación. Según VAN DER MEULEN (1998) esto se debe a que la garita Stevenson, construida en madera, se sobrecalienta mucho más afectando así tanto a las temperaturas diurnas como nocturnas. Las Figuras 2b y 2d despliegan una nube de puntos de las temperaturas máximas y mínimas registradas en las garitas Young y Stevenson muy ajustada a la recta de equidistribución, sin apenas sesgo entre ellas.

El análisis estacional de las diferencias térmicas en los valores máximos (Tabla 2 y Figura 3b) muestra que el mayor sesgo negativo se observa en verano (junio -0.2°C , julio -0.3°C y agosto -0.2°C), mientras que no se detectan diferencias durante el resto del año. La diferencia negativa más baja también ocurre en verano, con -0.6°C , el 5-Jul-2009, asociado a picos muy elevados de radiación solar ($>1100 \text{ W m}^{-2}$); y la más elevada en otoño con 0.6°C , el 26-Oct-2009, coincidiendo con subidas y bajas muy bruscas de temperatura. En el caso de las diferencias térmicas en las temperaturas mínimas (Tabla 3 y Figura 3d) la variación estacional presenta un sesgo negativo relativamente débil, con -0.1°C para todos los meses, excepto en octubre con 0.0°C . Las diferencias extremas en las temperaturas mínimas oscilan entre máximas de 0.3°C en septiembre, octubre y noviembre, y mínimas de -0.4°C en varios meses a lo largo de todo el año. Aunque no se observa una clara estacionalidad, las mayores diferencias térmicas en los valores máximos, concentradas en los meses de verano, podría justificarse por la baja conductividad térmica de la garita multiplato Young 41303-5, también de resina plástica blanca con alta reflectividad, frente a la mayor conductividad calorífica de la garita de madera Stevenson. Las Figuras 3b y 3d muestran el sesgo de las diferencias térmicas Yng – Stv en los valores máximos y mínimos en función del día juliano.

Diferencias Montsouris-Stevenson (Mnt-Stv) – Temperaturas mínimas													
Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Media	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1
Máxima	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mínima	-0.5	-0.6	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.3	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6
Rango	0.6	0.7	0.6	0.7	0.4	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7
Desv. T.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
NºValores	62	56	62	60	31	30	31	31	31	62	60	62	578
Diferencias Young-Stevenson (Yng-Stv) – Temperaturas mínimas													
Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Media	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1
Máxima	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3
Mínima	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Rango	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7
Desv. T.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
NºValores	62	56	49	59	31	28	30	29	29	60	60	61	554

Tabla 3: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS DIFERENCIAS MENSUALES DE TEMPERATURA MÍNIMA DEL AIRE ($^{\circ}\text{C}$) EN GARITA MNT-STV Y YNG-STV

4. CONCLUSIONES

Los resultados preliminares obtenidos para el caso de Alicante concuerdan con estudios previos, y se resumen en un par de conclusiones:

- (i) La garita Montsouris sobrestima las temperaturas máximas frente al abrigo Stevenson, y subestima las temperaturas mínimas, siendo este efecto mayor en primavera-verano en el caso de las temperaturas máximas, y en invierno en las temperaturas mínimas.
- (ii) El abrigo multiplato Young subestima muy levemente las temperaturas máximas y mínimas frente al abrigo Stevenson. La magnitud de esta subestimación es un poco mayor en

la época cálida del año, lo que puede estar relacionado con la menor conductividad térmica de la garita de plástico Young frente a la Stevenson de madera.

Estos resultados preliminares serán completados en estudios futuros con análisis más minuciosos, descendiendo a datos 10-minutales y horarios para conocer cuándo se producen, así como manejando otras variables atmosféricas, con el fin de explicar el efecto que pueden ejercer otros elementos meteorológicos (radiación solar, dirección y velocidad del viento, humedad del aire, etc.) en las diferencias térmicas detectadas.

5. AGRADECIMIENTOS

La Fundación CEAM está cofinanciada por la Generalitat Valenciana y BANCAIXA, y participa en el Programa CONSOLIDER – INGENIO 2010 (Proyecto GRACCIE). Agradecemos a la Universidad de Alicante por la cesión de los terrenos para la instalación de la parcela experimental, así como la labor desempeñada por su equipo técnico y administrativo. Conviene también agradecer la ayuda prestada por la Dra. Manola Brunet y el Dr. Javier Sigró, quienes nos facilitaron los planos para la construcción de la garita Montsouris. Por último, nos gustaría reconocer la ayuda técnica prestada por Miguel Antón.

6. 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, World Meteorological Organization, Génova, 52 pp.
- ANDERSSON, T. y MATTISSON I. (1991). *A field test of thermometer screens*. SMHI RMK No. 62, Swedish Meteorological Institute, Norköping.
- ANGOT (1903). *Instructions Météorologiques*, Gauthier-Villars, Imp-Libraire, París, 4ª ed., pp. 49-50.
- AZORÍN-MOLINA, C. y AZORÍN-MOLINA, J.C. (2008). Estudio experimental de la respuesta de la temperatura mínima del aire a condiciones de exposición con o sin protección de garita meteorológica. En: SIGRÓ RODRÍGUEZ, J., BRUNET INDIA, M. y AGUILAR ANFRONS (Eds.). *Cambio climático regional y sus impactos*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, nº 6. Artyplan, Tarragona, pp. 25-35.
- BAÑÓN, M., BRUNET, M., SIGRÓ, J., AGUILAR, E., GARCÍA, F., PALENZUELA, J.E. y ASÍN, J. (2008). Comparación de las temperaturas obtenidas en las garitas Montsouris y Stevenson. Resultados provisionales del proyecto SCREEN. *Boletín de la Asociación Meteorológica Española*, 20, pp. 40-43.
- BARNETT, A., HATTON, D.B., JONES, D.W. (1998). “Recent changes in thermometer screen design and their impact”. *Instruments and observing methods*. World Meteorological Organization, report n.º 66.
- BÖHM, R., AUER, I., BRUNETTI, M., MAUGERI, M., NANNI, T. y SCHÖNER W. (2001). “Regional temperature variability in the European Alps: 1760-1998 from homogenized instrumental time series”. *International Journal of Climatology*, 21, pp. 1779-1801.
- BRANDSMA, T. y VAN DER MEULEN, J.P. (2008). “Thermometer screen intercomparison in De Bilt (The Netherlands), Part II: Description and modelling of mean temperature differences and extremes”. *International Journal of Climatology*, 28, pp. 389-400.

- BRUNET, M., ASÍN, J., SIGRÓ, J., BAÑÓN, M., GARCÍA, F., AGUILAR, E., ESTEBAN, J., PETERSON, T.C., JONES, P. (en prensa). "The minimization of the *screen bias* from ancient western mediterranean air temperature records: an exploratory statistical analysis". *International Journal of Climatology*.
- BRUNET, M., BAÑÓN, M., GARCÍA, F., AGUILAR, E., SALADIÉ, O., SIGRÓ, J., ASÍN, J. y LÓPEZ, D. (2004). "Una aproximación experimental tendente a la minimización del sesgo artificial asociado al tipo de garita meteorológica mediante la observación dual de la temperatura del aire". *La Meteorología y el Clima Atlánticos*. Publicaciones de la Asociación Española de Meteorología, Badajoz, pp. 93-103.
- BRUNET, M., SALADIÉ, O., JONES, P.D., SIGRÓ, J., AGUILAR, E., MOBERG, A., LISTER, D., WALTHER, A., LOPEZ, D. y 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.
- BRUNET, M., SALADIÉ, O., JONES, P.D., SIGRÓ, J., AGUILAR, E., MOBERG, A., LISTER, D., WALTHER, A., LOPEZ, D. y ALMARZA, C. (2006). A case-study/guidance on the development of long-term daily adjusted temperature datasets. Proceedings of the International Workshop on Rescue and Digitization of Climate Records in the Mediterranean Basin. WCDMP series.
- BRUNETTI, M., MAUGERI, M., MONTI, F. y NANNI, T. (2006). "Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series". *International Journal of Climatology*, 26, pp. 345-381.
- CHANDLER, T.J. (1964). "North-wall and Stevenson screen temperatures at Kew Observatory". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 90, pp. 332-333.
- DRUMMOND, A.J. (1943). "Cold winters at Kew Observatory, 1783-1942". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 69, pp. 154.
- GILL, D. (1882). "On the effect of different kinds of thermometer screens, and of different exposures, in estimating the diurnal range of temperature at the Royal Observatory, Cape of Good Hope". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 8, pp. 238-243.
- GILL, G. C. (1983). *Comparison testing of selected naturally ventilated solar radiation shields*. Report to NOAA Data Buoy Office for Development Contract No. NA-82-0AA- 266, 15 pp.
- HAZEN, H.A. (1885). *Thermometer exposure*. US Signal Service, Professional Paper No. XVIII, US War Dep. Signal Office, Washington, DC, 32 pp.
- ICM (1893). *Treinta años de observaciones meteorológicas: exposición y resumen de las efectuadas en el observatorio de Madrid desde el 1º de Enero de 1860 al 31 de Diciembre de 1889*. Establecimiento Tipográfico de los Sucesores de Cuesta: Madrid.
- JONES, P.D., RAPER, S.C.B., BRADLEY, R.S., DIAZ, H.F., KELLY, P.M. y WIGLEY, T.M.L. (1986). "Northern Hemisphere surface air temperature variations: 1851-1984". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25, pp. 161-179.
- KOPPEN, W. (1913). "Uniform thermometer set-up for meteorological stations for the determination of air temperature and humidity". *Meteorol. Zeitschr.*, 30, pp. 474-488.
- LAING, J. (1977). "Maximum summer temperatures recorded in Glaisher stands and Stevenson screens". *Meteorological Magazine*, 106, pp. 220-228.
- MARGARY, I.D. (1924). "A comparison of forty years observations of maximum and minimum temperatures as recorded in both screens at Camden Square, London". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 50, pp. 209-226 y pp. 363.
- MARRIOT, W. (1879). "Thermometer exposure – wall versus Stevenson screens". *Quarterly of the Royal Meteorological Society*, 5, pp. 217-221.
- MAWLEY, E. (1897). Shade temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 102, pp. 69-87.

- MITCHELL, J.M. Jr. (1953). "On the cause of instrumentally observed secular temperature trends". *Journal of Meteorology*, 10, pp. 244-261.
- NICHOLLS, N., TAPP, R., BURROWS, K. y RICHARDS, D. (1996). "Historical thermometer exposures in Australia". *International Journal of Climatology*, 16, pp. 705-710.
- NORDLI, P.O., ALEXANDERSSON, H., FRICH, P., FORLAND, E.J., HEINO, R., JÓNSSON, T., TUOMENVIRTA, H. y TVEITO, O.E. (1997). "The effect of radiation screens on Nordic times series of mean temperature". *International Journal of Climatology*, 17, pp. 1667-1681.
- PARKER, D.E. (1994). "Effects of changing exposure of thermometers at land stations". *International Journal of Climatology*, 14, pp. 1-31.
- PARKER, D.E. (1995). "Maximum and minimum temperatures: a backward and a forward look". *Atmospheric Research*, 37, pp. 3-9.
- PERRY, M.C., PRIOR, M.J. y PARKER, D.E. (2007). "An assessment of the suitability of a plastic thermometer screen for climatic data collection". *International Journal of Climatology*, 27, pp. 267-276.
- RICHARDS, D., WILSON, G., SHENG HOW, K., KANG, S., TAN, A. y CHEUNG, S. (1992). *Comparison of temperature measures*. Report for Bureau of Meteorology Research Centre, Swinburne Univ. of Technology, 176 pp.
- RICHARDSON, S. J. y BROCK, F. V. (1995). "Passive solar radiation shields: energy budget – optimizing shield design". 9th Symposium on meteorological observations and instrumentation, American Meteorological Society, Charlotte, NC, pp. 259.
- RICO SINOBAS, M. (1857). *Resumen de los trabajos meteorológicos correspondientes al año 1854 verificados en el Real Observatorio de Madrid*. Instituto Central Meteorológico, Madrid, 148 pp.
- SPARKS, W.R. (1972). *The effect of thermometer screen design on the observed temperature*. WMO No 315.
- VAN DER MEULEN, J. P. (1998). A thermometer screen intercomparison. En *Instruments and Observing Methods Reports* No. 70, pp. 319.
- VAN DER MEULEN, J.P. (2003). *WMO hygrometer and thermometer screen intercomparison*. CIMO/OPAG-SURFACE//ET-SBII&CM-1/IOC-1/Doc. 6.3(2), p. 3
- VAN DER MEULEN, J.P. y BRANDSMA, T. (2008). "Thermometer screen intercomparison in De Bilt (The Netherlands), Part I: Understanding the weather-dependent temperature differences". *International Journal of Climatology*, 28, pp. 371-387.
- WARNE, J. (1999). *A preliminary investigation of temperature screen design and their impacts on temperature measurements*. Instrument Test Report Number 649, Bureau of Meteorology, Australia, 10 pp.
- WHIPPLE, G.M. (1883). Report on experiments made at the Kew Observatory with thermometer screens of different patterns during 1879, 1880 and 1881. *Appendix II to Quarterly Weather Report for 1880*, Met Office, London, pp. 13-18.
- WILD, H. (1879). Thermometer installations for the determination of the true air temperature. *Meteorol. Sbornik*, VI (9), 18 pp.
- WMO (2006). *WMO guide to meteorological instruments and methods of observation*. WMO No. 8, Ginebra.