

¿TEMPERATURAS AL SOL Y A LA SOMBRA? ¿CÓMO SE MIDE LA TEMPERATURA EN UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA?

Ricardo Torrijo Murciano¹
Alejandro Lomas González²
José Antonio López Díaz³



(publicado en el blog de AEMET
el 26 de junio de 2022)

¹ Técnico de meteorología, Centro Nacional de Predicción, AEMET

² Jefe de servicio del Centro Nacional de Predicción, AEMET

³ Revisor del artículo. Director de Programa de Técnicas Climatológicas, AEMET



La medición de temperatura no es algo tan sencillo como pudiera parecer en un principio. En este artículo realizaremos algunas aclaraciones sobre este asunto y sobre qué y cómo se mide la temperatura del aire en las estaciones meteorológicas.

Muchas veces nos preguntan a los profesionales de la meteorología qué temperatura va a hacer al sol y a la sombra. La respuesta es algo más compleja de lo que se podría pensar, primero habría que hablar de a qué temperatura nos referimos, si a la del aire, a la del suelo o a la que alcanza nuestra superficie corporal. En principio, es evidente que la temperatura del suelo al sol y a la sombra es diferente. También el calentamiento del suelo en extensas áreas soleadas incrementa la temperatura de las burbujas de aire cercanas al terreno. Dichas burbujas recalentadas, que se elevan por su mayor temperatura, también pueden elevar algo más la temperatura del aire en las cercanías del suelo. Por otro lado, cuando se está cerca del terreno o de edificios recalentados por el sol, nos llega radiación infrarroja que contribuye al incremento de nuestra sensación térmica.

Sin embargo, el mayor problema no radica allí. La principal causa del calor que se siente, cuando se está al sol en las horas centrales del verano, es la incidencia de su radiación sobre el organismo, que eleva la temperatura de la superficie corporal. Es por ello que al sol la sensación de calor es mucho mayor, pero la temperatura del aire al sol y a la

sombra no suele ser tan diferente en terreno abierto¹, ya que, aparte del efecto de las burbujas anteriormente comentado, el aire es bastante transparente a la radiación solar y además, aunque el aire absorbe parte de la radiación infrarroja emitida por el terreno, este efecto se produce de forma continua y a lo largo de todo el espesor de la atmósfera. Es decir que, localmente, la radiación infrarroja no produce una subida apreciable de temperatura en un área pequeña confinada en los primeros metros del suelo donde medimos la temperatura.

Por otro lado, cuando queremos medir la temperatura en meteorología se intenta hacer una aproximación lo mejor posible a la temperatura media del aire en un periodo representativo. Si se pone un termómetro al sol, la temperatura medida dependería del equilibrio térmico radiativo entre el sensor del termómetro y la radiación solar. Este dato dependería lógicamente del tipo de sensor empleado y no sería un dato fácil de interpretar ni se correspondería con una magnitud física de interés. Por ello, es importante recordar que al hablar de la temperatura del aire no es adecuado hablar de su medición al sol y a la sombra, sino de matizar los motivos por lo que nuestra sensación de calor varía al sol y a la sombra.

Además de todo lo anterior, la medición de temperatura del aire cerca de la superficie es algo más complejo de lo que pudiera parecer. Empezando porque la propia definición de temperatura no es un concepto tan evidente. Partiendo de las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (en adelante OMM, según las siglas en español, o WMO, según las siglas en inglés), vamos a hacer un repaso de las condiciones que debe tener en meteorología una estación enfocada a la observación de temperatura.

La temperatura de un cuerpo se relaciona con su energía interna; la OMM (WMO, 1992) define la temperatura como la magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico. Cuando dos cuerpos están a distinta temperatura y se ponen en contacto térmico se produce un intercambio de calor entre ellos que va dirigido del más cálido al más frío. Para dar un valor cuantitativo a las temperaturas se definen escalas de temperatura. En España la escala de temperatura Celsius es la más ampliamente conocida por la población.

El termómetro es un aparato diseñado para que su sensor alcance el equilibrio térmico con el medio que lo rodea y, mediante diversos algoritmos basados en propiedades físicas relacionadas con la temperatura, como la dilatación de los materiales o en el cambio de sus propiedades eléctricas, se puede asignar un valor a la medición. También hay termómetros que no necesitan tener contacto con el cuerpo, como los que basan su cálculo en la medición de la radiación emitida por el mismo. Del primer tipo son, por ejemplo, los que se encuentran habitualmente en muchas casas para medir las temperaturas y, del segundo, los que se emplean para medir la temperatura corporal a distancia y que se han hecho muy populares a raíz de la reciente pandemia.

En meteorología se mide habitualmente la temperatura de muchos elementos como el agua, el terreno, el subsuelo o los topes nubosos. Sin embargo, es la temperatura del aire, cerca de la superficie y también a diversas altitudes, la variable más observada. La

¹ Además de lo explicado, cuando se produce una marcada diferencia de temperatura entre dos masas de aire contiguas a la misma altitud y diferente temperatura, se activan movimientos atmosféricos que tienden a homogeneizar sus temperaturas, salvo que haya algún tipo de forzamiento que impida que se mezclen.

OMM (WMO, 1992) define la temperatura del aire como *la temperatura leída en un termómetro expuesto al aire, protegido de la radiación solar directa*.

Como pasa con otras variables meteorológicas, la medición de la temperatura, de forma coordinada y continua a nivel internacional, es básica para hacer unas buenas predicciones del tiempo. Muchas veces las perturbaciones atmosféricas que afectan a nuestro país se forman y evolucionan a miles de kilómetros de distancia. Por ello, aun contando con los programas de cálculo y los ordenadores más avanzados, sin una red global de información, difícilmente se podrían hacer predicciones más allá de un corto plazo.

Debido a la importancia de las observaciones de temperatura, los servicios meteorológicos utilizan sensores calibrados en un laboratorio especializado y que se someten a una revisión periódica. Además los sensores tienen que tener otras características como un tiempo de respuesta adecuado. El tiempo de respuesta estima el tiempo en que el sensor del termómetro alcanza el equilibrio térmico con el medio que está midiendo. Un tiempo de respuesta muy corto sería capaz de detectar las rápidas fluctuaciones, a veces de segundos, que se producen en la temperatura del aire y que son de poco interés operativo, por lo que habría que hacer un promedio², mientras que un tiempo de respuesta excesivamente largo podría dar lugar a que se suavicen algunos extremos térmicos³.

Según la OMM las mediciones de temperatura del aire cerca del suelo se deben realizar en abrigo meteorológico, que le sirven de protección y soporte a los sensores, ubicados entre 1,25 y 2 m por encima del nivel del terreno (WMO, 2017). El tipo de protecciones meteorológicas o garitas utilizados es muy variado. En cualquier caso su interior debería estar diseñado para proteger el sensor de cualquier fenómeno que le pudiera afectar, como la radiación solar o a la precipitación. Por otro lado el aire en su interior debería tener una temperatura uniforme e igual a la del aire circundante. Todas estas consideraciones son, sin embargo, un ideal difícil de alcanzar. En ocasiones cada tipo de garita puede dar lugar a su propio microclima y puede haber ciertas diferencias en la medición de un tipo a otro de abrigo.^{4,5}

También la temperatura es muy sensible al entorno donde se mide. Por eso es importante llevar a cabo un control riguroso de los cambios que se producen. Para la observación sinóptica, la ubicación de la estación debe ser representativa de un entorno de 100 km y cumplir una serie de recomendaciones. Según la OMM (WMO, 2017): *El mejor lugar para realizar las mediciones es, pues, por encima del nivel del suelo, con exposición directa al sol y al viento, y libre de la sombra o proximidad de árboles, edificios u otros objetos que obstruyan. Las pendientes muy inclinadas y las depresiones del terreno están expuestas a condiciones excepcionales, por lo que convendría evitarlas. En los pueblos y ciudades, las características locales suelen ser más marcadas que en las zonas*

2 Según la OMM (WMO, 1997) con sensores automáticos se recomienda promediar en un minuto. Si esto no se hiciera en verano se alcanzarían picos muy cálidos debido a burbujas de aire muy cálido que puede subir la temperatura del sensor en unos pocos segundos.

3 La OMM (WMO, 2017), recomienda que la constante de tiempo, definida como el tiempo necesario para que el termómetro registre el 63,2 % de un cambio discreto de la temperatura del aire, sea de 20 segundos (WMO, 2017).

4 Véase por ejemplo BUISÁN *et al.* (2015) o MARTÍNEZ IBARRA *et al.* (2010).

5 Véase nota 3.

rurales. Las observaciones de temperatura en las cimas de los edificios son de dudoso valor y utilidad, debido al gradiente vertical variable de temperatura que existe en esos lugares y al efecto del propio edificio sobre la distribución de la temperatura.



A la izquierda, interior de una garita meteorológica con psicrómetro, termómetro de máxima y mínima y termohigrógrafo.

Imagen de dominio público: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thermometerhuette.jpg>.

Derecha: garita y estación meteorológica automática en la cima de La Dôle, 1677 m (Suiza).

Imagen de dominio público: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Station_meteo_dole.jpg.

La medición adecuada de temperatura del aire junto al suelo es un procedimiento que, como se ha visto, tiene que contar con unas condiciones adecuadas de entorno, garita y sensor, por lo que no es sencillo disponer de series largas de calidad. Cualquier cambio de las condiciones de observación debe ser minuciosamente apuntado para poder luego hacer un estudio riguroso de la calidad de los datos. Además, antes de su utilización para diversos estudios, las series de datos se someten a controles de calidad en comparación con otras del entorno para detectar cualquier anomalía. Muchas veces cambios que dan lugar a anomalías son resultados de causas ajenas a los servicios meteorológicos, como el crecimiento de una ciudad alrededor de un observatorio, el cambio de la vegetación o la variación del riego de los alrededores. En otras ocasiones, el cambio de tipo de garita⁶, como el paso de las garitas abiertas Montsouris —que se solían utilizar en el siglo XIX— a las que se usaron después, da lugar a cambios en las máximas y mínimas registradas que deben ser calibrados cuidadosamente. Visto todo lo anterior, es importante saber a qué nos referimos cuando hablamos de temperatura del aire, no debemos hablar ni de sol ni de sombra, y, por supuesto, no fiarnos de cualquier termómetro de calle, a veces sin la calibración adecuada y muchas veces expuesto a la radiación solar directa, o ubicado en el interior de un abrigo no adecuado. También es importante tener en cuenta la zona donde se localiza la estación medidora. No es lo mismo el dato de una estación ubicada en un entorno urbano, muy recalentado por la radiación solar incidente sobre los edificios y asfalto, por el tráfico intenso o por los aparatos de aire acondicionado cercanos, que el de otra ubicada en el campo o en el interior de un extenso parque urbano que se riega con regularidad.

6 Debido a las consideraciones expuestas en este párrafo es recomendable, antes de realizar cambios de garita e instrumentación, observar, durante el tiempo necesario, en paralelo el antiguo y moderno sistema. De esta forma, se puede evaluar si se producen cambios significativos en la medición, algo especialmente de interés en los valores extremos. Todos los cambios realizados deben ser cuidadosamente documentados, así como los cambios en el entorno que pudieran afectar a las mediciones.

Bibliografía

WMO, 2017. Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (nº 8). Disponible online en: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3664.

WMO, 1992. Vocabulario Meteorológico Internacional (OMM-Nº 182). Disponible online en: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4712.

WMO, 1997. Instruments and observing methods (Report No. 65). Guidance on automatic weather stations and their implementation (WMO/TD, No. 865). Disponible online en: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9687.

BUISÁN, S. T., AZORÍN MOLINA, C. y JIMÉNEZ, Y., 2015. Impact of two different sized Stevenson screens on air temperature measurements. *Int. J. Climatol.*, 35: 4408-4416. Disponible online en: <https://doi.org/10.1002/joc.4287>.

MARTÍNEZ IBARRA, E., AZORÍN MOLINA, C., BAÑÓN GARCÍA, M., OLCINA CANTOS, J., ESTRELA NAVARRO, M., y GIL OLCINA, A., 2010. Intercomparación de las temperaturas extremas en tres tipos de garita meteorológica: Montsouris, Stevenson y Young. *Clima, ciudad y ecosistemas: ponencias y conferencias invitadas al VII Coloquio de la Asociación Española de Climatología* / coord. por Encarnación Galán Gallego, Rosa Cañada Torrecilla, Felipe Fernández García, págs. 209-221. Disponible en: https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/8516/1/AEC2010_IBARRA.pdf.