

TEMPERATURA EQUIVALENTE, POTENCIAL Y VIRTUAL

POR

JOSÉ-MARÍA LORENTE

¡Qué tres calificativos más bonitos añadidos al vulgar concepto de temperatura! Bueno, lo de vulgar nos parece a los vulgares, pues si cualquiera intenta conocer a fondo lo que es temperatura, a pesar de que acuda al luminoso artículo que acerca de ese tema escribió nuestro distinguido compañero Sr. Duperier ⁽¹⁾, verá que no es el asunto para cabezas negadas. Pero aquí no se trata de la temperatura a secas, sino de la temperatura adornada con los tres indicados calificativos de equivalente, potencial y virtual, un tresillo de denominaciones abracadabrizante que vamos a ver si desabracadabrizamos con permiso de los empingorotados meteorólogos que las usaron por vez primera.

Empecemos por la «temperatura equivalente», ya que es en la actualidad el último «pregón de la moda» en Alemania. Y para tratar de ella nada nos parece más adecuado que seguir la explicación que el distinguido profesor M. Roitzsch, del Observatorio de Lindenberg, nos da en el número de Agosto último de la revista *Meteorologische Zeitschrift*.

Supongamos que tenemos un gramo de agua, es decir, la que cabe aproximadamente en un dedal, y que ese agua está a 0°, pero que no ha llegado a congelarse. Supongamos ahora que dejamos ese dedal a la intemperie hasta que el gramo de agua contenido en él se evapora. ¿Qué cantidad de calorías ⁽²⁾ se habrán gastado en esa operación? La Física nos contesta que si la evaporación se produjo a los $t^{\circ}\text{C}$, se habrán consumido

$$606,5 + 0,305 t,$$

es decir, aproximadamente 607 calorías. ¿Y cómo tantas —dirá el lector— para un simple gramo de agua? Pues porque ha sido necesario vencer la fuerza inmensa con que estaban unidas las moléculas que formaban el líquido para que éste se convierta en vapor.

Bien, pues ya tenemos el gramo de agua difundido por los espacios y llevando como equi-

paje las 607 calorías que robó a las paredes del dedal si en él se había evaporado. Poseemos, por consiguiente, un capital en calor administrado por el vapor de agua.

Veamos ahora lo que ocurriría si ese mismo calor le utilizase el aire. Este es mucho menos exigente: con ese calor, bastaría para elevar $2,5^{\circ}\text{C}$ la temperatura de una masa de él que pesase un kilogramo.

Pero esto del kilogramo de aire merece una aclaración. Muchos creen que el aire no pesa, y el primero que tal pensó fué nada menos que Aristóteles, a quien se siguió hasta que demostró Torricelli que no hay tal cosa. Efectivamente, un metro cúbico de aire del que se halla junto al mar pesa 1 kilogramo 293 gramos, es decir, poco más de kilo y cuarto, que diría cualquier vulgar tendero.

También hay que tener en cuenta que si en lugar de haber llenado el dedal de agua lo hubiéramos hecho de hielo a 0°, entonces hubieran sido necesarias 80 calorías más para realizar la fusión del mismo, con lo cual el gramo de agua evaporado llevaría como equipaje unas 687 calorías en vez de las 607 que antes dijimos. Si esas 687 calorías se hubieran empleado en caldear un kilogramo de aire, la temperatura de éste se habría elevado $2,8^{\circ}\text{C}$, es decir, un poco más que cuando partimos en nuestro experimento del agua.

Con estos antecedentes ya podemos ir a la definición de temperatura equivalente. Si consideramos un kilogramo de aire húmedo, en él hay encerrados dos elementos: aire y vapor de agua, cada uno de los cuales aprovecha de modo distinto una misma cantidad de calor para elevar su temperatura. El agua, sabido es que requiere una caloría-gramo para elevar un grado la temperatura de ella; en cambio, el aire se contenta con 241 calorías-gramo para elevar un grado un kilogramo del mismo. Pues bien, si queremos juzgar de la energía térmica total del aire húmedo, debemos apreciarla por el número de calorías-gramo que contiene, y este número sería comodísimo expresarlo por la temperatura —pues es proporcional a ella—; pero como,

(1) Véase el núm. 1 del volumen I, Enero-Febrero 1927, página 24 de estos ANALES.

(2) Caloría = Cantidad de calor necesaria para elevar un gramo de agua de 0 a 1° de temperatura.

por lo explicado antes, aire y agua se comportan de diferente manera, es utilísimo reducirlo todo a lo que ocurriría si no existiese más que el primero, es decir, fingir que el vapor de agua cede las calorías que aportaba al aire, con lo cual éste aumenta en lo que llamó Schubert (1) la «temperatura complementaria». El resultado de esta suma es lo que designó Bezold con el nombre de «temperatura equivalente» (2).

Merece llamar la atención el hecho de que no se usan en estas consideraciones volúmenes de aire, sino masas, y la razón es la de que una masa conserva invariable, mientras no haya causas externas, sus calorías, cualquiera que sea el sitio de la atmósfera en que se halle, mientras que un volumen, un metro cúbico, por ejemplo, tiene un contenido variabilísimo de masa y de energía, según el lugar de la atmósfera en que se encuentre.

Y vamos a la temperatura *potencial*. Cuando una masa de aire asciende sobre el suelo va enfriándose cada vez más, porque al ir subiendo va encontrando cada vez menos presión atmosférica y, por lo tanto, se va dilatando. El trabajo de esa expansión se realiza a costa de la pérdida de energía calorífica, lo que trae como consecuencia dicho enfriamiento. De aquí que no sean comparables, atendiendo a su temperatura dos masas de aire que se encuentren a diferente altura, y que haya sido necesario suponer que en cualquier punto de la atmósfera reina la presión normal, con lo que las masas situadas a nivel superior al de éste adquirirían una temperatura que se llama «potencial».

Supongamos una columna de aire perfectamente aislada del resto de la atmósfera, es decir, como si estuviese encerrada dentro de una gigantesca chimenea, cuyas paredes ni dejasen penetrar el calor exterior ni que el de la columna de aire interna saliese hacia afuera. Si un observador recorriese esa columna aérea y fuese determinando la temperatura potencial en cada uno de sus puntos, encontraría que sería igual en todos ellos a la temperatura real que había junto al suelo. Si en lugar del observador suponemos que es una masa del mismo aire la que sube por esa chimenea, esa masa al ir variando la presión iría cambiando también de temperatura, pero siempre en cada momento la que tendría sería exactamente igual a la del aire que iba encontrando en su camino. En ese

caso la transformación de temperatura que va experimentando esa masa de aire ascendente se llama «adiabática» porque no ha habido ni ganancia ni pérdida de calor, pero sí variación de temperatura debida a los cambios de presión.

Conocidos los significados de temperatura equivalente y temperatura potencial es fácil combinar estos dos conceptos en lo que W. Schmidt (1) llamó «temperatura potencial equivalente», o sea la temperatura equivalente que tomaría una masa de aire a la presión normal.

Hasta ahora hemos hablado de que el agua existente en el aire húmedo se conserva en forma de vapor. Para el aire descendente, desde luego que ocurre esto; pero cuando el aire asciende puede ocurrir que ese vapor se condense en gotillas de agua y entonces queda libre el calor de evaporización, el cual es absorbido por el aire, con lo que, más recalentado, aumenta en fuerza ascensional. Si las gotillas, por aumentar su tamaño, se precipitan sobre el suelo en forma de lluvia, el calor que ellas retienen hay que restarlo del que había en la masa de aire húmedo; pero como este calor es sólo de una caloría por gramo, puede considerarse despreciable con respecto a las 606 calorías cedidas al aire.

Como consecuencia de esto se ve que la temperatura potencial equivalente sirve prácticamente en todo caso para definir una masa de aire que asciende o que desciende, siempre que no haya pérdida o ganancia de calor con relación al exterior de esa masa. En general, dos masas de aire que se hallan separadas por una superficie de discontinuidad de la atmósfera, tendrán diferente temperatura potencial-equivalente y, por consiguiente, ésta servirá perfectamente para definir bien los límites de esas masas o «cuerpos de aire» que llaman los alemanes y que tanta importancia tienen hoy día en la predicción del tiempo.

Finalmente, en 1877, Guldberg y Mohn llamaron temperatura *virtual* a la que debería tomar el aire seco para que tuviese la misma densidad del aire húmedo en un lugar de la atmósfera. El emplearla tiene la ventaja de que se puede aplicar al aire húmedo la fórmula de estado del aire seco. El cálculo de ella se realiza por medio de tablas o gráficos. La importancia de esta corrección de la temperatura se puede comprender diciendo que para las grandes alturas sólo vale una o dos décimas de grado, pero que junto al suelo y en verano puede tomar el valor de unos cinco grados.

(1) *Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre*. Editor, J. Springer. Berlin, 1904.

(2) *Ges. Abhandlungen*, X, und XI. Braunschweig, 1906, así como Knoche, *Ueber die räumliche und Zeitliche Verteilung des Wärmegehaltes der unteren Luftschicht*. Archw. d. Deutsch. Seewarte, 1905, n.º 2.

(1) *Meteorol Zeitschr*, 1921, pág. 266.