

tivo para traspararle en seguida. La presión llega aquí á un máximo hacia las 10 de la mañana.

„2.º *Minimum del día.*—El término negativo continúa creciendo en valor absoluto hasta el máximo de temperatura, ó sea hacia las 4 de la tarde, en que empieza á disminuir, al paso que el término positivo continúa aumentando ó se queda estacionado; así pues, *mínimum.*

„3.º *Máximum de la noche.*—Los dos términos decrecen gradualmente, el *negativo* más de prisa que el positivo; luego la curva de presión subirá hasta que, á eso de

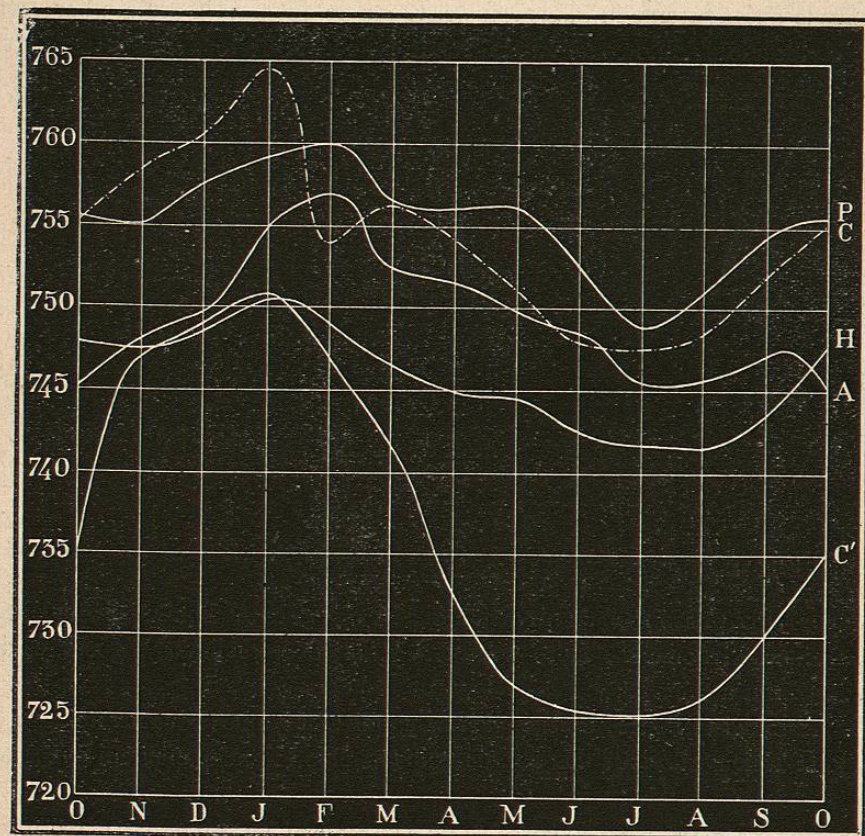


Fig. 60.—Presión media mensual del aire seco á diferentes latitudes: C, Calcuta; C', aire seco; A, Apenrade; P, Petersburgo; H, Halle

las 10, empiece la radiación nocturna, nuevo término *negativo* que reemplaza al término debido á la ascensión de los gases, que resultará nulo toda la noche; de donde el máximo.

„4.º *Minimum de la noche.*—El término negativo debido á la radiación crece en valor absoluto hasta pocos momentos antes de la salida del Sol. Habrá, pues, un *mínimum* á eso de las 4 de la mañana.

Esta es, sobre poco más ó menos, la teoría que adopta M. Mohn; pero insiste en la dirección que toma el aire dilatado hacia los límites superiores de la atmósfera y en la influencia de esta dirección para producir la disminución de presión de 9 á 10 de la mañana, como pretende la teoría de Kaemtz. Además el sabio meteorologista noruego completa esta teoría diciendo:

“En las regiones intertropicales, en que la diferencia de temperatura entre el día y la noche es la mayor posible, en que el aire absorbe mayor cantidad de vapores y la formación de rocío es más considerable, la amplitud de la oscilación barométrica es también la mayor posible. La existencia de circunstancias análogas hace comprender que la amplitud es mayor en el interior de las tierras que en las costas, en las hondanadas que en las alturas y en verano que en invierno.”

Por ahora, limitaremos á esto lo referente á la teoría de las oscilaciones de la columna barométrica; casi no hemos hablado más que de las oscilaciones periódicas, reservándonos decir más adelante lo que se sabe acerca de las accidentales, que son las más marcadas de todas, teniendo íntima relación con los cambios de tiempo, y sobre todo con las borrascas, huracanes, tempestades, tornados, ciclones y demás perturbaciones atmosféricas.

## CAPÍTULO IV

### LA TEMPERATURA DEL AIRE

#### I

##### USO DEL TERMÓMETRO EN LAS OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS

Acabamos de ver que el calor desempeña un gran papel en los fenómenos de variación de la presión atmosférica. Si, pues, se dice con razón que el barómetro es el primer instrumento que el meteorologista debe consultar y observar de continuo, se puede colocar el termómetro, por tal concepto, en categoría igual por lo menos. En el tomo anterior de esta obra hemos descrito con los detalles que merecen los termómetros de mercurio, de alcohol, de aire, y los de máxima y mínima, diferenciales, metálicos y eléctricos; sistema de construcción, graduación, escalas comúnmente adoptadas, etc.; todo lo cual, tratado con bastante extensión, hace superflua á nuestro juicio una nueva descripción.

Sin embargo, convendrá que digamos algunas palabras acerca de las precauciones especiales que requiere el uso del termómetro en los observatorios meteorológicos. Aquí sólo nos referimos á la medida de la temperatura del aire; la del suelo y de las aguas se describirá en su lugar correspondiente.

Debe entenderse por temperatura del aire en un punto y en un momento dados la que tiene el medio fluido en una extensión suficientemente grande alrededor del lugar en que se hace la observación. Así pues, importa en el más alto grado que la instalación de los instrumentos sea tal, que no los afecte la acción de las causas puramente particulares y capaces de alterar las indicaciones del aparato termométrico. Estas causas se pueden enumerar como sigue: 1.º, la radiación directa de un manantial de calor, y principalmente del Sol; 2.º, la radiación indirecta ó por reflexión procedente de objetos próximos, del suelo desnudo, de paredes caldeadas por el Sol, etc.; 3.º, las corrientes accidentales de aire caliente ó frío; 4.º, por último, el enfriamiento motivado por la evaporación cuando el depósito del termómetro no está perfectamente seco.

Si se trata de una observación aislada y accidental, que se haya de hacer lejos de un observatorio, se averigua la temperatura verdadera del aire, y se evitan las anteriores causas de error, valiéndose del *termómetro honda*. Es un pequeño termómetro de mercurio que se ata á la punta de un cordón y se le hace dar rápidas vueltas en el aire teniendo en la mano la otra punta, con lo cual el instrumento se pone en contacto con una masa de aire constantemente renovada, y el efecto de este contacto predomina

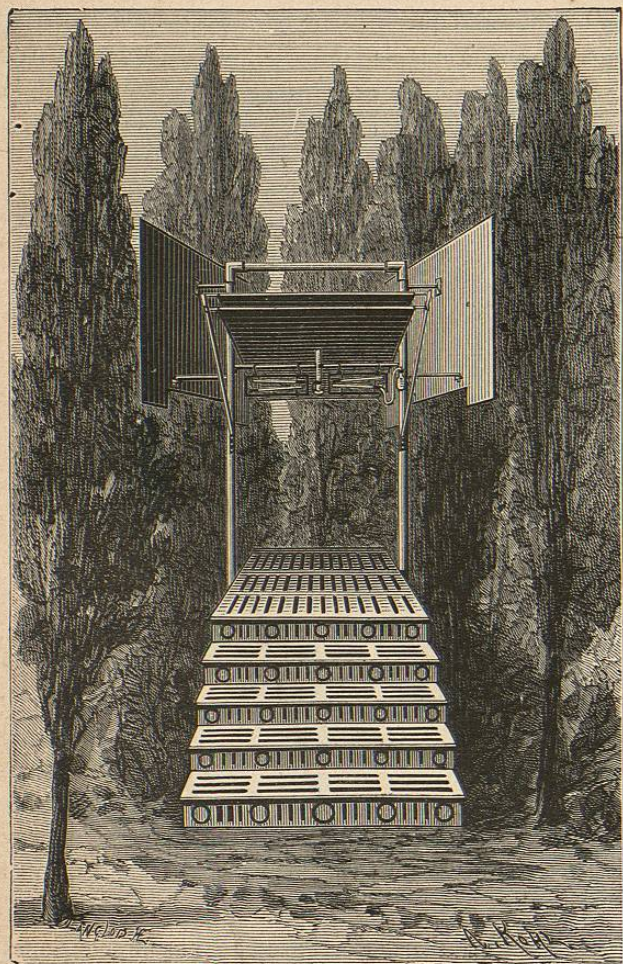


Fig. 61.—Cobertizo de los termómetros en el observatorio de Montsouris

notablemente sobre los de la radiación. Sin embargo, lo mejor es efectuar esta operación á la sombra y repetirla hasta que, después de consultarlo dos ó tres veces, se vea que marca el mismo número de grados con una ó dos décimas de diferencia. Según Bravais, el termómetro-honda marca una temperatura que difiere ligeramente de la de un termómetro puesto á cubierto: un poco inferior durante el día, y algo superior de noche.

Veamos ahora cómo se acondicionan los termómetros en los observatorios ó estaciones fijas de meteorología. El modo de instalación adoptado en Montsouris es el que combinaron Sainte-Claire Deville y Renou, y que está representado en la fig. 61. Un doble techo de un metro cuadrado próximamente de superficie, un tanto inclinado hacia el lado Sur del horizonte, dos placas de hierro verticales un poco separadas del tejadillo é instaladas en los lados Este y Oeste,

te, y por último, á cierta distancia grupos de árboles verdes que extienden su sombra sobre tal cobertizo, bastan para guarecer los instrumentos, lo mismo que el suelo, de los rayos directos del Sol (1). Además, esta especie de cobertizo está elevado lo menos dos metros sobre el suelo, que á su vez tiene una alfombra de césped para impedir la reverberación. He aquí ahora cómo se deben poner los instrumentos debajo de este

(1) Conviene que las dos placas de hierro laterales sean movibles: una sola, la que está del lado del Sol, se coloca sobre un soporte; y la otra se quita siempre para que los termómetros no reciban el calor que reflejaría la superficie interna de ésta. Para tener la completa seguridad de que se ha llenado esta última condición, es preferible no poner más que una placa, situándola al Este por la mañana y al Oeste por la tarde.

abrigo. Son en número de cuatro: un termómetro de máxima y otro de mínima, y los dos termómetros seco y húmedo de que hablaremos más adelante y cuyo conjunto forma el *psicrómetro*. De un travesaño horizontal que va de Este á Oeste, se suspende la tabla en que están estos dos últimos instrumentos, y á cada lado, en dos delgados marcos de latón, los termómetros de máxima y mínima. La oficina meteorológica de Francia recomienda á las estaciones que sólo tienen estos dos termómetros la disposición que representa la figura 62, y cuya descripción, tomada de las *Instrucciones meteorológicas*, es la siguiente:

“Es un marco de latón, en el cual se ponen los termómetros, como de costumbre, entre dos alambres sujetándolos á ellos con unas anillas. Este marco está cubierto de un tejadillo de corcho, preservado á su vez de la insolación por otro tejadillo de cinc barnizado. Uno de los lados del techo puede abrirse y levantarse para leer más fácilmente las indicaciones de los termómetros. Todo ello va fijo, por medio de una placa de hierro atornillada, á un poste de 1<sup>m</sup>,75 á 1<sup>m</sup>,80 de altura, plantado en un terreno en que haya hierba. Este abrigo se coloca en lo posible al Norte de un árbol aislado, de pequeñas dimensiones y de follaje poco espeso, para no entorpecer la libre circulación del aire, sin dejar de impedir que el Sol dé directamente sobre el abrigo en mitad del día. Según se ve en el grabado, los termómetros están algo oblicuos, con el depósito hacia abajo y contrapuestos; el cobertizo puede girar alrededor de un eje horizontal, é inclinándole de modo que el depósito del termómetro de mínima quede hacia arriba, el índice de este termómetro baja por sí mismo al extremo de la columna.”

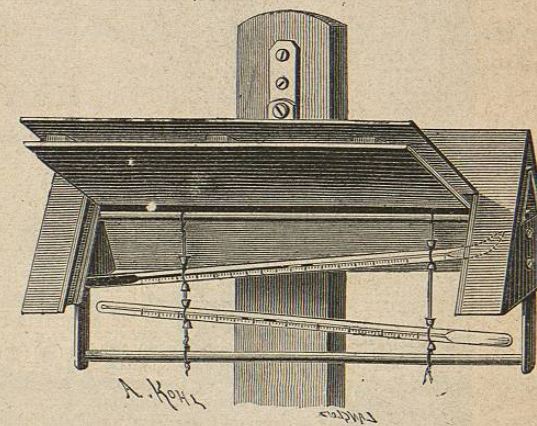


Fig. 62.—Cobertizo de los termómetros de máxima y mínima, de la Oficina central meteorológica de Francia

Acabamos de ver cómo está instalado el cobertizo de los termómetros en Montsouris. “En el observatorio de Greenwich, el techo mayor es horizontal, pero sobre él hay otro en forma de tejado. En el observatorio meteorológico de Kew, los instrumentos están colocados en una gran jaula, cuyos lados los forman listones á modo de persianas, y su fondo está enteramente abierto. La instalación de Montsouris es la más generalmente adoptada en Francia y en Argel. La de Kew es la preferida en Inglaterra y en muchos observatorios del continente.”

Median bastantes motivos para que no todos puedan situar los termómetros en un abrigo establecido en las condiciones que acabamos de describir, siendo muchos los observadores que se ven forzosamente reducidos á colgarlos en la ventana ó balcón de su casa. En este caso deberán escoger con preferencia una ventana que mire al Norte, cuidando de guarecer al termómetro de los rayos del Sol que pudieran dar en él por la mañana ó por la tarde, con unas pantallas de tablas ó placas de cinc que al mismo tiempo le preservarán de la lluvia. Como no siempre es fácil impedir que lleguen á él los rayos solares reflejados por el suelo ó por las paredes vecinas, resulta que los termómetros de las casas particulares marcan temperaturas que difieren más ó menos de la verdadera temperatura del aire en el país en que están instalados. Estas diferencias

son bastante considerables en las ciudades, variando de un barrio á otro, y hasta en un mismo barrio, según las calles, su orientación y otras muchas circunstancias. Es indudable que en este caso las indicaciones del termómetro, interesantes para el que las consulta y útiles hasta bajo el punto de vista higiénico, carecen de valor meteorológico y no pueden servir para el estudio general de las variaciones del calor en la superficie del globo.

Todos los observatorios meteorológicos están dotados hoy de aparatos anotadores, que si en un momento dado no marcan la temperatura con la misma precisión que los instrumentos ordinarios, tienen la ventaja de proporcionar indicaciones continuas

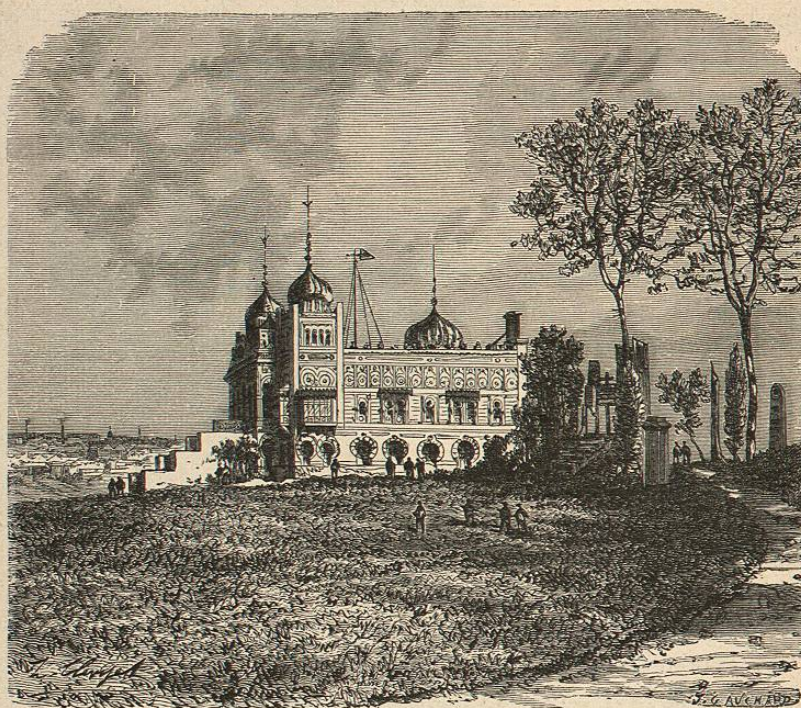


Fig. 63.—Observatorio de Montsouris

á cada instante del día y sobre todo de la noche. He aquí la descripción del anotador termométrico Breguet, adoptado hace algunos años en el observatorio de Montsouris, y reemplazado después por el anotador Richard y por el termógrafo Sallerón:

„El depósito del termómetro consiste en un tubo de cobre delgado de tres metros de longitud y 8 milímetros de diámetro, y doblado en dos brazos paralelos. Del vértice de la curvatura parte un largo tubo capilar de cobre, que desemboca en el fondo de la caja metálica correspondiente, cuyo espesor se ha reducido todo lo posible para disminuir su capacidad interior.

„Todo ello está exactamente lleno de alcohol rectificado. Sobre la caja hay una pequeña cuchilla, y un alambre de acero encorvado por sus extremos enlaza esta cuchilla con una de las cuchillas de una cortacruz de balanza que lleva la aguja de aluminio encargada de inscribir las variaciones de la temperatura. La longitud del brazo de palanca correspondiente á la caja se puede arreglar con un tornillo de modo que dos milímetros recorridos por la punta de la aguja correspondan á un grado. Cuando la temperatura sube, el alcohol pasa á la caja y aumenta su espesor, sucediendo lo contrario

si aquélla baja. La capacidad de la caja es una mínima parte de la del tubo, á fin de evitar en lo posible la corrección que resultaría de una diferencia en las temperaturas de las dos partes del instrumento.

„Verdad es que esta diferencia está reducida á la menor cantidad, por hallarse situado el anotador en un pequeño pabellón de madera aislado en medio del parque, teniendo una de sus ventanas abierta. Esta clase de barómetros ofrece la ventaja de poder colocar el depósito bastante lejos de los edificios para que éstos no influyan en él. Requiere que el aparato esté exactamente lleno de alcohol sin que quede ninguna burbuja de gas; y necesita también una tabla de corrección, á causa de la desigual dilatabilidad del alcohol según las temperaturas.

El termómetro anotador Richard está basado en las variaciones de curvatura que produce en un tubo metálico muy delgado la dilatación del alcohol de que está lleno, cuando varía la temperatura del aire ambiente. Estas variaciones de curvatura motivan el movimiento de una aguja, por medio de una biela y un brazo de palanca metálico. La punta de la aguja traza en un cilindro curvas cuyas sinuosidades tienen amplitudes proporcionales á los grados de la escala termométrica.

En otro capítulo describiremos los principales termógrafos usados en los observatorios meteorológicos.

## II

### VARIACIONES DIURNAS DE LA TEMPERATURA DEL AIRE

Nadie ignora que el momento del día en que el calor es más fuerte no es precisamente el de la misma mitad de aquel, por más que al mediodía esté el Sol en el punto culminante de su carrera. Cuando hace más calor es por la tarde. Así también, tampoco está el aire más frío precisamente á media noche, y las personas madrugadoras saben que su enfriamiento es mayor un poco antes de la salida del Sol. Pero las impresiones personales no bastan para determinar los momentos precisos del máximo y del mínimo del calor del aire y la marcha de la temperatura entre estos puntos extremos, sino que se ha de consultar el termómetro, y esto á intervalos bastante cortos y durante un espacio de tiempo suficientemente largo para que resulten eliminadas las variaciones accidentales. Observar á cada hora es una tarea sumamente pesada y laboriosa, aun concretándose á las horas del día. Con respecto á esta clase de trabajos, cítase la serie horaria formada por Ciminello, meteorologista de Padua, el cual consultó el termómetro diez y seis meses consecutivos desde las 4 de la mañana hasta las 11 de la noche, y aun agregó á ella de vez en cuando otras observaciones nocturnas (1). Gatterer en Gotinga, los oficiales de artillería del fuerte de Leith cerca de Edimburgo, en 1824 y 1825, Neuberg en Apenrade, Kúpfer en San Petersburgo, Lamont en Munich, Kaentz en Halle, el capitán Ross en las regiones polares, etc., han contribuído con sus observaciones horarias á determinar la marcha de la temperatura diurna, que hoy se puede conocer de un modo tan completo y tan seguro á la vez, merced á los instrumentos anotadores.

(1) Cuando se interrumpe una serie de observaciones meteorológicas continua, se suelen llenar los vacíos con interpolaciones, es decir, intercalando números calculados según la hipótesis de la uniformidad de las variaciones del fenómeno ó de cualquier otra ley, según la probabilidad proporcionada por las observaciones efectivas, precediendo ó siguiendo á los dos instantes entre los cuales existe el vacío.

He aquí cuál es la ley de estas variaciones en lo que respecta á la zona templada: Cada día de veinticuatro horas comprende un máximo y un mínimo de temperatura. El máximo ocurre á eso de las 2 de la tarde y el mínimo cosa de media hora antes de la salida del Sol. Pero estos instantes varían durante el transcurso del año; en invierno, la hora del máximo está más cerca del mediodía, y por el contrario, más lejos en verano: así también la hora del mínimo está más próxima á la salida del Sol en verano que en invierno. Luego veremos cuáles son las razones de estas diferencias.

Representando por una curva las variaciones diurnas de la temperatura en las distintas horas del día y de la noche, veremos que esta curva cambia progresivamente de forma y de extensión según los meses y las estaciones, según los lugares, su posición geográfica ó física y la altitud del punto en que está instalado el termómetro. Y no tan

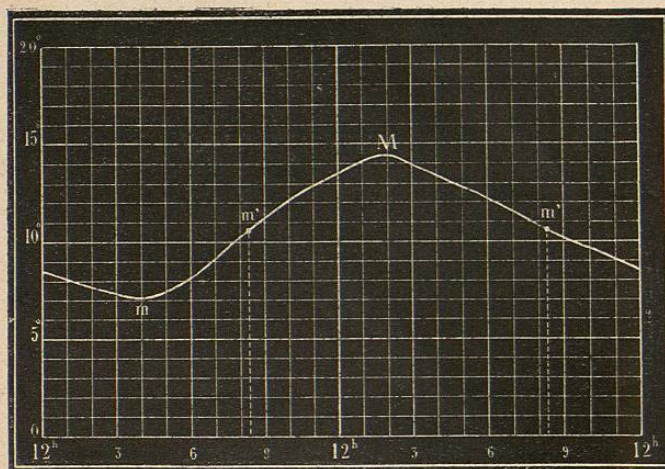


Fig. 64.—Variación media diurna de la temperatura en París

sólo cambian las horas del máximo y del mínimo con las circunstancias ó condiciones que acabamos de enumerar, sino también la amplitud de las oscilaciones ó la diferencia de los extremos diurnos de temperatura, de lo cual es fácil convencerse examinando las figuras 64, 65 y 66. La curva de la figura 64 ha sido trazada con arreglo á los datos reunidos en París por Bouvard durante los diez y seis años comprendidos entre 1816 y 1832. El mínimo de la mañana tiene lugar á las 4, el máximo á las 2 de la tarde, y á las 8<sup>h</sup> 20<sup>m</sup> de la mañana y de la noche se tiene la temperatura media que es de 10°,67. Conviene tener en cuenta que esta curva no representa la marcha seguida en París por la temperatura en un día determinado, sino, para cada hora del día y de la noche, el promedio de las temperaturas observadas á esta hora durante toda la serie de los diez y seis años de observación que han servido para el trazado de dicha curva. En realidad, las horas del máximo varían durante el año, sucediendo lo propio con aquellas en que se observa la temperatura media diurna; el promedio de la mañana, más retrasado en invierno, se observa á eso de las 10 en enero, y á las 7 en julio. Nótese las mismas variaciones con respecto á la hora en que se observa el promedio de la noche. La diferencia de temperatura que existe entre el mínimo de la mañana y el máximo de la tarde, llamada por otro nombre *amplitud* de la variación diurna, es de 7°,34, según el grabado; es la amplitud media del año. Se deducirían números muy distintos si, en vez de considerar la amplitud de la variación diurna para el año entero, se buscara su valor para un día ó un mes determinado: entonces se echaría de ver que también se hace sentir en él la influencia de las estaciones. Para advertir esta influencia, se determina por ejemplo la marcha diurna de la temperatura, tomando el promedio horario de todos los días de cada mes, y se forman cuadros de estos promedios ó más

representando por una curva las variaciones diurnas de la temperatura en las distintas horas del día y de la noche, veremos que esta curva cambia progresivamente de forma y de extensión según los meses y las estaciones, según los lugares, su posición geográfica ó física y la altitud del punto en que está instalado el termómetro. Y no tan sólo cambian las horas del máximo y del mínimo con las circunstancias ó condiciones que acabamos de enumerar, sino también la amplitud de las oscilaciones ó la diferencia de los extremos diurnos de temperatura, de lo cual es fácil convencerse examinando las figuras 64, 65 y 66.

La curva de la figura 64 ha sido trazada con arreglo á los datos reunidos en París por

bien se representa esta marcha por medio de curvas. Nosotros nos limitamos á dar en las figuras 65 y 66 las de las variaciones diurnas de los meses de enero y julio, es decir, del mes más frío y del más caluroso del año, relativamente á algunas estaciones de la zona templada boreal.

El estudio de estas curvas sugiere algunas advertencias. En primer lugar se echa de ver que el intervalo entre el mínimo y el máximo de temperatura es notablemente menor en invierno que en verano; siendo de 14 horas en Halle y de 12 en Cristiania en julio, no es más que de 5 y 6 horas en enero en cada una de estas estaciones. La diferencia menos notable se advierte en Gotinga (de 11 á 9 horas). La amplitud de la

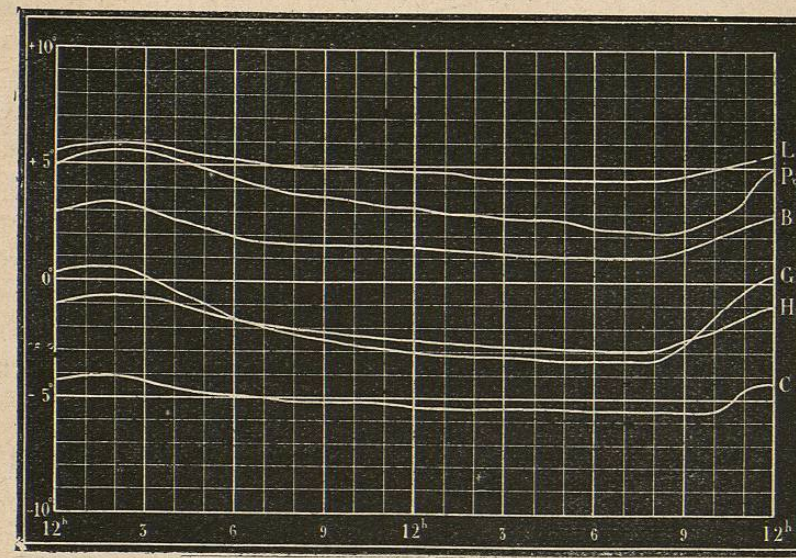


Fig. 65.—Variaciones medias de la temperatura en enero, en Leith, Padua, Bruselas, Gotinga, Halle y Cristiania

variación diurna es también mucho menor en invierno que en verano en todas partes. He aquí sus valores exactos:

Latitudes	Lugares	VALORES DE LA AMPLITUD		Diferencia
		En enero	En julio	
45° 24' N	Padua. . . . .	2°,45	9°,39	6°,94
59° 55' N	Cristiania. . . . .	1°,60	8°,10	6°,50
51° 31' N	Gotinga. . . . .	3°,98	10°,01	6°,03
50° 51' N	Bruselas. . . . .	2°,17	7°,52	5°,35
55° 57' N	Leith.. . . .	1°,48	5°,38	3°,90
51° 29' N	Halle.. . . .	5°,00	8°,23	3°,23

Cuando hayamos analizado las causas de la oscilación diurna de la temperatura, comentaremos algunas de estas cifras. Todo el mundo sabe que dichas causas son la mayor ó menor intensidad y duración de la acción calorífica del Sol. Entremos en algunos detalles acerca de este asunto.

Según las investigaciones actinométricas más recientes, las capas más elevadas de la atmósfera sólo absorben una mínima cantidad del calor solar; á la altitud del monte Blanco, la intensidad de la radiación tiene aún los  $\frac{16}{27}$  del valor que poseja á su entrada en la atmósfera; á la de 1,200 metros todavía no ha perdido más que  $\frac{1}{5}$ ; por último, en