

NOMBRE DE LOS LUGARES	LATITUDES BOREALES	EPOCAS Y VALORES				DIFERENCIAS	
		DEL MÁXIMUM		DEL MÍNIMUM			
			mm		mm		
ZONA TEMPLADA	San Petersburgo..	59°56'	Febrero..	763,10	Julio..	758,25	4,85
	Berlín.	52°30'	Enero..	761,91	Octubre..	758,05	5,05
	Halle..	51°29'	Enero..	754,64	Agosto..	759,02	2,89
	París.	48°50'	Febrero..	757,40	Abril..	757,82	4,09
	Estrasburgo..	48°34'	Enero..	753,09	Agosto..	752,18	2,46
ZONA TROPICAL	Calcuta.	22°33'	Enero..	764,57	Julio..	747,54	17,03
	Macao.	23° "	Diciembre..	768,65	Junio..	757,31	11,34
	La Habana.	23°9'	Enero..	765,24	Mayo..	758,19	7,05
	Benarés.	25°18'	Diciembre..	755,57	Agosto..	757,33	7,91
	El Cairo..	30°2'	Enero..	762,40	Julio..	740,65	14,92
					Noviembre..	749,50	4,40

En la Habana, así como en las estaciones de la zona templada, se observa un doble período, probablemente originado por perturbaciones locales. En Berlín, Halle, París y Estrasburgo, es probable que el segundo mínimo que se observa en marzo ó abril proceda de la influencia de los temporales tan frecuentes en aquellas regiones y en dichos dos meses.

Las investigaciones de A. Poey, basadas en numerosas observaciones horarias hechas día y noche en la Habana, en largas series intertropicales y en las observaciones barométricas de varias regiones del globo, confirman la ley anterior relativamente á los dos hemisferios.

“Las presiones bajas, dice, siguen exactamente la marcha del Sol, mientras que las altas siguen una marcha opuesta á la de dicho astro. Pero es preciso eliminar las influencias orográficas é higrométricas y la acción de los vientos y de las perturbaciones locales. En el hemisferio boreal el máximo de presión coincide en el mes de enero con la mayor declinación austral del Sol en el solsticio de invierno, cuando este astro está en el trópico de Capricornio. Por el contrario, el mínimo de presión coincide en el mes de junio con la mayor declinación boreal en el solsticio de verano, cuando el Sol está en el trópico de Cáncer. En el hemisferio austral sucede exactamente lo contrario: el máximo de presión cae en junio y el mínimo en enero., En el ecuador ocurre el mínimo en los equinoccios, y entonces la presión atmosférica está repartida con más uniformidad en la superficie de la Tierra.

M. Quetelet ha hecho patente de otro modo la relación que existe entre las presiones medias mensuales y la declinación del Sol. Ha estudiado las variaciones barométricas en sus relaciones con los extremos de temperatura y reconocido que la presión máxima coincide generalmente cada mes con la temperatura más baja, y la presión mínima con la más alta.

Las observaciones hechas en Bruselas por espacio de quince años, de 1833 á 1847, le dieron 753^{mm},11 como altura media del barómetro durante las máxima de temperatura y 759^{mm},54 durante las mínimas. De suerte, dice, que “en igualdad de circunstancias, el mercurio queda de 5 á 6 milímetros más bajo en tiempo caluroso que en tiempo frío.,

CAPITULO III

LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

I

OSCILACIONES ACCIDENTALES É IRREGULARES DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Acabamos de ver lo que son las variaciones periódicas ó regulares de la presión barométrica; una, la oscilación diurna, tiene por período el día y depende al parecer de la acción de los rayos solares; la otra, que deberíamos llamar oscilación anua, por cuanto tiene el año por período, parece enlazada con la declinación del Sol, ó si se quiere, depende de las estaciones. En ambas, las épocas de las máxima y de las mínima, lo mismo que la amplitud de las diferencias extremas de la columna barométrica, cambian con arreglo á la posición geográfica de los lugares, ya en latitud ó bien en longitud. Para reconocer la ley de estas variaciones en el tiempo y en el espacio, así como para averiguar lo que pueda haber de permanente en la presión barométrica en un lugar determinado del globo, los meteorologistas han tenido que acumular, respecto á este lugar, las mayores series posibles de observaciones barométricas efectuadas con todas las precauciones que permiten contar con una gran exactitud relativa. Únicamente por este medio se han podido eliminar todas las perturbaciones accidentales ó locales que hubieran impedido dar con la ley.

Pero estas perturbaciones, estas variaciones irregulares ó accidentales del barómetro no son menos interesantes que las variaciones periódicas: las más de las veces coinciden con cambios más ó menos bruscos del tiempo, ó bien los preceden y los anuncian; los vendavales, las lluvias, las tormentas y temporales no ocurren sin que antes se note un movimiento bastante marcado en la columna de mercurio del barómetro. Por este concepto, las oscilaciones accidentales llaman más que las otras la atención del público, y reclaman toda la de los hombres de ciencia, por ser el elemento fundamental del estudio de los grandes movimientos de la atmósfera.

Se ha debido averiguar si están sujetas á ciertas leyes, por ejemplo si la amplitud de las variaciones extremas depende ó no de la latitud. Para esto se ha empezado por anotar el máximo y el mínimo observados durante una serie más ó menos larga de años, y luego las máxima y las mínima mensuales, deducidas por el método de los promedios de la observación del máximo y del mínimo de cada mes durante un espacio de tiempo más ó menos considerable. Kaemtz hacía notar que este método está sujeto á inconvenientes bastante graves, porque supone que se observan los extremos reales, lo cual debía ocurrir rara vez si sólo se podía efectuar un corto número de lecturas cotidianas del barómetro, y sobre todo si éstas se hacían de día más bien que de noche. De este modo resultaban mínima demasiado altas y máxima muy bajas, y sus diferencias eran menores que las oscilaciones verdaderas; por consiguiente, el valor de la amplitud calculada con arreglo á este método era generalmente sobrado reducido. Hoy se obvia este inconveniente con los barómetros registradores ó anotadores, y

los observatorios provistos de estos aparatos pueden estudiar, semana por semana, en la curva continua que trazan, todas las fluctuaciones grandes ó pequeñas de la columna de mercurio del barómetro.

He aquí, según Kaentz, el extracto de un cuadro que da la amplitud de la oscilación mensual media, en vista de las máxima y mínima absolutas de cada mes, y la misma amplitud durante las estaciones de verano y de invierno, en varios puntos de ambos hemisferios.

ESTACIONES	LATITUDES	LONGITUDES	OSCILACIÓN MEDIA		
			AÑO	INVIERNO	VERANO
Paramatta (Nueva Gales del Sur)	33°49' S.	148°41' E.	16,92	17,37	15,72
Cabo de Buena Esperanza	33°56' S.	16° 9' E.	12,45	15,07	9,79
Isla de Francia	20°10' S.	55°12' E.	8,62	6,99	7,90
Batavia	6° 7' S.	104°28' E.	2,98	2,80	2,71
La Habana	23° 9' N.	84,43' O.	6,38	9,67	3,84
El Cairo	30° 2' N.	28,55' E.	9,25	12,93	4,74
Pekin	39°54' N.	114, 9' E.	16,65	16,92	11,57
Roma	41°54' N.	10 7' E.	17,15	22,92	9,93
Marsella	43°18' N.	3° 3' E.	17,69	23,08	17,44
Viena	48°12' N.	14° 2' E.	20,53	26,78	13,02
Estrasburgo	48°34' N.	5°25' E.	21,93	28,36	14,48
París	48°50' N.	0° 0'	23,66	30,45	17,17
Moscou	55°45' N.	35°14' E.	24,05	31,31	15,59
Berlin	52°30' N.	11° 3' E.	25,24	33,07	17,33
Bruselas	50°51' N.	2° 2' E.	25,65	32,64	18,90
Copenhague	55°40' N.	10°14' E.	27,77	34,49	20,03
San Petersburgo	59°56' N.	27°58' E.	29,24	36,93	19,97
Estocolmo	59°20' N.	15°44' E.	29,87	37,97	22,11
Bergen	60°24' N.	3° 1' E.	31,27	37,13	22,74
Christiania	59°55' N.	8°23' E.	33,05	41,87	22,06

Las cifras que preceden bastan para demostrar claramente que las amplitudes de las variaciones comprendidas entre las máxima y mínima mensuales van creciendo de un modo casi continuo á medida que es mayor la distancia al ecuador. Esta ley es igualmente aplicable á los meses de verano y á los de invierno, lo mismo en el hemisferio austral que en el boreal. En todas partes es también mayor la amplitud media en verano que en invierno. El cuadro más extenso formado por Kaentz permite hacer deducciones sobre la influencia de la posición geográfica de las estaciones.

“Aunque la India, dice, esté situada bajo el mismo paralelo que las Antillas, las oscilaciones son allí mayores. En latitudes más elevadas se notan otras relaciones. Las variaciones accidentales son mucho más extensas en la costa oriental de América que en la occidental de Europa: el máximo de la diferencia se observa en el punto en que el Gulf-Stream tuerce al Este, y en el que las líneas isotérmicas se hallan más próximas entre sí. Así es que en el Estado de Massachussets las oscilaciones tienen la misma amplitud que 10 grados más al Norte en la Europa occidental: mas, penetrando en el interior del continente antiguo, van disminuyendo y parecen crecer de nuevo en la costa oriental de Asia. Su amplitud es igual en Goetinga, en Tomsk y en Yakutsk (latitudes 51°32', 56°29' y 62°2').

„En la costa occidental de América la oscilación es, á latitud igual, la misma que la de la costa correspondiente de Europa, como lo prueban las observaciones hechas en Sitcha y en Iluluk. En el interior de Africa es menor que en las costas.,,

El sabio meteorologista de Halle ideó las líneas llamadas por él *isobarométricas* con objeto de que á la simple vista se comprendiera este asunto, mejor de lo que pueden hacerlo comprender los cuadros de cifras. “Entiendo por *línea isobarométrica* de 4^{mm},51 la curva que pasa por todos los puntos en los cuales la diferencia media entre los extremos medios mensuales es de 4^{mm},51 (1)., Al trazar estas líneas en un mapa-mundi, Kaentz vió que vuelven sobre sí mismas como las isotérmicas y que forman dos sistemas distintos. “Los centros de estos dos sistemas ó los *polos* de las oscilaciones irregulares del barómetro, dice, no se hallan como los polos del frío en ambos continentes, sino situados en los mares que los separan. En el Sur de Africa y de la Nueva Holanda, la magnitud de las oscilaciones es la misma que en la Europa occidental; pero en su trayecto desde el Cabo de Buena Esperanza hasta la Nueva Holanda, estas líneas parecen acercarse al Ecuador: es consecuencia de la agitación de la atmósfera en el mar de las Indias.,,

En una nota *Sobre las mayores diferencias del barómetro en París*, Arago deduce de catorce años de observaciones, ó sea de 1817 á 1830, una diferencia media anual de unos 44^{mm},5, siendo el promedio de las máxima 773^{mm},43 y el de las mínima 728^{mm},90. Pero la diferencia mayor en el mismo período es el del año 1821: el 6 de febrero á las 9 de la mañana, el barómetro subió hasta 780^{mm},82, y durante la noche del 24 de diciembre bajó á 713^{mm},12; diferencia, 67^{mm},70. Si en lugar de considerar las diferencias extremas, se considera únicamente las máxima ó mínima mensuales, se ve que durante un período de 37 años, ó sea de 1816 á 1852, la más pequeña diferencia media se ha presentado en el mes de agosto y la mayor en diciembre.

Generalizando el asunto, diremos que la diferencia es menor en los meses de verano y mayor por consiguiente en los de invierno. Esta ley es la que ya hemos enunciado anteriormente, con la diferencia de que en el cuadro de Kaentz se trataba del promedio general de las máxima y mínima mensuales, al paso que Arago ha tomado el promedio mensual más bajo y el más alto, calculados separadamente para cada año del período de 1816 á 1852.

Quetelet ha averiguado, después de seis años de observaciones hechas en Bruselas, de 1812 á 1817, que de 72 máxima mensuales, 41 se han observado de 8 á 10 de la mañana y 22 de 9 á 12 de la noche, es decir, casi á las mismas horas en que la oscilación diurna llega á sus dos máxima de la mañana y de la noche. Del propio modo ha observado las más de las veces las máxima mensuales absolutas á eso de las 4 de la mañana ó de la tarde. Hubiera sido interesante saber si estos resultados son aplicables á un período más extenso y á las diferencias mensuales del barómetro en otros climas.

II

OSCILACIONES IRREGULARES DEL BARÓMETRO. — ROSA BAROMÉTRICA DE VIENTOS. — LAS LLUVIAS, LAS TEMPESTADES

La presión atmosférica es por lo general más alta cuando soplan vientos fríos que cuando son cálidos, y sube ó baja según la dirección de los vientos reinantes.

En la Europa occidental el barómetro sube cuando el viento sopla de entre Norte

(1) Vese por esta definición que no debe confundirse las líneas *isobarométricas* de Kaentz con las *isobaras* ó curvas de presión igual, que se usan con frecuencia en la meteorología contemporánea, y de las cuales hemos de tener ocasión de hablar más de una vez.

y Este, y por el contrario baja cuando procede de un punto del horizonte comprendido entre el Oeste y el Sur. Sin embargo, veremos que la ley de este modo formulada presenta anomalías ó excepciones que todavía no han tenido explicación satisfactoria.

Ha mucho tiempo que se conoce esta relación entre el viento y el barómetro, pero hasta los primeros años del presente siglo no la hicieron patente Burckhardt y Bouvard en París, Ramond en Clermont-Ferrand y de Buch en Berlín, después de numerosas observaciones barométricas. Más de doce mil observaciones hechas en París por Bou-

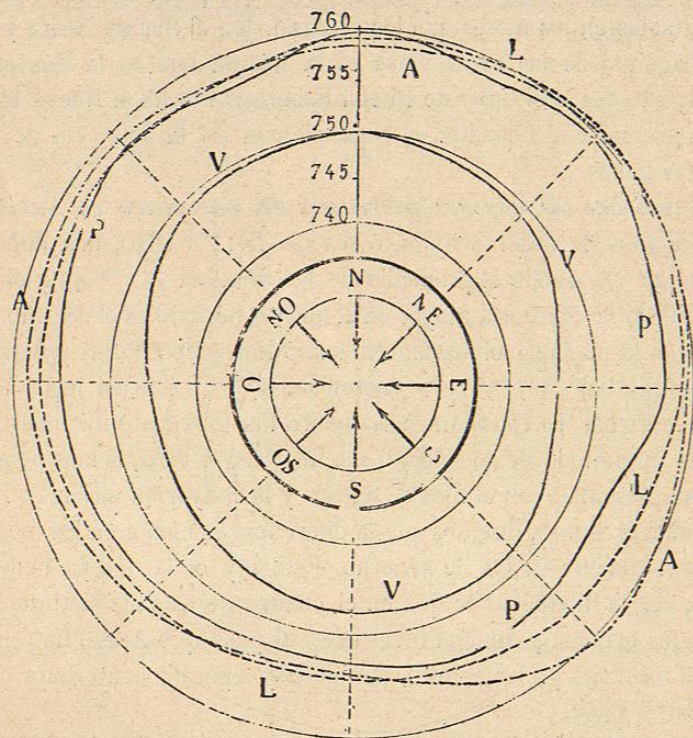


Fig. 46.—Rosa barométrica de vientos en las latitudes medias del continente europeo. Las cuatro curvas de esta figura son: A, Apenrade; V, Viena; L, Londres; P, París

vard, durante los años comprendidos entre 1816 y 1826, dieron las cifras siguientes para la altura media del barómetro referida á los principales rumbos de viento:

Dirección de los vientos	Altura barométrica	Número de observaciones
	mm.	
Vientos cálidos. . .	Sudeste, SE.	754.30 658
	Sur, S.	752.76 2029
	Sudoeste, SO.	753.23 2125
	Oeste, O.	755.95 2606
Vientos fríos.	Noroeste, NO.	758.41 1056
	Norte, N.	759.78 1470
	Nordeste, NE.	759.67 1240
	Este, E.	757.22 958

En París, los vientos de entre Sur y Oeste son los más cálidos y los más húmedos, y los de entre Este y Norte los más secos y fríos, coincidiendo con estos las presiones barométricas más altas y presentándose el máximo con el viento Norte. Las menores

presiones coinciden con los vientos de los cuatro primeros rumbos, y el mínimo ocurre con el viento del Sudsudeste (752,49).

Posteriormente, los trabajos de Dove, Kúppfer, Schouw, Kaemtz, etc., han hecho extensiva á toda Europa la relación entre la presión y la dirección del viento, que en un principio se estudió tan sólo en algunos puntos. Pero las máxima y las mínima de la presión se refieren á tal ó cual dirección de las corrientes atmosféricas, según la posición geográfica, según la proximidad ó la mayor distancia de las costas marítimas, y en una palabra, según los caracteres que presentan los vientos en cada región que se considera. Así es que en los Estados Unidos el barómetro sube con los vientos del

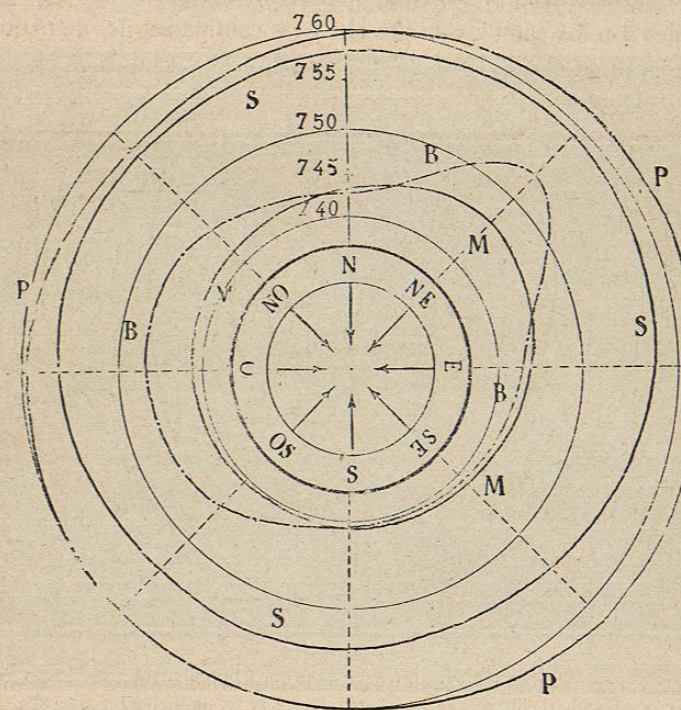


Fig. 47.—Rosa barométrica de los vientos para las altas latitudes del continente europeo. Las cuatro curvas de esta figura son: M, Moscú; P, Petersburgo; S, Stockolmo; B, Bossekop

Nordeste y baja con los del Sudeste, porque los primeros adquieren gran sequedad al atravesar el continente, al paso que los segundos proceden del Océano.

Se podría dar á la ley un enunciado casi general diciendo con Kaemtz: la presión barométrica llega á su máximo con los vientos de la región Norte que soplan del interior de las tierras, y á su mínimo con los de la región Sur cuando proceden del mar. Habría que modificar este enunciado para el hemisferio austral en lo que respecta á la dirección del viento, de suerte que sería preferible distinguir entre las corrientes polares ó frías y las ecuatoriales ó calientes (1).

Se figura por lo común la relación que existe entre la presión y la dirección del

(1) Mohn establece en su *Meteorología* una distinción entre el invierno y el verano para la coincidencia de las máxima y las mínima barométricas. Después de consignar que en las costas occidentales del continente comprendidas en la zona boreal son los vientos del Este al Nordeste los que dan el máximo, los del Sudoeste el mínimo, y que, por el contrario, en la parte oriental de la tierra firme los vientos del Norte al Noroeste dan la presión máxima, el sabio noruego añade: "En las costas occidentales, los vientos de alta pre-

viento para una región ó estación dada, construyendo una curva á la que se ha dado el nombre de *rosa de vientos barométrica*. Según la dirección de cada viento, se traza una longitud que representa la presión correspondiente ó el exceso de esta presión sobre una altura inferior á la más baja, y se reúnen con un trazo continuo los extremos de estas líneas divergentes. Así lo hemos hecho en las figuras 46 y 47 con respecto á diferentes líneas del continente europeo. La primera representa las rosas barométricas de las cuatro estaciones de Viena, París, Londres y Apenrade; la segunda, las de otros cuatro puntos situados á latitudes más elevadas, Moscou, Estocolmo, San Petersburgo y Bossekop.

Si en vez de considerar la presión barométrica media para cada rumbo de viento, se averigua cuáles son los cambios de presión y las cantidades de aumento ó disminución que se observan en el momento en que esta dirección cambia en un sentido deter-

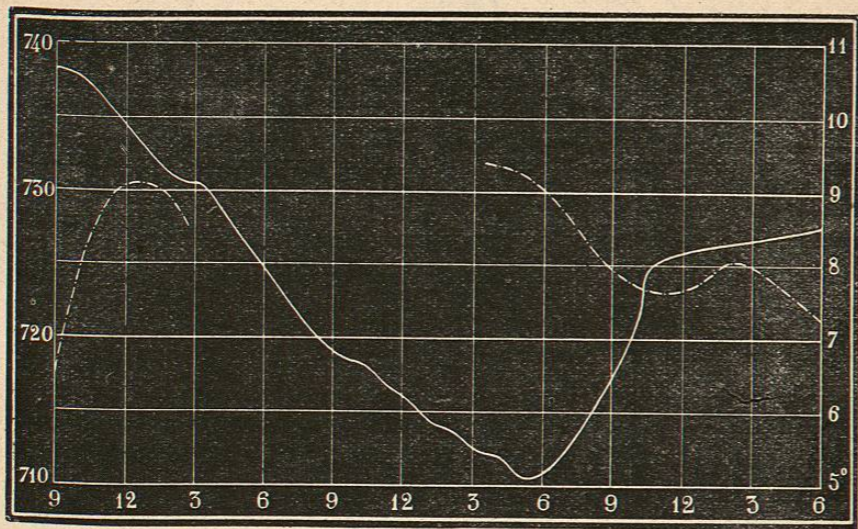


Fig. 48.—Marchas comparadas de la temperatura y de la presión barométrica observadas en Boulogne sur mer por Gambart, durante la tempestad del 24 al 25 de diciembre de 1821

minado, se advierte que la mayor elevación del barómetro ocurre con los vientos de la región de Norte á Oeste, y los mayores descensos con los de Sur á Este. Aquí nos referimos á la zona templada meridional. "En Europa, dice Mohn, los vientos con los cuales disminuye más rápidamente son los que soplan más directamente del Sur, y en las costas orientales de Asia y América son los procedentes del Sudeste."

Al acercarse alguna lluvia, el barómetro suele bajar; también baja rápida y marcadamente un poco antes de sobrevenir alguna tormenta, y si sus oscilaciones son prolongadas, si la depresión del mercurio se acentúa, es indicio precursor de una tempestad violenta. En nuestros climas, traen por lo general la lluvia los vientos de entre Sur y Oeste, llegándonos también las más de las veces de esta región las grandes perturbaciones atmosféricas. Pero acabamos de ver que las grandes presiones coinciden con las

sión giran un poco más al Norte y al Oeste en verano que en invierno y parecen dirigirse en sentido contrario al del Sol. La dirección de los vientos correspondiente á las presiones bajas presenta una desviación análoga, pues estos vientos vuelven algo más al Sur y al Sudeste en verano que en invierno. En la parte oriental del continente sucede lo contrario, pues los vientos rolan ó giran con el Sol, tanto con una presión alta cuanto con una baja.

corrientes cálidas y húmedas, por lo cual se comprenderá la conexión que existe entre la marcha del barómetro y la del termómetro, los cambios de dirección del viento, la lluvia y las tempestades. Sin embargo, en lo que á la lluvia respecta, es preciso distinguir entre los chubascos cortos y aislados, en que el barómetro empieza á subir para bajar en seguida, y las lluvias persistentes, caracterizadas por la baja constante de la columna barométrica. En este último caso, el mercurio desciende por lo común 5 ó 6 milímetros, bajo la presión media. Más adelante volveremos á ocuparnos con detalles más circunstanciados de la relación que existe entre el fenómeno de la lluvia y la presión de la atmósfera.

Por lo que hace á las tempestades, nos limitaremos á presentar uno ó dos ejemplos

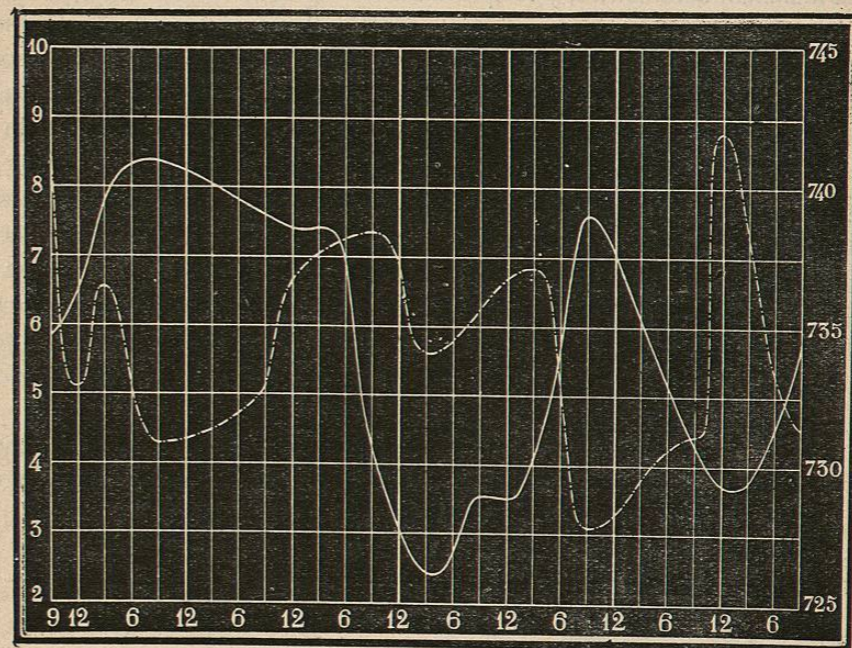


Fig. 49.—Marchas simultáneas del barómetro y del termómetro en París durante los huracanes de enero de 1843

de la rapidez de los cambios que afectan al nivel barométrico, y de la amplitud de sus oscilaciones mientras dura el paso del meteoro sobre el lugar de la observación. Al propio tiempo veremos el contraste que se nota entonces entre la marcha de la temperatura y la de la presión.

Examinemos las curvas trazadas en las figuras 48 y 49. Estas líneas son dos en cada figura: la llena indica las diferentes alturas del barómetro durante la tempestad, ó las horas sucesivas en que se la observó; la puntuada marca los grados centígrados de la temperatura. La figura 48 se refiere á la violenta tempestad que estalló en la noche del 24 al 25 de diciembre de 1821, llegando al continente europeo por las costas del Atlántico y del canal de la Mancha. La columna mercurial bajó en París á las once y cuarto de la noche del día 25 á $713^{\text{mm}},11$, y en Boulogne había bajado, á las cinco de la mañana del mismo día, á $710^{\text{mm}},47$, como se ve en el grabado. El día anterior, á las nueve de la mañana, marcaba el barómetro en Boulogne $738^{\text{mm}},37$, y subió hasta $727^{\text{mm}},40$ á las cinco y media de la tarde, al concluir el huracán. En cambio la temperatura, si bien incompletamente observada, subió muchos grados, mientras que