

haber comparado cuidadosamente sus respectivos instrumentos. La misma comparación se hace después de terminada la serie de observaciones, con el objeto de tomar en cuenta la pequeña diferencia que pudieran tener.

También es necesario cerciorarse de que los barómetros no contienen aire en la parte superior de la columna, para lo cual se inclina con precaución el tubo hasta que el mercurio llegue á la extremidad cerrada. Si al chocar con el vidrio, produce un sonido metálico y seco, puede tenerse por seguro que está privado de aire; pues cuando este existe, amortigua tanto el choque como el sonido. Respecto de los termómetros, se conoce que no tienen aire en que, al invertirlos, llega la columna mercurial sin interrupción hasta el extremo del tubo. En estos instrumentos hay otra causa de error originada por la variación que suele sufrir con el tiempo el *cero* de su escala, ó más propiamente la altura del mercurio cuando la temperatura es de 0°. Este fenómeno no se ha explicado todavía satisfactoriamente, y se cree que después de tres ó cuatro años de construído un termómetro, permanece ya fijo su *cero*; pero de una ú otra manera conviene cerciorarse de su colocación de tiempo en tiempo, para lo cual basta sumergir el receptáculo del termómetro en un vaso que contenga trozos de hielo, y que esté provisto de una abertura que permita la salida del agua que proviene de la fusión; porque mientras esta dura, permanece estacionaria la columna termométrica en el punto en que debe estar el *cero* de la escala. De no ser así, se apunta la lectura, que es la corrección constante que deberá restarse con su signo á todas las indicaciones del instrumento.

En las fórmulas barométricas influye de una manera muy notable el factor que depende de las temperaturas del aire, y por eso conviene tener mucho cuidado en la elección del lugar en que se coloca el termómetro libre. Además de la precaución de establecerlo á la sombra y en un lugar descubierto, es preciso que no quede expuesto á corrientes de aire que podrían alterar sus indicaciones, las cuales no serían en tal caso las correspondientes á las verdaderas temperaturas de la atmósfera. Observando todas estas precauciones, es probable que el método barométrico no produzca un error superior á 1<sup>m</sup> ó

2<sup>m</sup> en la determinación de una altura absoluta, sobre todo si no es muy considerable la distancia horizontal de las dos estaciones. Esta última circunstancia me parece bastante esencial para tener alguna seguridad de que las variaciones de temperatura y de presión de las capas atmosféricas sean las mismas que se han supuesto al establecer la fórmula; y por la misma razón conviene abstenerse de aplicar el método barométrico de nivelación en tiempo tempestuoso y cuando soplan fuertes vientos. En general, las mejores condiciones para su aplicación se reúnen en los días serenos y en las horas del medio día.

284. Por lo regular, es difícil procurarse el concurso de otra persona para hacer observaciones exactamente simultáneas; pero en mi opinión, es posible alcanzar el mismo grado de precisión por medio de observaciones correspondientes, aun cuando no se practiquen precisamente en los mismos instantes. En varias ciudades se observa con regularidad el barómetro y el termómetro, y como dije al principio que en nuestras latitudes son casi constantes en magnitud y en periodicidad las oscilaciones del primero, creo que es fácil y bastante exacta la reducción á un solo instante, de las observaciones ejecutadas el mismo día á diversas horas en distintas estaciones. Todo consiste en estudiar con cuidado por algún tiempo la marcha de los instrumentos meteorológicos, y en fijarse en la manera de entender lo que comunmente se llama sus *indicaciones medias*.

Si se observa el barómetro de hora en hora durante las 24 horas del día, y se divide la suma de todos los resultados por su número, se obtendrá la altura barométrica media del día de la observación. La misma operación, repetida todos los días del mes, dará un promedio que representa la indicación media del mes; y finalmente el término medio de los doce resultados mensuales suministrará la indicación media anual. Otro tanto puede decirse respecto de las temperaturas. Esta serie de observaciones haría conocer perfectamente la marcha de los instrumentos meteorológicos, y en consecuencia permitiría estudiar las leyes á que están sujetas las variaciones atmosféricas en cada localidad; pero se comprende fácilmente que un trabajo de esta naturaleza sólo podría llevarse á cabo en un largo período, por medio

del concurso de muchos observadores. Por fortuna la utilidad práctica de las observaciones meteorológicas no demanda una dedicación tan asidua, pues basta la observación horaria de algunos días para venir en conocimiento de las oscilaciones periódicas de los instrumentos, lo cual á su vez permite reducir á un corto número las observaciones diarias, que proporcionan sensiblemente el mismo resultado que las ejecutadas de hora en hora. No sólo se hace esto para evitar mucho trabajo innecesario, sino que en la mayor parte de los observatorios meteorológicos se omiten completamente las observaciones de las altas horas de la noche, y únicamente se ejecutan algunas durante el día, á intervalos escogidos de tal manera, que los promedios de los resultados coincidan sensiblemente con las indicaciones medias que se obtendrían en el mismo período por las observaciones horarias.

Si este método de observación es suficiente para las necesidades de la meteorología, con mucha más razón debe serlo para la aplicación de los instrumentos meteorológicos á la determinación de las diferencias de nivel, puesto que casi nunca se hacen observaciones nocturnas con este objeto. Ahora bien, si convenimos en tomar por *indicación media diurna* el promedio de todos los resultados horarios con exclusión de los correspondientes á las altas horas de la noche, será comparativamente más fácil determinar las oscilaciones periódicas de las lecturas instrumentales, cuyo conocimiento puede ser de tanta importancia práctica. De esta manera cada lectura del barómetro y del termómetro, hecha á cualquiera hora del día, podrá reducirse á lo que sería en otro instante determinado, pudiéndose también designar el momento en que las indicaciones de aquellos instrumentos son iguales á las medias diurnas, lo cual reduce á una sola observación todo el trabajo necesario para obtenerlas.

Con el fin antes indicado, he observado el barómetro y el termómetro de hora en hora durante varios días en los cuatro últimos meses de 1862, ejecutando 15 lecturas diarias desde las 7<sup>h</sup> de la mañana hasta las 9<sup>h</sup> de la noche. Algunos días hice las observaciones en México y otros en Chapultepec. Después de reducir á 0° las alturas barométricas, puede construirse de la manera siguiente la curva que

representa sus variaciones. Sobre una recta se toman 14 espacios iguales, que pueden ser de 0<sup>m</sup>.01 cada uno. Los puntos de división representan las horas, consideradas como abscisas; y por cada uno de ellos se eleva una perpendicular de una longitud proporcional á la altura barométrica correspondiente. Uniendo en seguida los extremos de estas ordenadas, se obtiene la curva de la oscilación barométrica.

No es indispensable que las ordenadas sean proporcionales á toda la altura de la columna, sino simplemente á sus variaciones; de modo que se hace con más comodidad la construcción restando de cada altura una misma cantidad, y aun se obtiene así mayor exactitud, porque siendo pequeñas las perpendiculares, pueden exagerarse sus dimensiones, adoptando por ejemplo una escala 10 veces mayor que la natural para trazarlas. De esa manera cada milímetro de la columna queda representado por 0<sup>m</sup>.01, y como sus variaciones no exceden generalmente de tres milímetros, resulta que en 0<sup>m</sup>.03 ó 0<sup>m</sup>.04 de altura queda contenida toda la construcción, si se resta de todas las indicaciones barométricas la menor de ellas, para adoptar los excesos por ordenadas.

Después de construída la curva, se traza una paralela á la línea de las abscisas á una distancia proporcional á la altura barométrica media de las 15 observaciones, después de restarle también la cantidad común que se haya restado de las otras. Es claro que las abscisas de los puntos en que esta recta corte á la curva, suministran las horas del día en que la indicación barométrica es igual á la media diurna.

Para ejercicio de los lectores que deseen efectuar la construcción pongo en seguida los resultados de los cinco últimos días que hice observaciones horarias del barómetro y del termómetro en Chapultepec, y que corresponden al 12 y al 19 de Octubre, y al 1°, 19 y 23 de Noviembre de 1862. Las alturas barométricas están ya reducidas á 0°, y de las medias diurnas, la primera se refiere á todas las observaciones de cada día, y la segunda á las 12 observaciones ejecutadas desde las 7<sup>h</sup> de la mañana hasta las 6<sup>h</sup> de la tarde.

Observaciones horarias del barómetro y del termómetro.  
Chapultepec, 1862.

Horas.	Barómetro.	Termómetro.								
7 <sup>h</sup>	0 <sup>m</sup> 8565	12° 9	0 <sup>m</sup> 5904	7° 5	0 <sup>m</sup> 5876	5° 4	0 <sup>m</sup> 5890	7° 5	0 <sup>m</sup> 5910	1° 2
8	67	13.4	08	9.9	81	7.6	93	9.7	11	3.8
9	66	14.9	10	11.5	82	11.1	95	11.7	11	6.7
10	62	17.0	10	13.0	77	13.4	88	13.9	09	9.6
11	62	17.5	09	14.2	76	14.5	85	15.5	03	12.2
12	56	18.0	02	14.6	72	15.5	82	16.0	5896	13.5
1	49	18.5	5894	15.9	59	17.3	73	16.6	88	14.0
2	43	18.8	82	17.5	58	17.7	67	17.3	82	14.5
3	42	17.6	78	17.4	51	17.5	61	16.6	78	15.0
4	43	17.0	78	16.6	56	17.4	58	17.3	75	15.3
5	51	15.0	80	15.6	52	16.7	59	16.8	76	14.6
6	53	14.5	87	14.5	59	14.9	62	15.8	79	12.0
7	62	14.4	91	13.4	60	13.6	67	13.4	83	9.5
8	68	14.4	95	12.3	71	10.5	74	12.1	86	9.0
9	0.5869	14.1	0.5901	11.6	0.5875	10.6	0.5880	10.4	5889	7.3
1 <sup>er</sup> . M <sup>o</sup>	0.5857	15° 9	0 <sup>m</sup> 5895	13° 7	0 <sup>m</sup> 5867	13° 6	0 <sup>m</sup> 5875	14° 1	0 <sup>m</sup> 5892	10° 5
2 <sup>o</sup> „	0.5853	16.4	0.5895	14.0	0.5867	14.0	0.5876	14.5	0.5893	10.9

Por estas y todas las demás observaciones del mismo género, he llegado á las consecuencias siguientes respecto del barómetro. 1<sup>a</sup> La indicación barométrica á las doce y media de la mañana es igual á la media del día. 2<sup>a</sup> Las quince observaciones horarias, desde las 7<sup>h</sup> de la mañana hasta las 9<sup>h</sup> de la noche, dan sensiblemente el mismo promedio que las doce observaciones ejecutadas desde las 7<sup>h</sup> de la mañana hasta las 6<sup>h</sup> de la tarde, período que comprendiendo todo el tiempo útil para hacer cómodamente las observaciones barométricas, podría adoptarse para representar el intervalo al cual deba referirse lo que he llamado indicación media diurna. 3<sup>a</sup> La presión atmosférica máxima tiene lugar á las 9<sup>h</sup> de la mañana, y la mínima á las 4<sup>h</sup> de la tarde, siendo de 0<sup>m</sup>.003 en término medio la amplitud total de la oscilación.

Las curvas termométricas, que pueden construirse con las horas por abscisas y los grados de temperatura por ordenadas, están lejos

de ofrecer la misma regularidad que las curvas barométricas; pero, sin embargo, parece que hacia las 10<sup>h</sup> de la mañana se tiene una temperatura igual á la media del día. Este resultado no es útil para la aplicación del barómetro á la media de las diferencias de nivel, porque lo que se necesita es la temperatura del aire en el instante en que el barómetro indica la presión media, y no su temperatura media durante el día. Comparando las indicaciones del barómetro y del termómetro con las que tienen lugar á las doce y media, he formado la siguiente tabla, que contiene los promedios de las correcciones que deben hacerse á las lecturas, hechas á una hora cualquiera, para reducirlas á lo que serían á las doce y media de la mañana:

Horas.	Corrección del barómetro.	Corrección del termómetro.
7 <sup>h</sup>	- 0.0010	+ 8° .2
8	- . 13	+ 6 .8
9	- . 14	+ 4 .8
10	- . 12	+ 2 .8
11	- . 10	+ 1 .7
12	- . 4	+ 0 .2
1	+ . 4	- 0 .3
2	+ . 10	- 1 .0
3	+ . 15	- 0 .7
4	+ . 16	- 0 .6
5	+ . 13	+ 1 .0
6	+ . 9	+ 2 .2
7	+ . 3	+ 3 .6
8	- . 3	+ 4 .7
9	- 0.0005	+ 5 .2

Las consecuencias anteriores no deben tenerse por generales para cualquiera localidad, y aun puede ser que en el mismo lugar varíen los valores numéricos de las correcciones de una estación á otra, pues todas las que preceden se han deducido de observaciones hechas solamente en los meses del otoño; pero mi objeto ha sido el de trazar

la marcha que debe seguirse para determinar experimentalmente la ley y magnitud de las oscilaciones barométricas y termométricas. Sería muy conveniente que las personas que se ocupan en observaciones meteorológicas, las hiciesen horarias dos ó tres veces cada mes, con el fin de llegar á consecuencias más concluyentes en cada localidad. Señalando este punto, como objeto de nuevas y más numerosas investigaciones, me limito á indicar la utilidad práctica de que son susceptibles, para lo cual adoptaré por ahora los guarismos precedentes á falta de mejores datos.

285. En los cuatro últimos meses de 1865 observé el barómetro y el termómetro en San Luis Potosí á las doce y media de la mañana durante 107 días, con la esperanza de conseguir en México observaciones correspondientes que me permitiesen determinar la altura de esta ciudad respecto de aquella. Las conseguí, en efecto, por la bondad de D. Ignacio Cornejo, encargado en aquella época del observatorio meteorológico de la Escuela de Ingenieros. El Sr. Cornejo observaba á las 9<sup>h</sup> de la mañana, á las 2<sup>h</sup> y á las 6<sup>h</sup> de la tarde; por consiguiente es preciso comenzar por hacer simultáneas sus observaciones con las mías, añadiéndoles el promedio de las reducciones que para esas horas constan en la tabla anterior, á saber:

	Corrección barométrica.	Corrección termométrica.
A las 9 <sup>h</sup> .....	- 0 <sup>m</sup> .0014	+ 4° 0
" " 2 .....	+ 0 .0010	- 1 .0
" " 6 .....	+ 0 .0009	+ 2 .2
Promedios... ..	+ 0 .00017	+ 2° 0

Reduciendo á 0° las observaciones del Sr. Cornejo, lo mismo que las mías, y haciendo á los promedios de las primeras las correcciones precedentes, se obtienen los siguientes resultados mensuales:

MESES.	Número de observaciones.	EN SAN LUIS.		EN MÉXICO.		NOTAS.
		Presión.	Temperat°	Presión.	Temperat°	
Septbre.	22 días.	0 <sup>m</sup> 6133	22° 4	0 <sup>m</sup> 5856	21° 3	En México el nivel inferior del barómetro estaba á 19 <sup>m</sup> .9 respecto del piso de la ciudad, y en San Luis á 0 <sup>m</sup> .4.
Otbre....	31 "	0. 6134	22. 2	0. 5856	20. 5	
Novbre.	30 "	0. 6147	18. 5	0. 5866	18. 6	
Dichre...	24 "	0. 6132	20. 4	0. 5859	19. 9	
Promedios.....		0 <sup>m</sup> 6136	20° 9	0 <sup>m</sup> 5859	20° 0	

Como las latitudes de México y San Luis son próximamente 19° 26' y 22° 9', tomemos el log. *A* de la Tabla I para  $\varphi = 21^\circ$ . Haciendo el cálculo con los promedios de todas las observaciones se tiene:

ESTACIÓN INFERIOR.		ESTACIÓN SUPERIOR.	
$B = 0^m.6136$	$T = 20^\circ.0$	$b = 0^m.5859$	$t = 20^\circ.0$
log. <i>B</i> .....	9.78789	<i>A</i> .....	4.26517
log. <i>b</i> .....	9.76782		
log. <i>B</i> - log. <i>b</i> = 0.02007			8.30255
		<i>D</i> .....	0.03415
		<i>n'</i> .....	2.60187
		Correcc. (Tablas III y IV).....	0.00029
		<i>n</i> .....	2.60216
		Dif. de altura de los barómetros =	- 19.5
		Altura de México respecto de San Luis =	380 <sup>m</sup> 6

Los resultados parciales de cada mes concuerdan bastante bien entre sí, con excepción del último, pues haciendo los cálculos se halla:

Para las observaciones de Septiembre.....	382 <sup>m</sup> .6
" " " " Octubre.....	383 .3
" " " " Noviembre.....	382 .7
" " " " Diciembre.....	374 .3
Promedio.....	= 387 <sup>m</sup> .0

Si se desecha el resultado de Diciembre, por más discordes, se tendrá que 382<sup>m</sup>.9 es la diferencia de alturas entre las dos ciudades.

En este caso particular, sería insignificante el error producido por la omisión de las correcciones que se aplicaron para hacer simultáneas las observaciones de las dos ciudades, á causa de la pequeñez del desnivel, y de la triple observación de México, que suministra promedios casi iguales á las indicaciones del medio día; pero atendiendo á la magnitud considerable de las oscilaciones que sufren la presión y la temperatura atmosféricas á diversas horas, se comprenderá que, en ciertos casos, no podrá omitirse aquella reducción sin peligro de cometer un error que puede ascender á varias decenas de metros.

286. Ya que hemos considerado el caso de simultaneidad de observaciones, y también el de observaciones correspondientes sin ser simultáneas, procuremos indicar la marcha que creemos más conveniente para determinar la altura absoluta aproximativa de un punto, cuando no se tienen otras observaciones con que comparar las que se hayan ejecutado, ó que aun cuando se tengan, no se conoce la altura de la otra estación sobre el nivel del mar.

El método que comunmente se sigue en este caso es el de suponer las indicaciones del barómetro y del termómetro al nivel del mar, tomando para la primera,  $B = 0^m.7629$  y para la segunda  $T = 25^\circ$ . Con estos datos aproximativos, y los observados  $b$  y  $t$  en la estación superior, se calcula la fórmula (8), que suministrará la altura absoluta. Esto se funda en que los valores precedentes de  $B$  y  $T$  se consideran como la presión y temperatura medias en el Océano.

Cuando sólo se ejecuta un corto número de observaciones en la estación cuya altura se trata de determinar, creo que el método indicado es en efecto el más conveniente y sencillo; pero si, como sucede algunas veces, tiene un viajero tiempo y oportunidad de prolongar sus observaciones uno ó más meses en el mismo punto, juzgo que puede esperar mayor exactitud no adoptando  $B$  y  $T$  como constantes, sino tomando en cuenta sus variaciones en distintas épocas del año. Por otra parte, la presión de  $0^m.7629$  puede acaso considerarse como la media al nivel del mar en las latitudes europeas; pero en manera

alguna en nuestros países intertropicales, como lo manifiestan las observaciones ejecutadas en diversos lugares de América. Comparando cuidadosamente los resultados medios de las medidas barométricas hechas en este continente, se llega á la consecuencia de que la presión aumenta desde el ecuador hasta la latitud de  $35^\circ$ , casi proporcionalmente al incremento de la latitud, para decrecer en seguida hácia la latitud de  $60^\circ$ . (1) Además de esto, en las observaciones mensuales que he podido procurarme, algunas de las cuales corresponden á períodos de muchos años, se nota constantemente que la columna barométrica tiene un *máximum* en el mes de Enero, y un *mínimum* por Agosto ó Septiembre, lo cual me ha permitido formar una tabla de las presiones mensuales medias, en la que he llevado en cuenta los incrementos que sufren con la latitud, adoptando también las variaciones medias de un mes á otro. Como en mi concepto el uso de estos guarismos es menos arbitrario que la hipótesis de una indicación barométrica constante al nivel del Océano, pongo á continuación la parte de esta tabla que comprende las latitudes de la República.

MESES.	15°	20°	25°	30°	35°
Enero .....	0 <sup>m</sup> 7645	0 <sup>m</sup> 7651	0 <sup>m</sup> 7658	0 <sup>m</sup> 7664	0 <sup>m</sup> 7671
Febrero .....	0.7623	0.7629	0.7636	0.7642	0.7649
Marzo .....	0.7625	0.7631	0.7638	0.7644	0.7651
Abril .....	0.7607	0.7613	0.7620	0.7626	0.7633
Mayo .....	0.7596	0.7602	0.7609	0.7615	0.7622
Junio .....	0.7597	0.7603	0.7610	0.7616	0.7623
Julio .....	0.7595	0.7601	0.7608	0.7614	0.7621
Agosto .....	0.7583	0.7589	0.7596	0.7602	0.7609
Septiembre..	0.7585	0.7591	0.7598	0.7604	0.7611
Octubre .....	0.7597	0.7603	0.7610	0.7616	0.7623
Noviembre..	0.7623	0.7629	0.7636	0.7642	0.7649
Diciembre ...	0.7635	0.7641	0.7648	0.7654	0.7661

(1) Parece que este fenómeno no es peculiar de América, sino común á toda la tierra. Véase la "Meteorología" de Kaemtz y la "Geografía del mar" de Mr. Maury.

Respecto de las temperaturas del aire al mismo nivel, no he tenido oportunidad de consultar una serie bastante numerosa de observaciones, por lo cual sólo consignaré los resultados medios obtenidos en algunas de nuestras ciudades y en otras de las costas americanas.

Temperaturas medias al nivel del mar en diferentes estaciones.					
LUGARES.	Primavera.	Estío.	Otoño.	Invierno.	Media anual.
Veracruz.....	25°0	27°5	26°0	21°5	25°0
La Habana.....	24.6	27.4	25.6	22.6	25.0
San Blas.....	.....	.....	25.1	.....	.....
Guaymas.....	.....	.....	.....	20.1	.....
Boca del Río Bravo.....	.....	28.9	.....	.....	.....
Key West (Florida).....	24.2	27.9	25.5	21.5	24.7
Nueva-Orleans.....	18.9	26.5	20.4	11.8	19.6
Charleston.....	.....	.....	.....	.....	17.7
San Diego (Cal.).....	.....	.....	.....	.....	15.4
San Francisco (Cal.).....	.....	.....	.....	.....	13.3

Por la tabla anterior se ve que la temperatura media anual en nuestras costas es efectivamente de 25°.

Sean cuales fueren las causas que hacen crecer la presión al nivel del mar á medida que aumenta la latitud, es probable que también se hagan sentir en el interior de los continentes; y por eso me parece preferible adoptar la presión que convenga á la latitud de la estación cuya altura desea medirse. Determinemos, por ejemplo, la elevación de México tomando por datos los siguientes de todo el año contado desde Marzo de 1868 hasta Febrero de 1869, que debo á la bondad de D. Juan N. Mier y Terán, encargado actualmente del observatorio meteorológico de la Escuela Nacional Preparatoria. El barómetro tiene una altura de 16<sup>m</sup> sobre el nivel de la ciudad, y todas sus indicaciones están ya reducidas á 0°.

MESES.	PRESIÓN.	TEMPERATURA.
Marzo.....	0 <sup>m</sup> .5854	18°6
Abril.....	0 .5854	19.4
Mayo.....	0 .5860	20.8
Junio.....	0 .5858	20.2
Julio.....	0 .5857	17.2
Agosto.....	0 .5839	18.4
Septiembre.....	0 .5835	17.8
Octubre.....	0 .5838	17.2
Noviembre.....	0 .5854	15.4
Diciembre.....	0 .5875	14.2
Enero.....	0 .5889	13.8
Febrero.....	0 .5878	16.4

Las medias anuales resultan, pues:  $b = 0^m.5857$  y  $t = 17^{\circ}.4$ . Adoptando al nivel del Océano las que corresponden á la latitud de 20°, que con poca diferencia es la de México, hallaremos:  $B = 0^m.7615$  y  $T = 25^{\circ}.0$ , y con estos datos la fórmula (8) da  $n = 2262^m$  por altura de la ciudad.

Si quisiera medirse la de San Luis por las observaciones del otoño de 1865, tendríamos:  $b = 0^m.6136$ ,  $t = 20^{\circ}.9$ , y adoptando  $B = 0^m.7619$  y  $T = 25^{\circ}.5$  que según las tablas corresponden á los mismos meses para la latitud de 22°, encontraremos  $n = 1892^m$ , resultado que sólo produce una diferencia de 10 metros en el desnivel de las dos ciudades, respecto de la determinación hecha por observaciones correspondientes.