

*ASTRONOMÍA. Resultados deducidos de las observaciones meteorológicas verificadas en el Observatorio astronómico desde julio de 1860 hasta octubre de 1862, por don Carlos G. Moesta.*

Las observaciones meteorológicas que con el bondadoso permiso del sabio i venerable Rector de la Universidad de Chile, don Andres Bello, acaban de publicarse en los *Anales* de esta corporacion científica, fueron hechas en el nuevo Observatorio astronómico con el objeto de conocer las leyes a que están sujetas las oscilaciones horarias del barómetro en Santiago i en particular de examinar el influjo que ejerce la temperatura en aquellas variaciones periódicas de la presión atmosférica. La posición geográfica i topográfica de Santiago se presta admirablemente para estudios de esta clase, pues la falta de lluvias i tormentas, como así mismo la extraordinaria constancia en la dirección de los vientos, durante los meses del verano, son fenómenos causados por la elevada cordillera de los Andes, i contribuyen en gran parte a la regularidad que presentan las oscilaciones diurnas del barómetro en el curso del verano en Santiago. En efecto, las perturbaciones son tan pequeñas i poco frecuentes, que, según parece, las observaciones correspondientes a dos años, i hechas en intervalos de tres horas, bastan para establecer el carácter peculiar de las oscilaciones horarias propias de los meses de diciembre, enero i febrero. Desgraciadamente, carecemos en el Observatorio de los aparatos registradores, i siendo muy reducido el personal del establecimiento, se hizo necesario escoger las horas para las observaciones meteorológicas, de tal modo, que de ellas resultase el menor perjuicio posible a las tareas principales del establecimiento. Al efecto, se han verificado las observaciones a las horas 2, 4, 10, 19 i 21, las mismas horas, de que, por consideraciones análogas, se ha valido tambien *Hansteen* en sus investigaciones relativas a las oscilaciones barométricas en *Cristiania*, fundadas en observaciones practicadas durante cuatro años [1]. La falta de simetría en la distribución de dichas horas no es nada favorable para el objeto indicado, puesto que en tal caso los mas pequeños errores pueden afectar de un modo perjudicial las cantidades que han de

(1) *Astron. Nachr.*, N.º 449.

determinarse. Para atenuar la inseguridad que así puede haber, he tratado de dar a las observaciones la mayor exactitud posible, valiéndome con este fin, de un aparato de grandes dimensiones i susceptible de indicar muy cortas variaciones en la altura de la columna de mercurio. He tenido, al mismo tiempo, oportunidad de observar en dicho aparato, algunos fenómenos interesantes relativos a la capilaridad, i tanto para apreciar éstos cuanto para formarse una idea exacta acerca del mérito de las observaciones, me ha parecido conveniente dar aquí una descripción detallada del susodicho barómetro representado por la litografía adjunta. En la construcción del referido aparato me ha servido de guía el gran barómetro discurrido por el perspicaz *Bohnenberger*, i he tenido la satisfacción de verlo ejecutado con perfección por el señor Grosch, distinguido ingeniero-óptico establecido en esta capital.

En la tabla *DD'*, del grueso de  $2\frac{1}{2}$  pulgadas, de forma de un rectángulo, cuyos lados miden 21 i 23 pulgadas, están aseguradas las columnas *AB*, *A'B'*, de 4 i media pulgadas de diámetro i de 37 pulgadas de altura. Estas columnas se componen de dos piezas, unidas por tornillos en *C, C'* con el fin de colocar i asegurar entre ellas la tabla *EE'*; esta última es igual a la tabla *F, F'*, la que se halla firmemente pegada a las cabezas de las columnas por los tornillos de fierro *a, a'*. Dichas dos tablas sirven, como se ve en la figura, para dar a la columna de mercurio i a la escala una posición firme i vertical. De las dos referidas tablas se han cortado las piezas *m u w m'*; *n u' w' n'*, describiendo los arcos circulares *u w*, *u' w'* desde los centros *p, p'* i en dichos arcos se hallan las tres aperturas circulares *u, v, w*, ocupando la media de ellas el tubo de 21 milímetros de diámetro; las otras dos están destinadas para colocar en ellas oportunamente otros tubos de diferentes diámetros, con el objeto de examinar la capilaridad i otros fenómenos dependientes de ella. Las dos citadas piezas *m u v w...* corren en sus respectivas tablas a lo largo de dos líneas paralelas i se dejan afirmar a las tablas por los tornillos en *m, m' n, n'*. Por el centro *p* del arco *u w* pasa la pieza cilíndrica de fierro que lleva la escala *M*, resultando de ahí que el eje de esta pieza forma el eje de un cilindro, en cuya superficie caen los ejes de los tubos que ocupan las aperturas antedichas. En la tabla *DD'*, entre las dos columnas, se halla colocada la cubeta *RR'* de cristal, de forma cilíndrica, cuyo diámetro interior es de 147 milímetros, i la cual está asegurada a la tabla por las piececitas *x, x'*. El gran tubo *r r'* se sumerge en dicha cubeta, llena, hasta un poco más de la mitad, de mercurio, i a fin de que el tubo no toque el fondo de la cubeta i evitar así la entrada de aire en el vacío, el tubo pasa por un anillo en *v*, el que forrado de piel en el interior i apretado por pequeños tornillos al tubo, descansa en la tabla *EE'*; el mismo tubo está retenido en su posición en la tabla superior por el resorte *y*. La escala de milímetros [desde 680 hasta 800] se halla graba-

da sobre el cilindro hueco  $MM'$ , por el cual pasa el cilindro de fierro  $pp'$ ; este último disminuye de diámetro en  $p$ , de manera, que pasa por el interior de un tornillo, que se deja mover algo pesadamente en la apertura de la tabla  $EE'$  i que descansa en  $p$  sobre la cabeza de dicho tornillo a guisa de un *gorron* en su *rangua*. Por este arreglo, se puede levantar i bajar lentamente todo el cilindro i la escala moviéndose aquel tornillo. El referido cilindro  $pp'$  lleva en su estremidad inferior una hélice, destinada para hacer subir o bajar la punta  $p''$ , la que de este modo puede ponerse en contacto con su imájen reflejada del mercurio en la cubeta; la estremidad opuesta del cilindro entra en una apertura de la nabra  $TT'$ . Sobre el cilindro hueco  $MM'$  se mueve mediante el tornillo  $G'$  el nonio, que permite leer directamente  $0.05^{\text{mm}}$  en la escala i el cual está unido a otra pieza que lleva un microscópio compuesto. En el campo de vision de este último, se hallan estendidos dos hilos paralelos de tela-araña, distantes entre sí de  $0.5^{\text{mm}}$  i que, con mucha precision, pueden colocarse horizontalmente. Mediante un nivel rectificado i los tres tornillos  $T, T, T$  se coloca verticalmente el eje del cilindro que lleva el microscópio.

Con el fin de medir por este aparato la altura absoluta de la columna de mercurio, se ha suspendido al lado del tubo una varilla de fierro  $ss'$  de forma cilíndrica, cuyas estremidades salen en puntas i cuyo largo es de  $720^{\text{mil}}$ . [aproximadamente la altura barométrica media], medido a la temperatura  $0^{\circ}$ . La suspension de esta varilla se ha hecho a guisa de la suspension de la brújula a bordo de los buques, por cuya razon toma en virtud de su propio peso, una posicion vertical, i como pasa por una apertura circular en la tabla  $DD'$  se concibe que la misma varilla puede indicar cualquier desarreglo que sufra el cilindro con la escala en su posicion vertical. Por el tornillo  $v'$  dicha varilla se deja levantar i bajar, i haciéndose uso de un lente se puede efectuar con grande exactitud el contacto de la punta inferior con su imájen reflejada del mercurio en la cubeta. En tal posicion, la punta superior de la varilla debe caer en medio de los dos hilos horizontales del microscópio, leyéndose en la escala exactamente  $720^{\text{mm}}$ ; de lo contrario, se levanta o baja lentamente el tornillo en  $p$  i con esto todo el aparato del microscópio hasta que se verifique aquella coincidencia; ajustándose en seguida por el tornillo en  $p''$  el contacto de la punta  $p''$  del cilindro con su imájen, se tiene la certeza de que la distancia del nivel del mercurio en la cubeta al eje óptico, es exactamente igual al largo de la varilla o de  $720^{\text{mm}}$ , cuyo largo puede comprobarse en cualquier tiempo confrontándolo con una escala normal.

Estando así ajustado el aparato, la observacion de la altura del barómetro consiste en efectuar el contacto de la punta  $p''$  con su imájen mediante el tornillo en  $p$ , mover en seguida el microscópio hasta que la superficie

del mercurio en el vacío caiga exactamente en medio de los dos hilos en el campo de vision i hacer la lectura correspondiente en el nonio.

Sin embargo, ha sido regla de poner en contacto cada uno de los dos hilos con la superficie i tomar el promedio de las dos lecturas correspondientes. La observacion del contacto de un hilo con la superficie del mercurio resulta mui exacta, poniéndose en el tubo una pieza de lata negra; de manera que no entra en el microscópio sino una faja mui estrecha de luz de la parte inmediatamente encima de la superficie. Con esta precaucion el error medio de la puntería no pasa de 0.02<sup>mm</sup>.

Uno de los fines principales que me propuse al escojer un tubo de 21 milímetros de diámetro, consistió en evitar enteramente la correccion debida a la capilaridad, puesto que las esperiencias han demostrado que este fenómeno depende de la clase del cristal empleado en el tubo i que por eso son ilusorias las correcciones deducidas de la teoría. El tubo de mi barómetro se ha hecho de cristal *mui duro* i tiene el largo de 950 milímetros, de manera que quedando para el vacío el largo de unos 220 milímetros, se hace despreciable el influjo de cualquier partícula de aire que al tiempo de llenarse el tubo o mas tarde hubiera podido introducirse casualmente. Para llenar el tubo, se fundieron 30 libras de mercurio con azufre puro, sometiendo esta combinacion a la destilacion en una retorta de fierro. Del mercurio así obtenido, se han empleado 26 libras en llenar el tubo i la cubeta. El gran peso del tubo fué un obstáculo serio para esponerlo a la operacion de hacer hervir toda la masa del mercurio contenida en él, por cuya razon se llenó paulatinamente por el mercurio en estado mui caliente.

El mercurio en el vacío presenta una superficie brillante i perfectamente plana en el medio, formando un área circular, cuyo diámetro es de unos 10 milímetros i la cual aparece en el microscópio como una línea horizontal bien definida. El nivel de dicho plano es tan delicado que cualquier golpe de viento o sacudimiento del aire fuera de la casa se hace perceptible por pequeñas ondas u oscilaciones en la superficie, siendo por eso necesario tener cerradas las aperturas meridianas del ala occidental del Observatorio, en donde está montado el barómetro, siempre que el viento alcance cierta fuerza i valerse en tal caso de la luz de una lámpara para poder practicar la observacion con exactitud. Todo el aparato está sentado en la pesada piedra *P*, que descansa sobre tres palos de madera afianzados en el suelo i aislados del piso de la sala.

La altura de la superficie plana en el vacío sobre el anillo, formado aparentemente por el contacto del mercurio con el interior del tubo, es de 1.30<sup>mm</sup>, i esta altura se ha mantenido constante, como se infiere de las medidas siguientes:

Mayo.....	15 de 1860.....	1.30 <sup>mm</sup>
Junio.....	22 de 1861.....	1.36
Diciembre..	7 de 1862.....	1.30

He hecho mencion especial de estas determinaciones para hacer ver que no hai que sospechar la presencia de amalgamas en el mercurio, si efectivamente estas últimas (1) han causado la desaparicion gradual de la forma convexa observada por *Bessel* i *Schumacher* (2) en otros barómetros, i aun puedo añadir que la parte interior del tubo, en donde tienen lugar las oscilaciones, se ha conservado perfectamente limpia i pulida.

Sin embargo, la forma convexa de la superficie que acabo de describir, manifestó dos veces cambios notables, que me parecen de un grande interes i dignos de llamar sobre ellos la atencion de los físicos. Segun se ve en el cuadro de las observaciones, el barómetro principió a bajar en junio 20 de 1861 desde las 10<sup>h</sup> i llegó a las 21<sup>h</sup> a 710.6<sup>mm</sup>, soplando durante toda la noche un fuerte viento del norte, que fué seguido por un aguacero. A 21<sup>h</sup> 9<sup>m</sup> desapareció de repente la forma convexa i toda la superficie en el vacío presentó el aspecto de un plano; en este último se dejó ver a las 21<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> una hendidura de 0.2<sup>mm</sup> de profundidad, a distancia como de 3<sup>mm</sup> de la parte izquierda del tubo; dicha profundidad iba creciendo hasta 21<sup>h</sup> 35<sup>m</sup>, midiendo entónces 0.31<sup>mm</sup>; desde esta hora, la referida hendidura comenzó a disminuir, pero a las 22<sup>h</sup> 6<sup>m</sup>, se formó de repente otra hendidura en la parte opuesta del tubo, igual a la anterior. A las 22<sup>h</sup> 51<sup>m</sup> ambas hendiduras desaparecieron simultáneamente i la superficie presentó una forma cóncava, mui regular, cuya parte mas baja estaba a 709.3 sobre el nivel de la cubeta. Dicha concavidad se mantuvo solo unos 13<sup>m</sup> reapareciendo en seguida las anteriores hendiduras, cuya forma variaba de un momento a otro. A las 23<sup>h</sup> 43<sup>m</sup> dichas irregularidades se deshicieron i la superficie se mostró simétricamente convexa, llegando su cúspide a 0.38<sup>mm</sup> sobre el borde i a 710.08 sobre el nivel de la cubeta i manifestándose así en el barómetro una tendencia a subir. Este estado, sin embargo, fué de poca duracion, pues a 0<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> del 21 de junio; la convexidad se habia trasformado en una concavidad, cuya parte mas baja midió 709.0<sup>mm</sup> de altura; a medida que esta última iba disminuyendo, reaparecieron primero hendiduras anteriores, estas se trasformaban en ondas irregulares, cuyas formas seguian variando continuamente. La altura barométrica habia llegado hasta 708.0<sup>mm</sup> a las 4<sup>h</sup> de la tarde i parecia mantenerse constante. Las referidas variaciones singulares

(1) *Astron. Nachrichten* N.º 475.—(2) *Id. Id.* N.º 183.

en la forma de la superficie fueron observadas hasta las 9<sup>h</sup>, cuando casi de repente se restableció la convexidad ordinaria de 1.30 de altura; la columna de mercurio comenzaba a subir i la observacion a las 10<sup>h</sup> dió 708.47; el maximum tuvo lugar a las 23<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> i ascendió a 724.74, resultando así que en el intervalo de 13<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> el barómetro había subido por 16.2.

Tuve igualmente ocasion de presenciar la desaparicion de la forma convexa el dia 20 de junio de 1862. A las 10<sup>h</sup> del citado dia ví que la superficie estaba casi perfectamente plana i sin que se dejasen ver interrupciones en este plano, la convexidad ordinaria se restableció poco despues.—El movimiento del barómetro en este dia era el siguiente:

1862 junio 19 a las 19 <sup>h</sup>	<sup>mm</sup>	713.63
“ 21		712.53
20 “ 2		710.98
“ 4		710.93
“ 10		709.94
“ 19		711.60

El afamado físico *Muncke* refiere en el nuevo Diccionario de física de *Gehler* (tomo 6, páj. 1849) un caso análogo a este último i observa de paso que cree haber notado una *atraccion* capilar en los tubos espuestos seguidamente a la accion directa de los rayos solares. No me parece inútil hacer presente con este motivo que mi barómetro está colocado en un rincón del ala occidental del Observatorio, a donde nunca llegan los rayos del sol. Tampoco omito aquí mencionar, que el barómetro ha bajado varias veces tanto o mas todavía que en los dos precitados dias, sin que se haya manifestado la menor alteracion de la forma convexa de la superficie, infiriéndose de ahí que el fenómeno arriba descrito no puede depender solo de la poca altura del barómetro a que, en casos extraordinarios, llegue a descender. Hé aquí algunos ejemplos, sacados del registro de las observaciones adjuntas:

1860 junio		1860 julio		1860 agosto	
	<sup>mm</sup>		<sup>mm</sup>		<sup>mm</sup>
19 a las 19 <sup>h</sup>	711.36	13 a las 19 <sup>h</sup>	710.45	13 a las 21 <sup>h</sup>	713.94
20 21	711.40	13 21	710.01	14 2	710.76
20 2	710.10	14 2	707.69	“ 4	711.25
“ 4	710.52	“ 4	707.47	“ 10	714.35
“ 10	713.36	“ 10	713.72		

Segun estos datos el barómetro ha estado, en julio 14 de 1860, a menor altura que en 21 de junio de 1861, i no se ha manifestado el mencionado fenómeno.

Es digno de notarse que las bajas del barómetro en los citados dias han

tenido lugar entre las 2<sup>h</sup> i 10<sup>h</sup> i que, segun se verá más adelante, las horas del máximo i mínimo (heures tropiques) son las siguientes:

	MÍN.	MÁX.
en los meses de junio i julio	a las 2 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	a las 8 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>
en el mes de agosto	3 30	9 3

Examinando ahora mas de cerca el movimiento del barómetro en aquellos dias, resulta que en los dias junio 19, julio 14 i agosto 14 de 1860 el barómetro llegó a su altura mas baja como a las 2<sup>h</sup>, i que desde esta hora subió hasta las 10<sup>h</sup> respectivamente por  $\overset{mm}{3.2}$ ,  $\overset{mm}{6.1}$  i  $\overset{mm}{3.6}$ . Al contrario, en 20 de junio de 1862, estaba descendiendo i en 21 de junio de 1861, andaba descendiendo i subiendo alternativamente durante el mismo intervalo, es decir desde las 2<sup>h</sup> hasta las 10<sup>h</sup>. En el último de dichos dias, el movimiento fué interrumpido en su continuidad casi a cada momento, dejándose ver en él claramente el efecto de las acciones simultáneas, por una parte de la onda periódica tendente a hacer subir el barómetro i por otra parte el efecto del fuerte viento del norte, el que de un modo violento e interrumpido contrariaba a cada instante aquel movimiento ascendiente. Cada vez que llegó a predominar la primera fuerza, se presentó la forma convexa i esta se cambiaba en la forma cóncava siempre que la segunda fuerza vino a prevalecer. El efecto de estas dos fuerzas, en su combate por el predominio, unida a la inercia de la masa del mercurio produjo sin duda las irregularidades observadas que dejamos mencionadas arriba. Es probable que tales fenómenos no se hagan visibles, sino cuando el diámetro del tubo pasa de cierto limite i que el mercurio sea puro. No puedo por lo tanto participar de la opinion del sábio Muncke al espresar su desconfianza hasta en los mejores barómetros como aparatos de medir la presion del aire; pues si en un momento dado la presion del aire no es una cantidad definida, tampoco puede medirse, ni aparato alguno puede indicarla.

Segun he indicado ya arriba, se levanta i baja por el tornillo en *p* toda la escala para poner la punta *p* en contacto con su imájen. Esta operacion se hace molesta cuando se trata de obtener en cada observacion la mayor exactitud; sin embargo, dicha puntería puede ahorrarse sin sacrificar la precision de la medida tomando en cuenta la variacion del punto cero de la escala dependiente de los diámetros del tubo i de la cubeta i como estos son respectivamente 21 i 147 milímetros, se infiere que las alturas en el tubo i la cubeta varian aproximadamente en la razon de 1 a 48. Al efecto se ha construido una pequeña tabla, de la cual se toma la correccion correspondiente a la lectura para asentarla, así correjirla, en la columna del registro.

La temperatura del mercurio se mide por el termómetro *t*, sumerjido con su bola en la cubeta *RR'* i retenido en esta posicion por la friccion en la

apertura de la tabla *DD*. Dicho termómetro es un termómetro normal, hecho por *Greiner*, dividido en grados de Fahrenheit, cuyos décimos pueden estimarse con exactitud. Se ve en las observaciones que el termómetro está sujeto a muy cortas variaciones en el curso de un día, haciéndose por lo mismo probable, que la temperatura de toda la masa del mercurio sea igual a la temperatura de la varilla de fierro *pp* i que se mida con suficiente aproximacion por las indicaciones del termómetro *t*. Sin embargo, como el conocimiento de la temperatura del mercurio es de importancia, cuando se trata de medir con exactitud las pequeñas variaciones de la altura barométrica, fué suspendido al lado de la varilla *pp*, otro termómetro, cuyas indicaciones se apuntaron al mismo tiempo que las del termómetro *t*, durante nueve días en el mes de diciembre. La confrontacion de los dos termómetros dió las siguientes diferencias entre el termómetro libre i el termómetro sumerjido.

2 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>
+2.°4	+2.1	-0.1	-0.6	+0.7

La pequeñez de estas diferencias prueba, que el termómetro sumerjido debe indicar con mucha exactitud la temperatura del mercurio i de la escala. Habiéndose medido el largo de 720 milímetros de la varilla *SS'* por un metro normal, referido a la temperatura de 32° *F*, la suma de las correcciones debidas a la dilatacion del mercurio i de la escala, para reducir la altura observada a la que corresponde a la temperatura comun de 32° *F*, se obtiene por la fórmula:

$$h \frac{(k-k')}{1+k(t-32)} (t-32)$$

en la cual significa *h* la altura observada, *t* la temperatura, *k* i *k'* los coeficientes respectivos de la dilatacion del mercurio i del fierro.

Adoptando:

$$\left. \begin{array}{l} k=0.0001001 \\ k'=0.0000678 \end{array} \right\} \text{ para } 1^\circ \text{ F.}$$

fué calculada una tabla con doble entrada, es decir de 2 en 2 milímetros para *h* i de grado en grado para *t*, mediante la cual se han reducido las alturas observadas a 32° *F*, cuyos valores reducidos se dan en la columna correspondiente del registro.

Debo hacer presente aquí, que tratándose de investigar la dependencia de las oscilaciones barométricas de la posicion del sol, la hora de la observacion ha de ser la hora solar verdadera. Por este motivo, todas las observaciones se han verificado con arreglo a la hora solar verdadera i los momentos en que se ha hecho la observacion, han sido exactos con la aproximacion de un minuto.

Tomando los términos medios de las alturas barométricas reducidas, que corresponden a la misma hora, resultan los siguientes valores:

		2 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>
Enero.....	1861	715.849	715.347	716.180	716.417	716.371
	1862	715.858	715.364	716.547	716.676	716.491
	Medio	715.853	715.355	716.367	716.546	716.431
Febrero.....	1861	715.356	715.019	715.960	716.201	716.250
	1862	715.475	715.139	716.177	716.429	716.453
	Medio	715.416	715.079	716.068	716.325	716.351
Marzo .....	1861	715.615	715.401	715.158	716.273	716.600
	1862	715.260	715.080	716.110	716.178	716.460
	Medio	715.437	715.240	716.134	716.225	716.530
Abril.....	1861	716.221	716.265	717.047	716.718	717.118
	1862	715.260	715.080	716.110	716.178	716.460
	Medio	715.740	715.672	716.578	716.448	716.789
Mayo.....	1861	717.719	717.842	718.621	718.399	718.857
	1862	716.773	717.051	717.890	717.759	718.110
	Medio	717.246	717.446	718.255	718.079	718.483
Junio.....	1861	718.375	718.508	719.027	719.543	719.617
	1862	717.268	717.489	717.951	717.781	718.127
	Medio	717.821	717.998	718.488	718.662	718.872
Julio.....	1860	717.217	717.438	717.935	717.676	718.077
	1861	718.241	718.367	718.780	718.665	718.945
	1862	718.774	718.954	719.519	719.480	719.883
	Medio	718.077	718.253	718.745	718.607	718.935
Agosto.....	1860	717.440	717.066	718.156	717.978	718.549
	1861	718.233	718.261	719.095	719.086	719.519
	1862	719.046	718.993	719.815	719.728	720.077
	Medio.	718.240	718.107	719.022	718.931	719.382
Setiembre. ....	1860	717.573	717.510	718.431	718.199	718.522
	1861	718.207	718.183	718.835	718.794	719.067
	1862	718.341	718.235	719.241	719.184	719.473
	Medio.	718.040	717.976	718.836	718.726	719.021

		2 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>
Octubre.....	1860	717.868	717.632	718.551	718.680	718.699
	1861	718.043	717.730	718.612	718.582	718.658
	Medio.	717.955	717.681	718.581	718.631	718.678
Noviembre.....	1860	715.957	715.568	716.607	716.613	716.697
	1861	716.902	716.600	717.502	717.378	717.394
	Medio.	716.429	716.084	717.054	716.995	717.045
Diciembre.....	1860	714.915	714.493	715.700	715.871	715.850
	1861	716.173	715.775	717.103	716.912	716.946
	Medio.	715.544	715.134	716.401	716.391	716.398

A los términos medios que preceda ha de agregarse la corrección común de:  $+0.027$ , debida a la no perfecta coincidencia del eje óptico con la punta superior de la varilla *ss'*.

Con el fin de deducir de estos datos el movimiento oscilatorio del barómetro en los diferentes meses del año trataré de representar la altura barométrica a una hora dada por la función periódica:

$$m + a \text{ sen. } (A + \tau) + b \text{ sen. } (B + 2\tau)$$

en la cual significan *m*, *a*, *b*, *A*, *B* constantes i  $\tau$  el ángulo horario del sol. Como hai cinco observaciones en el curso de 24 horas, es preciso valerse de la eliminación directa para la determinación de aquellas constantes. Hechas las operaciones necesarias, resultan para los meses desde abril hasta octubre las siguientes fórmulas:

	mm.
Abril..	$716.580 + 0.083 \text{ sen } (103^\circ 15' + \tau) + 0.566 \text{ sen } (176^\circ 50' + 2\tau)$
Mayo .	$717.741 + 0.338 \text{ sen } (39 54 + \tau) + 0.820 \text{ sen } (192 59 + 2\tau)$
Junio .	$718.246 + 0.210 \text{ sen } (65 56 + \tau) + 0.616 \text{ sen } (200 31 + 2\tau)$
Julio...	$718.388 + 0.340 \text{ sen } (39 56 + \tau) + 0.625 \text{ sen } (194 53 + 2\tau)$
Agosto.	$718.634 + 0.185 \text{ sen } (93 43 + \tau) + 0.639 \text{ sen } (174 32 + 2\tau)$
Set....	$718.470 + 0.066 \text{ sen } (137 41 + \tau) + 0.513 \text{ sen } (176 39 + 2\tau)$

Se notará que los coeficientes del segundo término correspondientes a los meses de mayo, junio i julio son un poco mayores que las correspondientes a los otros tres meses; sin embargo, esta diferencia proviene de que en dichos meses (estacion de las lluvias) suelen ocurrir las mayores perturbaciones en la movimiento del barómetro i se verá mas adelante, que el coeficiente del segundo término es en jeneral mui pequeño para los espesados seis meses del año.

Los coeficientes del último término son aproximadamente constantes, i el ángulo auxiliar *B* cae o al fin del segundo o al principio del tercer cuadrante.

Para deducir de las citadas fórmulas las horas correspondientes a las alturas máximas i mínimas del barómetro (heures tropiques) se determinan las raíces de las ecuaciones.

$$a \cos (A + \tau) + 2b \cos (B + 2\tau) = 0$$

La resolución de las seis ecuaciones da los valores siguientes:

	ABRIL.	MAYO.	JUNIO.	JULIO.	ACOSTO.	SETIEMB.
Min. I. . .	3h 14 <sup>m</sup>	2h 27 <sup>m</sup>	2h 23 <sup>m</sup>	2h 22 <sup>m</sup>	3h 24 <sup>m</sup>	3h 14 <sup>m</sup>
Max. I. . .	9 2	8 11	7 59	8 00	9 0	9 6
Min. II. . .	14 59	14 38	14 16	14 36	14 58	14 59
Max. II. . .	21 10	20 58	20 38	21 1	21 10	21 7

Sustituyendo estos valores de  $\tau$  en las fórmulas de arriba, se siguen los valores máximos i mínimos de la altura barométrica, que a continuacion se espresan:

	MIN. I.	MAX. I.	MIN. II.	MAX. II.	M. I-M. I.	M. II-M. II
Abril. . .	$m-0.53$	$m+0.49$	$m-0.61$	$m+0.64$	1.02	1.24
Mayo. . .	-0.49	+0.90	-1.15	+0.77	1.39	(1.92)
Junio. . .	-0.41	+0.59	-0.82	+0.66	1.00	1.48
Julio. . .	-0.29	+0.72	-0.96	+0.57	1.01	1.53
Agosto. . .	-0.53	+0.50	-0.76	+0.79	1.03	1.55
Setiemb. . .	-0.51	+0.45	-0.52	+0.58	0.96	1.10

Se reconoce que el máximo II o el de la mañana es en general un poco mas elevado que el de la noche i el mínimo de la mañana un poco mas bajo que el de la tarde. Los números de las dos últimas columnas espresan las amplitudes entre el máximo I i mínimo I por una parte i entre el máximo II i mínimo II por otra parte. Escluyendo el valor correspondiente al mes de mayo i tomando el término medio de los diferentes valores, resulta que la amplitud media de las oscilaciones barométricas en los referidos meses asciende a

$$\frac{\text{mm}}{1.25}$$

La altura barométrica llega en el curso de 24 horas, en general, cuatro veces a su estado medio i puede ser de interes conocer las horas a que

tiene la altura media. Se obtiene estas horas por la resolución de la ecuación:

$$a \operatorname{sen} (A + \tau) + b \operatorname{sen} (B + 2\tau) = 0$$

con respecto a  $\tau$ , i se siguen así para los citados seis meses los valores siguientes:

HORAS A QUE TIENE LUGAR LA ALTURA BAROMÉTRICA MEDIA.

Abril.....	6. <sup>h</sup> 11. <sup>m</sup>	11. <sup>h</sup> 50. <sup>m</sup>	18. <sup>h</sup> 2. <sup>m</sup>	0. <sup>h</sup> 22. <sup>m</sup>
Mayo.....	4 49	11 12	18 9	0 6
Junio.....	4 53	10 49	17 38	23 55
Julio.....	4 27	11 3	18 16	0 14
Agosto.....	6 15	11 37	18 8	0 43
Setiembre...	6 16	11 54	17 58	0 17

Las oscilaciones horarias del barómetro que acabamos de examinar se han representado gráficamente por curvas en la litografía adjunta. En ella se ven las alturas barométricas medias de cada mes indicadas por una línea horizontal, algo mas marcadas que las demas líneas horizontales, distantes entre sí de 5 en 5 milímetros. Sobre esta línea, como eje de las abscisas, se cuentan las 24 horas, siendo el intervalo entre dos horas consecutivas de 12.5 milímetros. Las ordenadas dan las oscilaciones correspondientes a la hora indicada en la razón de 30 : 1. Así, representa la curva el movimiento del barómetro en el curso de un día, i mediante un compas puede medirse con mucha exactitud la variación de la altura barométrica media que corresponde a una hora dada.

En cuanto a las oscilaciones horarias, correspondientes a los otros seis meses del año, son estas de un carácter mas complicado i no pueden ser tratadas del mismo modo que las anteriores. Representando dichas oscilaciones por fórmulas de la misma forma arriba empleada; se obtiene las siguientes:

Octubre.....	0.465 $\operatorname{sen} (206^{\circ}33' + \tau) + 0.250 \operatorname{sen} (127^{\circ}48' + 2\tau)$
Noviembre.....	0.524 $\operatorname{sen} (210 56 + \tau) + 0.294 \operatorname{sen} (108 9 + 2\tau)$
Diciembre.....	0.724 $\operatorname{sen} (211 46 + \tau) + 0.343 \operatorname{sen} (109 19 + 2\tau)$
Enero.....	0.861 $\operatorname{sen} (208 33 + \tau) + 0.389 \operatorname{sen} (92 49 + 2\tau)$
Febrero.....	0.601 $\operatorname{sen} (199 46 + \tau) + 0.268 \operatorname{sen} (130 15 + 2\tau)$
Marzo.....	0.418 $\operatorname{sen} (197 13 + \tau) + 0.338 \operatorname{sen} (145 17 + 2\tau)$

Estas expresiones representan estrictamente las observaciones dadas verificadas a las horas 2, 4, 10, 19, i 21; sin embargo, examinando las fórmulas mas de cerca se echa de ver, que el máximum I i el mínimum II quedan indeterminados tanto por lo que toca a su posición cuanto a su amplitud. En particular se infiere que segun dichas fórmulas el barómetro

debería seguir subiendo despues de las 10.<sup>h</sup> de la noche, miéntras que en realidad principia a bajar desde esta hora; ademas resulta el mínimum de la mañana demasiado pequeño, manifestándose para los meses de diciembre, enero i febrero solamente por una pequeña inflexion de la curva correspondiente. Esta incertidumbre, a que dan lugar las fórmulas, indica que la forma de la curva sufre cambios esenciales al pasar del invierno al verano. Para aclarar esta cuestion conviene examinar el movimiento del barómetro en las observaciones horarias hechas en el mes de enero, principalmente el dia 4, en que las oscilaciones diurnas parecen no haber estado afectadas de perturbaciones estrañas. Las observaciones de dicho dia indican que los dos máxima i mínima tienen lugar en el orden siguiente

a las 5.<sup>h</sup>

10

14

entre 19 i 20.

de manera que el mínimum de la tarde ocurre como 2 horas i media mas tarde, i el máximo de la mañana dos horas mas temprano que en los meses del invierno; ademas se vé que el mínimum de la tarde es de 0.45<sup>mm</sup> mas bajo que el de la mañana, mientras que los dos máximos son sensiblemente iguales. Tomando en seguida los términos medios de la altura correspondiente a la misma hora en los referidos tres dias, ví que las oscilaciones no podian representarse exactamente por una fórmula de la forma

$$a \operatorname{sen} (A + \tau) + b \operatorname{sen} (B + 2\tau)$$

sino que era necesario agregar un término en que entra el triple del ángulo horario, para obtener una concordancia satisfactoria entre las observaciones i el resultado del cálculo. La fórmula que mejor representa dichas observaciones es la siguiente:

$0.250 \operatorname{sen} (206^{\circ}54' + \tau) + 0.495 \operatorname{sen} (177^{\circ}53' + 2\tau) + 0.131 \operatorname{sen} (10^{\circ}4' + 3\tau)$   
i segun ella se ha dibujado la curva puntuada para el mes de enero, con el fin de conocer el carácter jeneral de las curvas propias de los meses del verano.

Se notará luego que la curva manifiesta una fuerte curbatura en el máximo I, mientras queda la forma achatada en el máximo II, el cual tiene lugar entre las horas 19 i 21; de tal modo que las variaciones entre dichas dos horas son mui lentas, conforme con los términos medios de las observaciones verificadas durante dos años a las horas 19 i 21. De todo esto se infiere:

1.º Que para evitar la inseguridad en la determinacion del mínimum de la mañana, mediante cinco observaciones en el curso de un dia, es de necesidad reemplazar la observacion a las 19.<sup>h</sup> por otra verificada a las 14.<sup>h</sup> o a las 15.<sup>h</sup>

2.º Que aun con tal arreglo no bastan cinco observaciones, siempre que se trata de representar exactamente las oscilaciones intermedias, sino que se requieren para tal objeto al ménos siete observaciones en el curso de 24 horas.

Es claro que de este modo viene a aumentarse tan considerablemente el trabajo, que mas convendria en tal caso practicar ocho observaciones en intervalos equidistantes, evitándose así por la aplicacion cómoda del método de los cuadrados mínimos la molesta eliminacion de las constantes i dándose mas seguridad al resultado. Como el personal del Observatorio no es suficiente para emprender tales observaciones, he tratado de examinar las oscilaciones horarias durante los meses del verano mediante las observaciones hechas por la espedicion astronómica norte-americana durante su permanencia en esta capital (1). De estas observaciones, verificadas en intervalos de 3 horas durante una gran parte del año, fácilmente podrian deducirse las constantes, valiéndose de los datos compendiados en la pág. 373 de la citada obra, sino se hubiese introducido fatalmente una equivocacion en el signo de la correccion debida a la dilatacion de la escala, la cual por desgracia se ha estendido a todas las reducciones. Tal defecto seria de poca importancia para el conocimiento de las oscilaciones diurnas, si la temperatura del mercurio hubiese estado sometida a pequeñas variaciones; sin embargo, los detalles de las observaciones prueban que aquellas variaciones ascienden, en el curso de un dia, a cosa de 13 grados, cantidad demasiado grande para despreciarse en investigaciones de esta clase. Esta circunstancia me ha inducido a reducir a 32º F. de nuevo las alturas barométricas, observadas en el mes de febrero de 1850, resultando así las siguientes correcciones, espresadas en fracciones de la pulgada inglesa debidas a las alturas medias especificadas en la pág. 373.

0. <sup>h</sup>	3. <sup>h</sup>	6. <sup>h</sup>	7. <sup>h</sup>	14. <sup>h</sup>	15. <sup>h</sup>	18. <sup>h</sup>	21. <sup>h</sup>
+0.016	+0.018	+0.017	+0.014	+0.015	“	+0.011	+0.013

Adoptando estas correcciones constantes para los meses de diciembre, enero i febrero i tomando en cuenta las observaciones correspondientes a los años de 1850 i 51 para los meses de enero i febrero i las de 1849 i 50 para diciembre (por ser las observaciones mas completas) se obtienen las siguientes variaciones de la altura barométrica espresadas en milímetros:

	0. <sup>h</sup>	3. <sup>h</sup>	6. <sup>h</sup>	9. <sup>h</sup>	12. <sup>h</sup>	15. <sup>h</sup>	18. <sup>h</sup>	21. <sup>h</sup>
Diciem.	+0.20	-0.38	-0.56	+0.18	-0.05	(-0.18)	+0.31	+0.43
Enero...	+0.36	-0.28	-0.51	+0.10	-0.05	(-0.25)	+0.13	+0.41
Febrero	+0.31	-0.31	-0.62	+0.31	-0.13	(-0.36)	+0.25	+0.62

Tratando ahora de representar estas oscilaciones por una funcion periódica resulta: para

(1) Gilliss, u. s. astr. Esped. Vol. VI.

Diciembre.

$$0.344 \text{ sen. } (149.^\circ 40' + \tau) + 0.309 \text{ sen. } (161^\circ 8' + 2\tau) + 0.155 \text{ sen. } (27^\circ 17' + 3\tau)$$

Enero.

$$0.260 \text{ sen. } (145^\circ 7' + \tau) + 0.326 \text{ sen. } (142^\circ 47' + 2\tau) + 0.113 \text{ sen. } (27^\circ 55' + 2\tau)$$

Febrero.

$$0.316 \text{ sen. } (146^\circ 36' + \tau) + 0.344 \text{ sen. } (161^\circ 2' + 2\tau) + 0.186 \text{ sen. } (14^\circ 22' + 3\tau)$$

Es de advertir que los valores correspondientes a 15.<sup>h</sup>, encerrados en paréntesis, se han obtenido por aproximaciones sucesivas, puesto que las observaciones a dicha hora son o incompletas o faltan del todo.

De estas fórmulas se sigue el mismo resultado hallado arriba mediante las observaciones horarias de tres días, es decir, que es necesario agregar el término dependiente de  $3\tau$ , para representar con exactitud por el cálculo las oscilaciones observadas.

Además, sacamos de la fórmula correspondiente al mes de febrero, para las *horas trópicas* los siguientes valores:

5. <sup>h</sup> 20. <sup>m</sup>
9 40
14 0
20 0

que concuerdan con los arriba hallados.

Fijando mediante aquellas tres fórmulas los valores máximos i mínimos de las oscilaciones resulta:

	MÍN. I.	MÁX. I.	MÍN. II.	MÁX. II.
para diciembre.	-0.62	+0.14	-0.34	+0.48
Enero	-0.58	+0.19	-0.25	+0.47
Febrero.	-0.62	+0.24	-0.43	+0.50
	MÁX. I.—MÍN. I		MÁX. II.—MÍN. II.	
	m m		m m	
	0.76.		1.10	
	0.77		1.05	
	0.86		1.12	

Por estos resultados se confirma que el *mínimum* de la mañana, durante los referidos tres meses, es mas pequeño que el *mínimum* de la tarde.

En cuanto a las demas determinaciones pueden ellas ser comparadas directamente con las observaciones de 1860 a 1862. Como el *mínimum* I tiene lugar a las 5.<sup>h</sup> i el *máximum* a las 10.<sup>h</sup>; es claro que la diferencia entre las alturas observadas a las 4.<sup>h</sup> i a las 10.<sup>h</sup> debe ser menor que la amplitud entre el *mínimum* I i el *máximum* I. Los términos medios, correspondientes a dichos dos años, especificados arriba, dan sin embargo para dicha diferencia en los respectivos meses:

mm.
1.27
1.01
0.99

i como por medio de las fórmulas se deduce, con gran exactitud, para la variación de la altura desde las 4.<sup>h</sup> hasta las 5.<sup>h</sup> las cantidades respectivas:

0.08      0.09      0.10

se infiere que las amplitudes observadas entre el *mínimum* I i el *máximum* I son:

	mm.
para diciembre	1.35
“ enero	1.10
“ febrero	1.09

Del mismo modo puede obtenerse por las observaciones hechas de 1860 a 1862, la amplitud entre el *máximum* II i *mínimum* I, pues el *máx.* II tiene lugar entre las 19.<sup>h</sup> i 21.<sup>h</sup>, a cuyas horas varía muy lentamente la altura barométrica; de manera que la diferencia entre el *mínimum* I i la altura observada a las 21.<sup>h</sup> no puede ser en ningún caso, mayor que la amplitud entre el *mínimum* I, i el *máximum* II. Los espresados términos medios correspondientes a los dos años dan:

	MÁX. II.—MÍN. I.
para diciembre	1.34
“ enero	1.17
“ febrero	1.37

resultando así, que ambas amplitudes, deducidas de las observaciones del señor Gilliss, son para los tres citados meses demasiado pequeñas.

Tomando el término medio de los últimos seis valores resulta para la amplitud media de las oscilaciones horarias el valor de

mm.  
1.23

Para hacer comparable la amplitud media, correspondiente a dichos tres meses, con la amplitud media determinada arriba para los seis meses desde abril hasta octubre, sería necesario tomar el promedio de las amplitudes: *máx.* I.—*mín.* I i *máx.* II.—*mín.* II. Ateniéndose con este fin a la fórmula hallada arriba para las observaciones horarias de tres días, se verá que dichas dos amplitudes guardan la relación de 1.25 : 0.91, deduciéndose así para la amplitud media de las oscilaciones horarias en los referidos tres meses el valor de

mm.  
1.06

cuya cantidad difiere de 0.<sup>mm</sup>19 de la amplitud media determinada arriba para los meses desde abril hasta octubre.

He determinado, mediante los datos contenidos en la pág. 373 del citado tomo de Gilliss, las constantes de las fórmulas para los doce meses del año i me he convencido de que las amplitudes de las oscilaciones diurnas resul-

tan uniformemente demasiado pequeñas. En gran parte provendrá esta discrepancia del modo de observar el punto cero de la escala, cuya operacion no puede efectuarse en el barómetro del señor Gillis con tanta precision como en el barómetro descrito arriba.

Me he valido de las constantes para los meses desde octubre hasta abril para sacar la pequeña correccion debida al término medio de las cinco alturas, observadas a las consabidas horas, a fin de reducir dicho término medio a la altura barométrica media de cada mes. Estas alturas medias se refieren al tiempo transcurrido desde julio de 1860 hasta el mismo mes de 1862 i son las siguientes:

## ALTURA BAROMÉTRICA MEDIA.

	mro.
Enero.....	716.07
Febrero.....	715.75
Marzo.....	715.92
Abril.....	716.68
Mayo.....	717.74
Junio.....	718.25
Julio.....	717.97
Agosto.....	718.20
Setiembre.....	718.25
Octubre.....	718.29
Noviembre.....	716.71
Diciembre.....	715.91

Altura barométrica media del año..... 717.14

## OBSERVACIONES RELATIVAS A LA TEMPERATURA.

El termómetro en que se han hecho las observaciones, es de *Barrow* i es el mismo que ha servido para las observaciones termométricas de la espedicion astronómica norte-americana, dirigida por el señor Gilliss. La escala es de Fahrenheit, dividida en grados i medios grados bastante grandes para leer, por estima, las décimas partes de un grado con exactitud. El reservatorio de 18 milímetros de diámetro, está completamente libre, pero circundada de un ancho tubo de lata atravesado de agujeros, de manera que el aire puede circular libremente al rededor de la bola, sin que esta última quede espuesta a ser perturbada ni por calor reflejado ni por irradiacion. Dicho termómetro se halla suspendido a 9 piés sobre el suelo del atrio que adorna el fróntis del Observatorio Astronómico al lado Sur. En esta posicion, el termómetro queda siempre a la sombra, i como el suelo en los alrededores del Observatorio está cubierto de vejetacion hai toda seguridad de medir así la verdadera temperatura de la capa de aire correspondiente a la altura que ocupa el termómetro suspendido. El punto 32 de la escala se ha examinado repetidas veces en el curso de los últimos años, resultando uni-

formemente la lectura igual a 32.3, estando el reservatorio colocado en el hielo fundente; de manera que todas las indicaciones del termómetro en las observaciones adjuntas requieren la correccion de  $-0.03$

Hé aquí los términos medios de las temperaturas observadas a las mencionadas horas de observacion:

		2. <sup>h</sup>	4. <sup>h</sup>	10. <sup>h</sup>	19. <sup>h</sup>	21. <sup>h</sup>
Enero.....	1861	78.48	76.55	59.16	60.57	68.35
	1862	75.99	76.39	60.53	61.69	67.23
	Medio	77.23	76.47	59.84	61.13	67.79
Febrero.....	1861	78.26	77.17	59.84	58.03	67.34
	1862	79.47	79.66	63.30	63.87	70.00
	Medio	78.86	78.41	61.57	60.95	68.67
Marzo.....	1861	74.28	73.96	57.33	52.03	62.65
	1862	77.61	77.95	61.15	58.89	66.66
	Medio	75.94	75.96	59.24	55.46	64.60
Abril.....	1861	66.85	65.87	52.23	48.78	57.86
	1862	74.12	74.03	58.37	53.12	60.36
	Medio	70.48	69.95	55.30	50.95	59.06
Mayo.....	1861	59.05	57.93	45.63	40.81	47.87
	1862	59.23	59.28	48.20	43.96	49.56
	Medio	59.14	58.60	46.91	42.39	48.71
Junio.....	1861	54.43	53.95	42.61	38.56	43.17
	1862	52.53	51.81	45.22	42.78	45.32
	Medio	53.48	52.88	43.91	40.67	44.24
Julio.....	1861	53.61	52.04	43.84	41.82	46.47
	1862	53.22	53.05	40.65	36.83	41.03
	Medio	53.41	52.54	42.24	39.32	43.75
Agosto.....	1860	59.31	58.55	47.47	43.70	51.45
	1861	57.97	58.26	49.35	41.78	47.60
	Medio	58.64	58.40	48.41	42.74	49.52
Setiembre.....	1860	64.84	63.70	48.20	46.09	55.70
	1861	61.40	61.26	49.68	45.52	51.66
	Medio	63.12	62.48	48.94	45.80	53.68
Octubre.....	1860	67.43	66.16	49.32	48.81	57.30
	1861	61.74	61.45	49.53	48.10	54.20
	Medio	64.58	63.80	49.42	48.45	55.75

		2 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>
Noviembre . . . . .	1860	74.45	74.02	56.06	55.93	63.49
	1861	72.71	72.98	56.85	57.10	63.64
	Medio	73.58	73.50	56.45	56.51	63.56
Diciembre . . . . .	1860	78.35	77.11	57.94	59.29	67.70
	1861	75.99	76.39	60.53	61.69	67.23
	Medio	77.17	76.75	59.23	60.49	67.46

Aplicando a estos términos medios la corrección  $-0.3$  se deducen de ellos para el movimiento diario de la temperatura las fórmulas siguientes:

Enero . . . . .	64° 72 + 12.96	sen. (54° 40' + $\tau$ ) + 0.62	sen. (211° 45' + 2 $\tau$ )
Febrero . . . . .	65. 56 + 14.45	sen. (51 7 + $\tau$ ) + 1.31	sen. (195 26 + 2 $\tau$ )
Marzo . . . . .	61. 74 + 16.36	sen. (46 18 + $\tau$ ) + 2.20	sen. (185 31 + 2 $\tau$ )
Abril . . . . .	57. 45 + 13.98	sen. (45 28 + $\tau$ ) + 1.29	sen. (158 28 + 2 $\tau$ )
Mayo . . . . .	48. 33 + 11.02	sen. (43 2 + $\tau$ ) + 0.86	sen. (121 48 + 2 $\tau$ )
Junio . . . . .	45. 41 + 8.85	sen. (41 14 + $\tau$ ) + 1.31	sen. ( 39 24 + 2 $\tau$ )
Julio . . . . .	44. 22 + 8.09	sen. (44 51 + $\tau$ ) + 1.16	sen. ( 49 44 + 2 $\tau$ )
Agosto . . . . .	48. 64 + 11.23	sen. (40 44 + $\tau$ ) + 1.57	sen. (154 40 + 2 $\tau$ )
Setiembre . . . . .	51. 07 + 13.36	sen. (47 40 + $\tau$ ) + 0.36	sen. (117 55 + 2 $\tau$ )
Octubre . . . . .	52. 67 + 12.90	sen. (51 27 + $\tau$ ) + 1.34	sen. (178 42 + 2 $\tau$ )
Noviembre . . . . .	60. 70 + 13.99	sen. (51 19 + $\tau$ ) + 1.25	sen. (214 51 + 2 $\tau$ )
Diciembre . . . . .	64. 16 + 13.88	sen. (53 54 + $\tau$ ) + 1.10	sen. (219 0 + 2 $\tau$ )

Estas fórmulas representan exactamente las cinco observaciones verificadas en el curso de 24 horas e indican de consiguiente con gran aproximación el movimiento de la temperatura desde las 7.<sup>h</sup> de la mañana hasta las 10.<sup>h</sup> de la noche. Mediante las reglas dadas arriba, con motivo de las fórmulas barométricas, podrían deducirse las horas a que tiene lugar el máximo i el mínimo de la temperatura, como asimismo la amplitud de las oscilaciones en el curso de 24 horas para cada mes; sin embargo, teniendo presente que las fórmulas precedentes están basadas en las observaciones correspondientes al corto intervalo de dos años i que están limitadas tan solo a dos términos, se comprende que no se puede esperar la mayor exactitud en los resultados así determinados. Con el fin de dar a conocer por una ojeada las variaciones de la temperatura en los diferentes meses del año, he preferido representarlas gráficamente construyendo las curvas que corresponden a aquellas fórmulas. Las líneas horizontales están distantes entre sí de 5 en 5 milímetros i de ellas representan las doce líneas mas marcadas las temperaturas medias de los doce meses del año; las ordenadas representan las oscilaciones de la temperatura, referidas a la temperatura media i expresadas en milímetros, de los que cada uno equivale a un grado de la escala de Fahrenheit. Teniendo presente que las líneas verticales indican

las 24 horas i que la distancia entre dos consecutivas de ellas es de 12<sup>m</sup> 5 se puede medir con facilidad la variacion de la temperatura media que corresponde a un momento dado. Segun se infiere de las observaciones horarias el termómetro va bajando desde media noche lentamente hasta el mismo momento en que se levanta el sol; al contrario en las curvas disminuye la temperatura mas rápidamente desde media noche, pero principia a subir ya a las 4.<sup>h</sup> i media de la mañana en el invierno i como dos horas mas temprano en el verano. Este desvio de las curvas con respecto a la observacion proviene de la omision de los términos en que entra el triple del ángulo horario, los cuales, como es sabido, no tienen valores despreciables; con todo, estos dos defectos no son de importancia en la determinacion de la temperatura media puesto que se compensan en parte, segun se verá claramente mas adelante.

Creo que estas curvas serán de alguna utilidad para las personas ocupadas en el estudio de importantes cuestiones relativas a la agricultura e industria en jeneral de la República, i aun sabrá sacar partido de ellas el médico que con acierto trata de apreciar el influjo de la variacion de la temperatura en las enfermedades que periódicamente suele n ocurrir con cierta frecuencia en esta capital.

Al comparar entre sí los términos constantes de las espresadas fórmulas, se advierte desde luego, que ellas varian mucho ménos que la temperatura en el curso de un dia o con otras palabras, que la variacion de la temperatura media anual es mucho mas pequeña quela variacion diurna de la temperatura. Este hecho forma el carácter principal del clima de Santiago.

El movimiento de la temperatura media en el curso del año puede representarse tambien por una funcion periódica, combinando al efecto las temperaturas medias de los doce meses segun los principios del método de los cuadrados mínimos. De este modo resulta:

$$T_n = 55.39 + 10.492 \text{ sen. } (87^\circ 51' 6'' + n. 30^\circ) + 1.224 \text{ sen. } (7^\circ 33' + n. 60^\circ)$$

En esta fórmula significa n el número de los meses transcurridos desde el 15 de enero hasta la época dada. Para confrontar los valores que resultan de dicha fórmula con los valores observados, se ha formado el siguiente cuadro:

	TEMP. MEDIA OBSERVADA.	TEMP. MEDIA CALCULADA.	DIFERENCIA.
Enero.....	64°.72	66.03	+1.31
Febrero.....	65.56	65.80	-0.24
Marzo.....	61.74	61.93	+0.19
Abril.....	57.45	55.62	-1.83
Mayo.....	48.33	49.36	+1.03
Junio.....	45.41	45.55	+0.14
Julio.....	44.22	45.07	+0.85
Agosto.....	48.62	47.24	-1.40
Setiembre.....	51.07	50.77	-0.30
Octubre.....	52.67	54.84	+2.17
Noviembre.,.....	60.70	59.16	-1.54
Diciembre.....	64.16	63.31	-0.85

del cual se sigue que las diferencias, a que da lugar la fórmula, son en jeneral bien pequeñas, con escepcion de las correspondientes a los meses de abril i octubre, es decir los meses, en que ocurren las perturbaciones mas considerables de la temperatura, segun se ve claramente en dos términos medios de las temperaturas observadas, principalmente a las horas 2 i 4 de la tarde.

Al mismo tiempo resulta de la última fórmula, que la *temperatura media anual* de Santiago, deducida de las observaciones verificadas desde el 1.º de julio de 1860 hasta el 1.º de julio de 1862 es de

$$55.39 \text{ Fahr} = 12.98 \text{ centigr.}$$

La temperatura media anual de Santiago ha sido deducida de las observaciones hechas por la expedicion norte-americana igual a

$$59.95 \text{ F.}$$

cuyo valor difiere algo fuertemente del anterior; sinembargo, el señor Gilliss advierte que la localidad en donde se verificaban las observaciones, ocupaba una posicion desfavorable para exactas medidas termométricas. Aun sin esta advertencia se reconoceria de los detalles de las observaciones, que el termómetro de la referida expedicion ha sido perturbado visiblemente por el calor reflejado, quedando así esplicada la mencionada discrepancia.

Será talvez de interés, para otras personas, que en la capital se ocupan en observar el termómetro, saber que el término medio de las tres observaciones verificadas a las horas 2, 10 i 19 difiere poco de la *temperatura media diurna*. Para hacer ver esto comparamos el término medio co-

respondiente a dichas tres horas con la temperatura media diurna deducida de las observaciones horarias, practicadas durante tres dias consecutivos en diferentes meses del año. Hé aquí el resultado:

	Enero.	Mayo.	Junio
Término medio de las 24 observaciones.	=68.90	48.78	48.11
20.+10.+19.	=70.77	48.66	48.48
<hr style="width: 20%; margin: auto;"/>			
3	Difer.+1.87	-0.12	+0.37

De estas comparaciones se infiere, que la diferencia entre los referidos términos medios tiene su mayor valor en el verano i que va disminuyendo hasta los meses del invierno, en que se hace casi despreciable. Al mismo tiempo prueban las mismas observaciones horarias que la combinacion

$$\frac{2.+10.+18.}{3}$$

coincide tan aproximadamente con el término medio de las observaciones horarias, que la correccion debida a la temperatura media anual, deducida de tal combinacion, es insignificante. Lo mismo se observa tambien en otras localidades de la tierra, por cuya razon se han adoptado, en muchas estaciones meteorológicas, las horas 2, 10, 18 como horas fijas para la observacion del termómetro. Limitándonos a las observaciones 2, 10 i 19, resultan los siguientes promedios para los doce meses del año:

Enero.....	65.80
Febrero.....	66.83
Marzo.....	63.24
Abril.....	58.61
Mayo.....	49.18
Junio.....	45.72
Julio.....	44.69
Agosto.....	49.63
Setiembre.....	52.32
Octubre.....	53.85
Noviembre.....	61.88
Diciembre.....	65.33
<hr style="width: 20%; margin: auto;"/>	
Término medio.....	56.42

Estos términos medios son, segun lo espuesto arriba, un poco mayores, que las temperaturas medias de los meses correspondientes. Suponiendo que la diferencia de 1.87 vaya disminuyendo proporcionalmente desde enero hasta julio, resultaria la correccion de—0.93 debida al término medio final o la temperatura media del año, deducida de las observaciones hechas a las horas 2, 10 i 19 seria

$$55.49$$

valor casi idéntico con el hallado arriba.

Segun hemos visto arriba, se manifiesta una diferencia notable en la forma de las curvas que representan las oscilaciones horarias del barómetro durante los meses del invierno i las del verano. Esta diferencia consiste principalmente en que durante el verano el mínimo de la tarde tiene lugar como dos horas mas tarde que en el invierno i en que el mínimo de la mañana es menor que el de la tarde. Tambien retrocede durante el verano el máximo de la mañana por mas de una hora i todos estos cambios llegan a sus mayores valores en el mes de febrero, asemejándose entónces la curva a la curva propia de *Madrid*, en donde no hai sino un máximo i un mínimo en el a la curva curso de 24 horas, o mas bien en donde el mínimo de la mañana se manifiesta por una lijera inflexion de la curva.

Estos cambios visibles en las curvas se indican analíticamente en la fórmula por la variacion del coeficiente del 1.<sup>er</sup> término dependiente del ángulo horario; i reemplazando en las observaciones adjuntas la observacion correspondiente a las 19.<sup>h</sup> por la observacion a 15.<sup>h</sup> la determinacion de los dos máximos i mínimos podria efectuarse con mucha exactitud i se veria, que el referido coeficiente va creciendo paulatinamente desde el invierno hasta el verano. Igual crecimiento se nota en el coeficiente del 1.<sup>er</sup> término de las fórmulas que espresan las oscilaciones del termómetro, i la comparacion de los referidos dos coeficientes conducirá a determinar numéricamente el influjo de la temperatura en las oscilaciones diurnas del barómetro.

Como las oscilaciones horarias del barómetro se repiten en Santiago con gran regularidad durante los meses del verano, no dudo que las observaciones verificadas durante un solo año, con el mismo instrumento, a las 15.<sup>h</sup> i las 19.<sup>h</sup> darán a conocer con mucha exactitud la diferencia normal entre las alturas correspondientes a dichas horas i en cualquier tiempo pueden servir entónces las adjuntas observaciones tanto para la determinacion de las mencionadas constantes de las fórmulas cuanto para las indicadas investigaciones relativas al influjo de la temperatura.

Sin embargo, se puede desde luego apreciar este influjo con alguna apreciacion, sin temor de que el resultado esperimantaré modificaciones esenciales por observaciones ulteriores. Con este fin, consideramos la fórmula obtenida arriba por las observaciones hechas en el mes de enero, la que puede limitarse en el caso propuesto a sus dos primeros términos, es decir a

$$0.250 \overset{\text{mm.}}{\text{sen.}} (200^{\circ}54' + \tau) + 0.495 \overset{\text{mm.}}{\text{sen.}} (177^{\circ}53' + 2\tau)$$

Suponiendo que el 1.<sup>er</sup> término, dependiente del ángulo horario, sea producido por la variacion de la temperatura, se necesita conocer 1.<sup>o</sup> la cantidad  $f$  o el decrecimiento de la altura barométrica correspondiente a la elevacion de un grado  $F$ . en la temperatura, i

2.º el intervalo  $X$ , al cabo del cual se manifiesta el efecto de la temperatura.

La variacion de la temperatura en el mes de enero se halla determinada arriba por la fórmula:

$$12.963 \text{ sen. } (54^\circ 40' + \tau) + 0.62 \text{ sen. } (211^\circ 45' \times 2\tau)$$

de donde se sigue que la temperatura correspondiente a la hora  $\tau - x$  produce en la altura barométrica correspondiente a la hora  $\tau$  el efecto:

$$f 12.963 \text{ sen. } (54^\circ 40' + \tau) \mp f 0.62 \text{ sen. } (211^\circ 45' + 2\tau)$$

Restando esta cantidad de la oscilacion barométrica espresada arriba, resultará que la oscilacion barométrica queda independiente de los términos en que entra el ángulo horario, si se adopta:

$$\begin{array}{l} \text{mm.} \\ f = -0.019 \\ x = 2.^\text{h} 15.^\text{m} \end{array}$$

“ es decir a cada  $\text{grado } F.$  de elevacion en la temperatura corresponde el “ decrecimiento de  $0.019$  en la altura barométrica i el efecto de la temperatura se manifiesta  $2.^\text{h} 15.^\text{m}$  mas tarde que la causa.”

Reuniendo en seguida los dos terminos en que entra el doble del ángulo horario se halla para la oscilacion barométrica independiente del influjo de la temperatura la espresion:

$$\begin{array}{l} \text{mm} \\ 0.505 \text{ sen. } (177^\circ 3' + 2\tau) \end{array}$$

Esta última espresion indica que, sin el influjo de la temperatura, hai dos máximos i dos mínimos iguales i equidistantes en el curso de 24 horas, de manera que el fenómeno de las oscilaciones diurnas del barómetro se reduce a una marea atmosférica parecida al flujo i reflujó de las aguas de los mares. Al mismo tiempo se determina por el coeficiente  $0.505$  la altura de la onda atmosférica que periódicamente vuelve.

Como este movimiento periódico del océano aéreo no depende de la culminacion de la luna, como sucede en las mareas, *Lamont* ha hecho probable la hipótesis de que aquel movimiento sea producido por una fuerza que emana del sol. Tal fuerza no puede ser la atraccion propiamente dicha del sol (gravitacion), puesto que la accion de ella es mucho menor que la de la luna, la cual por su parte no produce sino el pequeño movimiento de  $0.1$  en la atmósfera cerca del Ecuador, segun ha demostrado *Sabine* por las observaciones barométricas verificadas en Santa Helena i posteriormente en Singapore. Admitiendo que el sol está dotado de una fuerza eléctrica, *Lamont* ha hecho presente que por ella podria esplicarse no solo el movimiento oscilatorio de la atmósfera terrestre, sino tambien las variaciones

diurnas de la aguja imanada i los cambios visibles en la forma de los cometas cuando estos se acercan suficientemente al sol. Tal hipótesis se hace mas plausible todavía por la íntima conexión descubierta recientemente entre el número de las manchas solares i la amplitud de la variación diurna del magnetismo terrestre, manifestándose en ambos fenómenos un período de la misma duración. Así, suponiendo que las manchas solares sean producidas por disturbios violentos del estado eléctrico, su frecuencia indicaría la relativa tensión eléctrica, la que debería manifestarse por un efecto correspondiente en la atmósfera terrestre. El coeficiente hallado arriba para la amplitud de la onda atmosférica no sería entonces constante, sino sujeto a variaciones periódicas lo mismo que la amplitud de las variaciones magnéticas i el barómetro llegaría a ser por fin un aparato susceptible de indicar las variaciones que se operan en la envoltura gaseosa del sol, asiento de la supuesta fuerza que a tantos misteriosos fenómenos daría origen. En lo demás, la analogía entre las oscilaciones horarias del barómetro consideradas como marea atmosférica, i el flujo i reflujó de las aguas de los mares se hace mas patente comparando entre sí la intensidad de la onda atmosférica correspondiente a localidades de diferentes latitudes geográficas, con cuyo fin copio aquí los valores hallados por Lamont (1).

	mm.
Madras.....	1.21
Santa Helena.....	0.63
(Santiago.....)	0.51)
Madrid.....	0.32
Munich.....	0.22
San Petersburgo.....	0.03

---

*HISTORIA NACIONAL. Biografía i viaje de Hernando de Magallanes al estrecho a que dió su nombre, por el miembro de la Facultad de Humanidades don Diego Barros Arana.—Comunicación del mismo a la espresada Facultad. (a)*

#### CAPITULO V.

Noticias de la escuadrilla de Magallanes.—Disposiciones para arreglar la marcha.—Permanencia en Tenerife.—Primeras dificultades con Juan de Cartagena.—Magallanes lo pone preso.—La escuadrilla avista las costas americanas.—Entra en la bahía de Rio-Janeiro.—Negociaciones con los indígenas.—Reconocimiento del Rio de la Plata.—Arribo a la bahía de San-Julian.—Magallanes se decide a pasar allí el invierno.—D-scontento de sus capitanes.—Traman un complot.—Se apoderan los sublevados de tres naves.—Entereza de Magallanes.—Muerte de Luis de Mendoza.—E jefe de la escuadra sofoca la sublevación.—Castigo de los amotinados.

La escuadrilla con que habia salido Magallanes de San Lúcar de Barrameda, era compuesta, como queda dicho, de cinco naves de

(1) *Lettre* de M. Lamont, directeur de l'observatoire de Munich a M. Ad Quetelet.

(a) Véase la página 584 de la anterior entrega de los *Anales*.