

tocarla. El contraste entre ésta, que conserva siempre su brillo, y la otra en el momento del depósito de rocío, permite comprobar aún más fácilmente el instante de dicho depósito.

En las observaciones meteorológicas corrientes se emplea, con preferencia á los higrómetros de condensación, el *sicrómetro*, que no es otra cosa sino un doble termómetro, estando siempre seco el depósito de uno de los instrumentos, mientras que el del otro, rodeado de muselina, permanece constantemente mojado. La evaporación es tanto más activa en la superficie de este último cuanto más dista el aire del punto de saturación; resultando de aquí un enfriamiento que hace que el termómetro mojado esté siempre á una temperatura inferior á la del seco. En el único caso en que el aire estuviera saturado, y en que por consiguiente la evaporación y el enfriamiento fuesen también nulos, los dos termómetros marcarían la misma temperatura.

Digamos cómo se observa el sicrómetro.

Algunos minutos antes de la observación, se introduce la bola del termómetro húmedo en agua de lluvia á la temperatura ordinaria, de modo que tenga tiempo de adquirir la estacionaria que resulta de la evaporación y de la acción del aire exterior. A menudo el lienzo que rodea el depósito está en comunicación constante con el agua de un tubo ó de una vasija por medio de una mecha ó trenza de algodón siempre empapada de ella. Si la temperatura está bajo 0°, el agua que contiene la muselina deberá congelarse y el depósito del termómetro cubrirse de una capa de hielo, lo cual exige á veces algún tiempo para cada observación sicrométrica.

Se han calculado tablas merced á las cuales, una vez conocidas las temperaturas de los termómetros seco y mojado y calculada su diferencia, se puede averiguar el estado higrométrico correspondiente (1).

(1) Véase un fragmento de una de estas tablas:

Diferencia entre los termómetros seco y húmedo.	TEMPERATURA DEL TERMÓMETRO HÚMEDO										
	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°
	Estado higrométrico										
4°.	63	64	65	66	66	67	68	69	69	70	71
4°.2	61	62	63	64	65	66	67	67	68	69	70
4°.4	60	61	62	63	64	65	65	66	67	68	68
4°.6	58	59	61	62	62	63	64	65	66	66	67
4°.8	57	58	59	60	61	62	63	64	65	65	66
5°.0	55	57	58	59	60	61	62	63	63	64	65
5°.2	54	55	56	58	59	60	61	62	63	63	64
5°.4	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
5°.6	51	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
5°.8	50	51	53	54	55	56	57	58	59	60	60
6°.7	49	50	52	53	54	55	56	57	58	59	59

Demos un ejemplo del uso de estas tablas. Sea:

Temperatura del termómetro seco . . . . . + 23°.4  
 — del — mojado . . . . . + 18°.0

La diferencia de las temperaturas es en este caso 5°.4. Se busca este número en la primera columna de la izquierda, y se sigue la columna horizontal que empieza por 5°.4 hasta encontrar la línea vertical que corresponde á la casilla 18° del termómetro mojado, y se vendrá á parar al número 56, que es el estado higró-

Ocupémonos ahora de la tercera clase de instrumentos propios para medir la cantidad de vapor de agua del aire, de los *higrómetros de absorción*.

De Saussure ha construído un higrómetro de este género basado en la prolongación que experimenta un cabello á causa de la humedad que absorbe, prolongación tanto mayor cuanto más próximo está el aire á su punto de saturación, cualquiera que sea la temperatura. En su estado ordinario, los cabellos tienen una materia grasa que se opone á esta absorción; para quitársela, aquel físico los lavaba en agua hirviendo ligeramente alcalina. Hoy se prefiere lavarlos simplemente con éter, para evitar la alteración que puede causar una temperatura elevada. Limpio de este modo un cabello, puede estirarse  $\frac{1}{50}$  próximamente de su longitud total entre la sequedad extrema y la humedad absoluta, visto el estado de saturación del aire.

Véase cómo construía el higrómetro el ilustre físico.

Ataba un cabello por una punta ó una pinza sujeta en el interior de un marco metálico, y la otra punta se enrollaba en la garganta de una polea que llevaba en su eje una leve aguja. Una pesa atada con una hebra de seda á la misma garganta tenía siempre tensa la seda. La graduación del instrumento se hacía del modo siguiente: se le colocaba primero debajo de una campana que contenía aire y una substancia delicuescente, cal viva ó ácido sulfúrico. Esta substancia absorbe enteramente el vapor de agua: el cabello se encoge y hace que la aguja gire en un sentido: al cabo de dos ó tres días se queda estacionada, y entonces

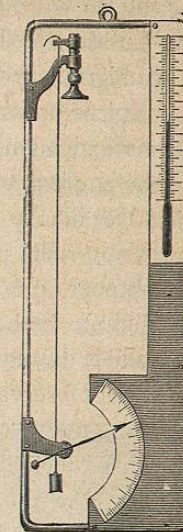


Fig. 85.—Higrómetro de cabello, de Saussure

se traza un 0 en el punto del arco recorrido por la punta de la aguja en que ésta se detiene: dicho punto es el de la mayor sequía. Colócase después el aparato debajo de una campana en la que se ha puesto agua ó que tiene sus paredes mojadas de ella; el cabello se estira, la aguja marcha en sentido contrario, hasta que se detiene en un punto que se marca con el número 100; es el de la humedad absoluta.

Se divide entonces el arco recorrido en 100 partes ó *grados higrométricos*, ó sea en partes proporcionales al estado higrométrico, lo cual exige que se disponga de una tabla de graduación que permite pasar de un modo de división á otro. En efecto, el higrómetro de cabello da siempre indicaciones idénticas si está colocado en las mismas circunstancias; en el aire saturado marca siempre 100° cualquiera que sea la temperatura, y en el aire

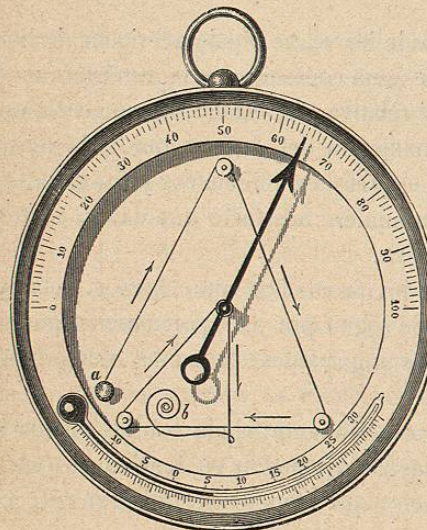


Fig. 86.—Higrómetro de cabello, de Monnier

métrico correspondiente. En una palabra, el aire contiene las 56 centésimas del vapor de agua que le saturaría á la temperatura de + 23°.4.

Se interpolaría en el caso en que las cifras dadas por la observación estuviesen comprendidas entre las de las tablas. Los termómetros seco y mojado marcan por ejemplo + 19°.8 y + 15°.6: diferencia 4°.2. El estado higrométrico está comprendido entre 61 y 62. Por interpolación resulta 61,6.

perfectamente seco, 0°; pero estos grados (ó centésimas de arco) no son proporcionales á los estados higrométricos, por lo cual se ha tenido que recurrir á varios procedimientos experimentales para encontrar la relación que existe entre las divisiones del higrómetro y dichos estados, que son la medida de la humedad relativa; de Saussure, Gay-Lussac y Melloni han calculado tablas que dan esta correspondencia.

El higrómetro de cabello es de uso cómodo y sencillo para las observaciones meteorológicas ordinarias; pero, según lo advierten las *Instrucciones* de la Oficina central meteorológica de Francia, "está bastante sujeto á descomponerse, por lo cual jamás se le debe emplear solo. Es indispensable comprobarlo con un sicrómetro, al menos cada dos ó tres días, ó mejor aún con un higrómetro de condensación. Se le arregla dando vuelta al tornillo que lleva en su parte superior. Tomando estas precauciones se pueden obtener de él indicaciones bastante buenas, comparables con las del sicrómetro, y aun durante las heladas de invierno es preferible á este último aparato, cuyo uso ofrece grandes dificultades y está sujeto á muchas incertidumbres."

En el Observatorio de Montsouris se emplea un higrómetro de crin, la cual, más resistente que el cabello, pero que se estira menos por efecto de la absorción de la humedad, se ha debido poner de mayor longitud; una polea de envío, sobre la cual se repliega en lo alto del marco, evita el tener que dar á éste dimensiones molestas. En el higrómetro de cabello de Monnier (fig. 86), el cabello se repliega dos veces, pudiéndose así introducirlo todo en una caja circular muy manuable.

### III

#### VARIACIONES HIGROMÉTRICAS DIURNAS, MENSUALES Y ANUALES

Con los instrumentos cuya descripción acaba de leerse, se puede averiguar de hora en hora, por ejemplo, ya la tensión del vapor de agua contenido en la atmósfera en el momento en que se observa, ó bien la humedad relativa ó el estado higrométrico, esto es, la relación entre esta tensión y la tensión máximum del aire saturado á la misma temperatura. En el primer caso, el resultado se expresa en milímetros y fracciones de milímetro, como la presión; en el segundo, es un número abstracto que da, en centésimas de la humedad absoluta, el valor de la relativa.

Acumulando las observaciones, y tomando los promedios como hemos dicho ya acerca de la presión y del calor del aire, se puede seguir por días, por meses ó por estaciones y por años, la marcha de uno de los más importantes elementos meteorológicos en cada lugar.

Como la formación del vapor de agua está esencialmente ligada con las fluctuaciones de la temperatura, puede preverse que en las variaciones de su tensión encontraremos los mismos períodos diurnos, mensuales, etc., que hemos advertido con respecto al calor.

Hablemos ante todo de la variación diurna. Observemos en la figura 87 los contornos de la curva FFF que representa la tensión del vapor de agua en Halle, durante todas las horas de un día del mes de enero, y veremos cómo aumenta desde el mediodía hasta las 2 de la tarde en que llega á su máximum, y cómo disminuye luego progresivamente hasta las 8 de la mañana siguiente, es decir, hasta la hora de la salida del Sol, que es la del mínimum. En seguida emprende una marcha ascendente hasta pasado el mediodía, momento que, según acaba de verse, es el más caluroso del día y en que

llega á su máximum. En una palabra, la curva de la variación diurna de la tensión es, á poca diferencia, paralela á TTT, curva de la temperatura. Con todo, esta concordancia cesa en parte si, en vez de considerar la variación higrométrica diurna de enero, la examinamos en la estación opuesta, en julio (fig. 88). Entonces la tensión del vapor de agua llega al mínimum bastante antes de la salida del Sol (á eso de las 2 de la madrugada). Pero en lugar de un solo máximum se notan dos, el primero á eso de las 8 ó las 9 de la mañana y el segundo hacia las 8 de la noche: entre los dos, á las 4 de la tarde, hay un mínimum, aunque menos elevado que el de la mañana. Estas dos distintas marchas de la variación diurna son características de la estación de invierno y de la de verano en las estaciones que, como Halle, están situadas en el interior de las tierras ó también en las regiones tropicales. Por el contrario, en los países de la zona templada situados á orillas del mar ó cerca de las costas sólo hay un mínimum y un máximum y la curva de las tensiones es casi paralela á la de las temperaturas. M. Mohn presenta como ejemplos en apoyo de esta doble marcha las observaciones higrométri-

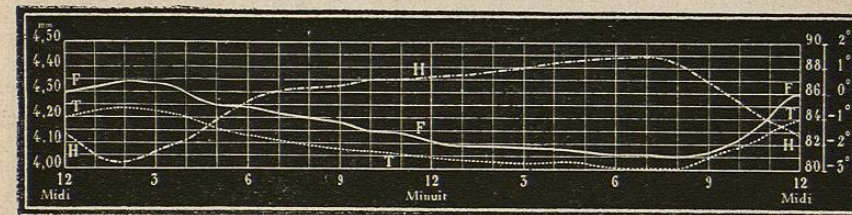


Fig. 87.—Variaciones diurnas de la tensión del vapor de agua y del estado higrométrico, en Halle, en enero: FFF, curva de las tensiones; TTT, curva de las temperaturas; HHH, curva del estado higrométrico ó de la humedad relativa.

cas hechas en Bergen, Upsal y Batavia. En Bergen hay en julio un mínimum de 4 á 5 de la mañana y un máximum á las 2. El mínimum se presenta en Upsal temprano también, cerca de la salida del Sol; y durante la mañana, la tensión crece hasta las 8 ó las 9 para disminuir un poco hasta las 2 de la tarde, hora en que empieza á aumentar hasta las 9, después de lo cual disminuye de nuevo durante la noche hasta el amanecer. En Batavia se observa la misma marcha que en Upsal, aunque en diferentes horas: la variación diurna (promedio de los doce meses del año) adquiere su mínimum á las 6 de la mañana; un primer máximum á las 9; un segundo mínimum á las 11, y por fin un segundo máximum á las 7 de la tarde. "Lo que hay de notable en este período, añade M. Mohn, es que el máximum de tensión no coincide con el de temperatura, puesto que la tensión es efectivamente menor durante las horas más calurosas del día (20<sup>mm</sup>,7 á las 11 de la mañana) de lo que es por la mañana y por la tarde (20<sup>mm</sup>,9 á las 9 de la mañana y 21<sup>mm</sup>,3 á las 7 de la tarde)."

¿Por qué esta diferencia de marcha entre el invierno y el verano, entre las estaciones marítimas de la zona templada y las de la misma zona situadas en el interior de las tierras, entre nuestros climas y los de las regiones tropicales? Cuanto más elevada es la temperatura, más activa la evaporación; por consiguiente, la razón del paralelismo entre las curvas de temperatura en ciertas épocas y lugares es natural. Sólo debemos pues explicar la existencia de un mínimum hacia el mediodía. Atribúyese este mínimum á las corrientes ascendentes engendradas por el caldeo del suelo y de las capas de aire que están en contacto con él. Arrastrando estas corrientes una parte del vapor de agua que se ha formado en las capas inferiores, disminuyen su tensión precisamente en el

momento de mayor calor. Cerca de las costas ocurre el mismo fenómeno; pero, al mismo tiempo que se forman las corrientes ascendentes, se eleva la brisa del mar, que trae consigo un aire más húmedo y compensa así la pérdida de vapor motivada por dichas corrientes.

La amplitud de la variación diurna de las tensiones del vapor de agua varía además mucho con las estaciones. Fácil es conocerlo comparando las curvas de enero y julio en Halle (figs. 87 y 88). Mientras que entre el máximo y el mínimo de enero no media  $\frac{1}{3}$  de milímetro ( $0^{\text{mm}},29$ ) de diferencia, en julio llega ésta á  $1^{\text{mm}},06$ , ó sea más del triple. Pero la misma tensión media presenta en su marcha anual diferencias

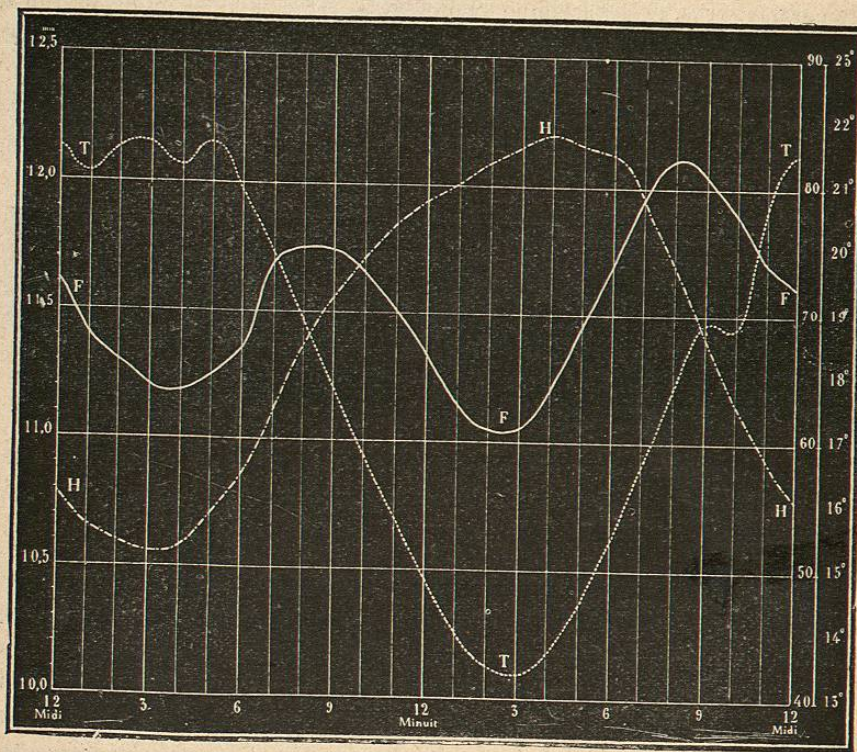


Fig. 88.—Variaciones diurnas de la tensión del vapor de agua y del estado higrométrico, en Halle, en julio: FFF, curva de las tensiones; HHH, curva del estado higrométrico; TTT, curva de las temperaturas.

considerables, que en Halle ascienden de  $4^{\text{mm}},17$  á  $11^{\text{mm}},52$ , en Apenrade de  $5^{\text{mm}},07$  á  $13^{\text{mm}},32$  y en Montsourís de  $5^{\text{mm}},05$  á  $11^{\text{mm}},18$ . Enero y julio son los meses del mínimo y del máximo en la primera y tercera de estas estaciones, y marzo y agosto en Apenrade. Por lo general, la cantidad de vapor ó su tensión aumenta ó disminuye con la temperatura así en el decurso del año como en el del día. Se puede reconocer esta proporcionalidad comparando en la figura 89 las curvas que representan ambos elementos meteorológicos relativamente á la estación de Montsourís.

Las oscilaciones mensuales de la tensión del vapor de agua siguen á corta diferencia las mismas leyes que las variaciones de la temperatura; así, la amplitud es menor cerca del mar que en el interior de los continentes, y en las regiones tropicales es también menor que en la zona templada. Esta amplitud que apenas excede de 2 milímetros en Batavia, que en las costas occidentales de Noruega no llega más que de 5 á 6 milímetros, pasa de 9 en el interior de la Siberia, donde la temperatura experimenta, según hemos visto, tan grandes diferencias.

El aire atmosférico y el vapor de agua que contiene son como dos atmósferas independientes que se penetran recíprocamente y que están sujetas á las leyes de la mezcla de los gases y de los vapores. En estado de equilibrio, la atmósfera de vapor de agua debe estar formada como la otra de capas de densidades decrecientes con la altura, de suerte que, á medida que ésta es mayor, la tensión del vapor debe ir disminuyendo. La observación confirma estas previsiones de la teoría, dependiendo las excepciones que pudieran citarse de perturbaciones semejantes á las de que hemos hecho mérito al describir las inversiones de la temperatura. Examinando las curvas de la variación diurna de la tensión en un lugar elevado, se advierte sin embargo una diferencia bastante notable entre su marcha y la que se observa á menor altitud. La figura 90 pone de manifiesto este caso. Vense en ella los resultados de las observaciones hechas simultáneamente en Zurich por Horner, y en el Righi y en el Faulhorn por

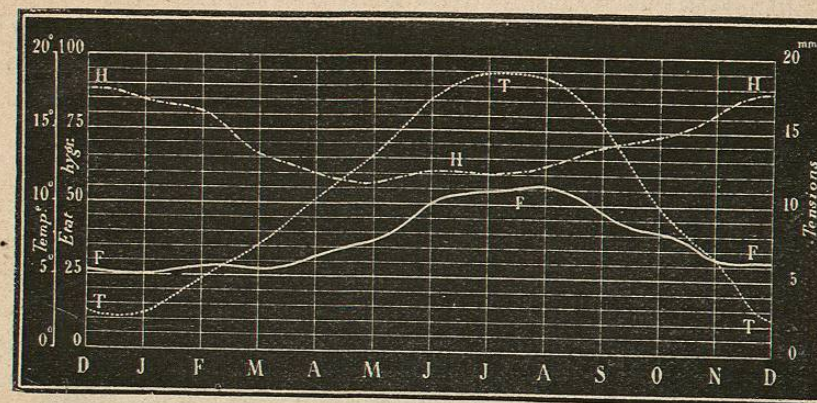


Fig. 89.—Variaciones mensuales de la tensión del vapor de agua y del estado higrométrico en Montsourís; FFF, curva de las tensiones; HHH, curva de la humedad relativa; TTT, curva de las temperaturas.

Kaentz. En las curvas de Zurich se nota, además del mínimo de la salida del Sol, un segundo mínimo á eso de las 3 ó las 4 de la tarde; las del Righi y del Faulhorn no dan, en la mitad del día, más que un máximo rápidamente alcanzado, ya á las 12 ó ya á las 2 de la tarde, después de lo cual la tensión disminuye con rapidez igual. Ahora bien, hemos visto que el mínimo de mediodía de las estaciones situadas en la llanura tiene su explicación en las corrientes ascendentes de la mañana que arrastran el vapor hacia las altas regiones de la atmósfera y disminuyen la tensión de las capas inferiores; pues el mismo fenómeno da cuenta indudablemente de la carencia de mínimo en las regiones elevadas á las mismas horas.

Para terminar lo que teníamos que decir acerca de la tensión ó de la cantidad absoluta de vapor de agua contenido en el aire, añadamos que las observaciones prueban que esta cantidad va disminuyendo, como la temperatura, desde el ecuador hasta los polos. Pero á latitud igual no sucede lo propio. En la superficie del Océano y cualquiera que sea la temperatura, está siempre próxima á su máximo ó al estado de saturación. A partir de las costas y conforme se va penetrando en el interior de las tierras, disminuye progresivamente; pero las circunstancias, la constitución del suelo, la mayor ó menor abundancia de las aguas, la vegetación, ejercen gran influencia en la actividad de la evaporación, que aparte de esto se halla también en íntima dependen-