

# MEMORIAS CIENTÍFICAS I LITERARIAS.

*METEOROLOGÍA. Instrucciones para el uso de los observadores de las estaciones meteorológicas i marina de la República.— Comunicación a la Facultad de ciencias físicas i matemáticas, por don Luis L. Zegers.*

## INTRODUCCION.

Las observaciones meteorológicas que se ejecuten con prolijidad en un lugar de la tierra, ofrecen gran interés bajo diversas faces. No solo dan los medios de conocer los detalles relativos a la climatología de una localidad; sino que proporcionan tambien, los datos necesarios que confirman las leyes ya establecidas, i aquellos que conducen a otras, esplicándonos de esta manera las grandes transformaciones que la naturaleza a cada paso nos manifiesta.

No es esto todo: las observaciones meteorológicas pueden servir en ciertos casos, i ejecutadas en condiciones determinadas, para prever hasta cierto punto el tiempo; de aquí su utilidad en la navegacion i en la agricultura.

Pero debe advertirse que cuando decimos prever, es necesario no dar a esta palabra un alcance mayor que el que en realidad tiene, científicamente hablando. Por el contrario, debemos siempre ponernos en guardia contra los iluminados que de tiempo en tiempo aparecen, i se dicen iniciados en los secretos de la atmósfera. Nadie ha sabido, nadie sabe hoy predecir el tiempo; i no es aventurado asegurar que nadie lo sabrá jamás. Esta es una convicción fácil de poseer, analizando, aunque sea sucintamente, las operaciones que se verifican en el aire i que distribuyen en los diversos climas el calor, el viento i la lluvia.

El conocimiento de la climatología de una localidad, el de las grandes leyes referentes a la atmósfera, o bien la prevision del tiempo tal cual se entiende hoy en la ciencia, i cuyos límites muy en breve marcaremos, se obtienen ejecutando observaciones sujetas a planes de antemano concebidos i esencialmente diferentes entre ellos.

No es difícil concebir que, tratándose de buscar leyes meteorológicas, éstas deben ser el resultado de observaciones continuadas con el mayor esmero, sin dejar lagunas i con la precision esperimental que exige la física en sus manipulaciones. Solo de esta manera i al cabo de grandes lapsos de tiempo, se ha conseguido ya establecer algunas, i se buscan con tesón actualmente otras. Lo esencial en estos trabajos es contar con observadores abnegados.

Cuando se trata solo de anunciar, o como hemos dicho, prever hasta cierto punto el tiempo, las dificultades son de otro jénero i mas fáciles de salvar, a nuestro juicio, porque únicamente son materiales.

En un país como el nuestro, cuya vida científica apenas si empieza a aparecer, encontrar individuos que no estando bien penetrados de la importancia de los trabajos que de ellos se exige, se presten a coadyuvar a la obra de la ciencia, es algo muy difícil; es verdad que debemos tentar encontrarlos, pero sin exigir de ellos mas de lo realmente posible. Por el contrario, poner en juego los medios materiales de que ya disponemos para llegar a utilísimos resultados prácticos en la prevision del tiempo, nos parece muy hacédero.

No obstante, como ya está establecido en Chile el servicio meteorológico, cuyo objetivo es el estudio de nuestro clima, debemos dar, cumpliendo el cometido que la Comision encargada de la Oficina Central Meteorológica ha tenido por conveniente hacernos, las instrucciones que creemos indispensables para obtener los mejores resultados. Con este objeto hemos dividido

nuestra esposicion en cuatro capítulos.—En el primero espondremos las principales leyes conquistadas por la meteorolojía i cuya importancia demostrará a los observadores, cuánto interés encierran esas aparentes aglomeraciones de números i datos con tanta dificultad obtenidos, cuando se les coordina i estudia metódicamente;—en el segundo procuraremos dar las reglas relativas a la manera de hacer las observaciones;—en el tercero nos ocuparemos de la prevision del tiempo i de la manera de plantear este jénero de observaciones en nuestro pais;—i por último, en el cuarto agregaremos las tablas mas usuales i prácticas empleadas actualmente en la meteorolojía para la correccion de las observaciones.

En un trabajo de esta naturaleza lo que importa es el método i claridad con que se describan las diferentes operaciones. Tratando de materias que se relacionan con la ciencia, debe prescindirse absolutamente de hipótesis que nos lleven a teorías mas o ménos probables; lo que nos interesa es poseer los medios de llegar al conocimiento de los fenómenos naturales, i esos medios deben reposar únicamente en las bases incommovibles de la experiencia. Por eso, en las páginas que publicamos, nos concretaremos a decir lo que se conoce bien, libre de toda consideracion especulativa.

Para la primera parte de estas instrucciones, tomaremos como modelo i en muchas ocasiones seguiremos textualmente una hermosa leccion del notable profesor de física de la Escuela Politécnica de Paris, señor I. Jamin.

Para el detalle de las instrucciones meteorológicas seguiremos los datos e instrucciones que hemos recibido para el objeto, del señor E. Mascart, nuestro profesor de física en el Colejio de Francia.

## I.

## Los meteoros acuosos.

LA ATMÓSFERA.—Cubre la atmósfera a la tierra, sobre los continentes i mares, cual uniforme i ténue manto que la preserva del frio, siendo ademas el teatro de múltiples i variados fenómenos. Como se sabe, la atmósfera está compuesta de un fluido perfectamente trasparente, pesado, dilatante cuando se le calienta, compresible i elástico.

He aquí las principales propiedades del aire de que se compone la atmósfera i de las cuales dependen sus condiciones de equilibrio i movimiento.

Es evidente que las capas superiores de la atmósfera, aquellas que confinan con el espacio indefinido, están estremadamente dilatadas; pero su peso, por insignificante que sea, gravita sobre las capas inferiores, i éstas aumentan progresivamente de densidad a medida que se acercan a la tierra. En el nivel del suelo, todas gravitan sobre los objetos haciendo experimentar considerables presiones a las diversas superficies. De aquí la presión atmosférica que se sabe medir desde la invención del barómetro. Descrito este instrumento de la manera mas sencilla, no es sino un tubo de vidrio, vacío, que se sumerge en un baño de mercurio. El aire que pesa sobre ese baño, hace subir el mercurio en el tubo hasta hacer equilibrio a la presión atmosférica con el peso del mercurio levantado. Término medio, el mercurio sube a 760 milímetros; baja cuando la presión del aire disminuye; sube cuando por el contrario aumenta.

De aquí que nos encontremos sumerjidos en un mar gaseoso, como los peces en un mar líquido. Ese mar pesa lo mismo que una capa de mercurio que tuviera 760 milímetros de espesor, o una de agua de 10 metros; pero, como es mucho ménos denso que el mercurio o el agua, se eleva mucho mas alto. El aire se encuentra sobre las montañas i a todas las alturas a que se ha podido

llegar en globo; pero su cantidad disminuye con la altura i la presión decrece progresivamente. A 13 leguas, esta presión sería sensiblemente nula, porque casi no habría aire mas arriba. Sin embargo, es necesario confesar que no se sabe realmente dónde comienza o concluye la atmósfera; como los bólides se muestran luminosos a 30 o 40 leguas i otros fenómenos ópticos se verifican aun a mayor distancia, es necesario admitir que el aire alcanza por lo ménos a esas alturas.

Poco nos importa aquí saber de qué elementos se compone el aire; lo que nos interesa hacer notar es que siempre contiene agua, causa de todos los meteoros acuosos. Cuando dejamos un poco de este líquido en un vaso, al aire libre, se le vé disminuir i desaparecer. Se cambia en vapor, que es un gas tan incoloro i transparente como el aire al cual se mezcla. Esta transformación se produce continuamente en la superficie de todos los mares, de los lagos, de los ríos i de los suelos que han sido mojados por las lluvias. Cada litro de aire atmosférico contiene un peso determinado de vapor de agua, variable según los casos; pero que no puede pasar de un límite fijo. Este límite es de:

5, 9, 18, 33, 58 centigramos

a las temperaturas de

0, 10, 20, 30, 40 grados.

Esos números nos manifiestan que el aire puede contener mucho vapor de agua a 40°, muy poco a cero, mucho hacia el ecuador, muy poco hacia los polos o durante el invierno. Cuando el aire contiene el vapor de agua que puede recibir, se dice que está saturado;—jeneralmente no lo está. Cuando está muy lejano de su punto de saturación, se dice que está seco,—cuando muy cerca, que está húmedo,—i se vé claramente que calentando hasta 40° grados una cantidad de aire saturado a cero, se pondrá seco; mientras que enfriando hasta cero un aire que

esté seco a 40 grados, podrá llegar a estar húmedo; podrá aun saturarse.

Si se continúa enfriándolo, llegará a estar mas que saturado; una parte de su vapor pasará al estado líquido. Este es el oríjen de todos los météoros acuosos. Si el césped de los campos se enfria, condensará el vapor sobre su superficie en gotas de rocío; si es el aire en un valle el que se enfria, el agua se reúne en vesículas muy pequeñas para que puedan caer, pero bastante numerosas para oscurecer el aire: constituyen una neblina. Cuando ese fenómeno se produce en las capas elevadas de la atmósfera, la neblina, sin cambiar de naturaleza, toma el nombre de nube; i, cuando se las mira de lejos en las alturas trasparentes del aire, los rayos del sol les dan esos colores brillantes i dorados que comparten con las nieves eternas de las montañas o con las lejanas velas de los bajeles en el horizonte. En fin, cuando la condensacion aumenta, las gotitas de agua se agrandan tambien i por grados transfórmase la neblina en lluvia.

Cuando el aire es comprimido, disminuye de volumen i se produce el mismo efecto que cuando se le enfria. Asi por ejemplo, 2 litros de aire a 20 grados que contengan cada uno 15 centigramos de vapor, no estarán saturados; pero si se les comprime reduciéndolos a 1 litro, ese litro contendrá la totalidad del vapor o 30 centigramos, i estará mas que saturado. En resumen, la compresion i el frio conjunta o separadamente traerán la lluvia; el calentamiento i la dilatacion producirán el efecto contrario. Cuando el aire se enfria al mismo tiempo que se dilata, como sucede cuando se eleva, sufre dos acciones opuestas, i segun que la una o la otra domine, se vé caer la lluvia o disiparse la neblina.

Una de las causas mas frecuentes de la lluvia es la mezcla de dos vientos, el uno caliente, el otro frio, que no están saturados ni el uno ni el otro, pero que ámbos están próximos a serlo. El mas caliente se enfria i por

eso se satura, el mas frio se calienta i se deseca; pero el primer fenómeno supera siempre al segundo, lo que ocasiona la lluvia. Tomemos un ejemplo: uno de los vientos está a cero grados i contiene 4 centigramos de vapor, el otro a 40 grados con 50 centigramos de agua. Mezclados con volúmenes iguales están a 20 grados i encierran, término medio, 27 centigramos por litro. Pero, como a esta temperatura no pueden conservar sino 18, habrá 9 de mas. Cada litro vaciará 9 centigramos o 90 milímetros cúbicos de lluvia.

He aquí toda la fisica de ese gran problema. La cuestion mecánica inherente a ella es, no obstante, mas compleja.

En jeneral, el movimiento del aire ocasiona la lluvia o el buen tiempo. Si el aire se mantuviera inmóvil i como sujeto al suelo, la atmósfera estaria siempre saturada sobre el mar, donde llovería en cada enfriamiento; estaria siempre seca sobre los continentes, donde la lluvia sería desconocida. El viento desempeña el rol de vehiculo del agua: la toma en los lugares cálidos para llevarla a los temperados, i, cuando la ha distribuido, recomienza sus viajes. Para conocer las leyes de las lluvias es necesario descubrir las de los grandes movimientos del aire; las dos cuestiones son correlativas. No basta, pues, observar en ciertas localidades aisladamente como lo hacia la antigua meteorología; es necesario cubrir el mundo de observadores, anotar cada dia i en todos los lugares del globo los fenómenos que se verifican; en seguida concentrar todos los resultados en manos encargadas de clasificarlos, de reunirlos, para obtener, si es que la hai, la lei que dirige los vientos i hace caer la lluvia. Los hombres conciben con facilidad hermosos proyectos; lo difícil es ponerlos de acuerdo para realizarlos.

Lavoisier parece que fué quien tuvo la idea primera, pero solo Brandes en 1821 la puso en práctica a causa de un descenso extraordinario que notó en el barómetro

la víspera de Pascua en Paris. Pidió i obtuvo comunicacion de todas las observaciones hechas en Europa en esa época, lo que le permitió reconstruir el fenómeno, empleando el lenguaje de la meteorología. Desde 1835 a 1841, Quetelet se hizo en Bruselas el centro de una asociacion de meteorólogos que se habian impuesto un programa comun, i en fin la Rusia se cubrió de observatorios oficiales; pero, para que esta idea tomara su desarrollo, fué necesario que se encarnara en un hombre bastante feliz para asegurarle el éxito. Este hombre fué Maury.

Maury, oficial de la marina de los Estados Unidos, no obedecía únicamente al instinto de una curiosidad especulativa; tenia un proyecto que interesaba mas a la nacion americana, cual era el de disminuir el tiempo de las travesías de mar, aconsejando a los marineros caminos razonados. Para conseguirlo, Maury reunió todos los datos meteorológicos que pudo procurarse en los libros de bitácora o diarios de viajes; en seguida anotó todas las direcciones de viento que habian sido observadas, en un mapa mundi, en cada cuadrado trazado por los paralelos i meridianos. Sirvióse para ese trabajo de mas de un millon de observaciones, i la carta asi anotada dió a conocer en su conjunto la direccion dominante de las corrientes marinas i aéreas. Notó, ademas, que para ir de un pais a otro, era necesario escojer un trazado conforme a esta direccion i volver, nó por el mismo camino, porque en él se habrian encontrado vientos contrarios, sino por otros donde dominasen los favorables. Durante largo tiempo, los marineros no oyeron los consejos de Maury. Por fin, uno de ellos, el capitán Jackson, que comandaba el *Wright*, se resolvió a hacer una tentativa, i, partiendo de Baltimore el 9 de febrero de 1848, cortó la línea al cabo de veinticuatro dias, en vez de cuarenta i uno que exijia regularmente ese trayecto. Todas las resistencias se desvanecieron ante tan espléndido resultado, seguido de tantos otros. Mui luego el gobierno de los Estados

Unidos proponia á las naciones marítimas la reunión de un congreso en el cual los sabios i los marinos deberían fijar un plan de observaciones uniformes. Ese congreso tuvo lugar en Bruselas en agosto de 1853. Es una fecha memorable en la historia de la meteorología, puesto que desde esa época todos los buques son un observatorio, i que sus libros de bitácora permiten reconstituir brevemente para investigar las leyes, los diversos movimientos que agitan la atmósfera. De esta manera se han obtenido las nociones que seguiremos esponiendo, i en la tercera parte de esta instruccion indicaremos cómo nuestra marina podría regularizando las observaciones aisladas que ahora consigna, entrar en el concierto común.

**MOVILIDAD DE LA ATMÓSFERA.**—No existe un mecanismo más sencillo que el que rige en la circulacion general del aire atmosférico. Un ejemplo familiar vale más para su comprension que una esposicion didáctica. Cuando encendemos nuestras chimeneas durante el invierno, al mismo tiempo que se quema el combustible en los hogares, el aire tambien se calienta; se hace más liviano i se eleva por los cañones de tiraje; no se detiene ni aun cuando sale al exterior, puesto que vemos en un tiempo de calma que el humo continúa su ruta ascendente. Ese movimiento produce, como es natural, una rarificacion del aire en el hogar, rarificacion que desaparece a medida que se produce, desde que el aire frío del salón toma el mismo camino. La circulacion del aire mantiene la combustion, la combustion el calor, i el calor la circulacion. Si al mismo tiempo acercamos las manos a las rendijas de las puertas o ventanas de la pieza, sentiremos un viento frío que se precipita en el interior para reemplazar al que se lleva la chimenea. El mismo fenómeno lo encontramos reproducido en una lámpara cualquiera i su sencillez nos dispensa repetirlo. Por consiguiente, podemos desde luego sentar aquí una lei física muy sencilla: siempre que el aire se calienta en un lugar cualquiera, se

eleva i llama para que lo reemplace al que ocupa las partes cercanas. Fácilmente se comprende que un enfriamiento producirá un fenómeno inverso. Cuando tenemos nuestras habitaciones bien caldeadas, i hace frío en el exterior los vidrios se cubren de escarcha el aire al tocarlos se enfría, se hace mas pesado i escurriéndose por las ventanas, se esparce en el piso. Inmediatamente la capa de aire caliente cercana al techo se precipita para continuar la corriente, i alcanza la parte superior de las ventanas, filtrándose por lo alto de las cortinas i dejando en ellas, como prueba de su paso, el polvo que tenia en suspension. Reunamos, pues, estos dos efectos debidos al calor i al frio, tomando como ejemplo lo que pasa durante el invierno, en un conservatorio calentado por una estufa. Esta llamará el aire i le lanzará hacia arriba; pero los vidrios lo enfriarán, lo harán descender, i volverá a la estufa por el suelo. Aquí dos causas distintas han concurrido para producir i perpétuar una doble circulacion; una doble corriente: la una caliente, que elevándose huye del foco de calor; la otra fria, que se escurre i vuelve en sentido contrario al de la primera.

Estos ejemplos, aunque triviales si se quiere, preparan muy bien la comprension de los fenómenos mas complejos de que nos vamos a ocupar.

El globo terrestre se calienta desigualmente por la accion del sol: mientras que los polos no se caldean absolutamente, los paises temperados se calientan mas i mas a medida que su latitud es menor, existiendo una zona que recibe mas calor que todas las otras; aquella en que los rayos solares caen a plomo. Puede asimilársela a un hogar que jirara al rededor de la tierra i que fuera mantenido caliente por el sol. En ese lugar donde el aire es mas caliente, es tambien mas liviano i se eleva envolviendo al globo terrestre en una especie de anillo de gas ascendente: es el anillo o zona de aspiracion; es la chimenea de tiraje de la atmósfera.

Esta zona es la que aspira, digámoslo así, las masas de aire cercanas al ecuador. Esas masas al ponerse en movimiento llaman el aire de las latitudes mas i mas elevadas, enjendrándose de esta manera un movimiento de conjunto en sus capas inferiores, que hace que se transporten del norte i sur hácia el ecuador. De ahí las dos corrientes polares.

Al mismo tiempo, la gran cantidad de aire que se eleva en la zona de aspiracion debe permanecer un momento como indecisa, en las elevadas alturas atmosféricas i esparcirse como el penacho que domina los cráteres volcánicos, para de ahí avanzar en forma de napas, alejándose del ecuador, enfriándose durante su marcha, para descender hácia las latitudes polares, llegar a la tierra i cambiar de direccion. Esas masas de aire que se transportan en los espacios superiores son las corrientes ecuatoriales.

Pero es necesario que no tomemos lo anterior tan en absoluto; no es menester creer que la inmensa cantidad de aire que se eleva en el ecuador se concentra toda ella sobre los polos i de ahí se precipita a las rejiones inferiores como por una especie de embudo. Si así se verificara, esas enormes masas de aire adquiririan una velocidad tan prodijiosa que, al caer en la tierra o los mares, producirian desastrosas impulsiones. Nada de eso sucede; la corriente superior podemos compararla, por el camino que recorre i por las modificaciones que éste experimenta, a los meridianos que trazados sobre una esfera van estrechándose del ecuador hácia los polos. Se observa efectivamente que, estrechándose su lecho, la corriente se hace mas i mas pesada i deja escapar de arriba hácia abajo como riachuelos que se unen a la corriente polar. Así mantiene la corriente ecuatorial una igual intensidad en todas las latitudes. Por el contrario, la corriente inferior que se esparce en un lecho mas i mas estenso, yendo del polo al ecuador, se atrasaria en su marcha si

no recibiera para reanimarla, esas *derivaciones descendentes* de la corriente superior. Esas derivaciones, multiplicándose o disminuyendo, trasportándose del norte hacia el sur, o de un punto a otro, son las que a cada instante, restablecen el por momentos interrumpido equilibrio de la atmósfera; a ellas también se deben los cambios en la dirección de los vientos y las lluvias. En resumen, esta teoría nos muestra a la tierra envuelta en dos enormes vías aéreas: la superior que parte del ecuador; la inferior que al contrario vuelve; la primera concentrándose en los polos; la segunda diverjiendo a medida que se aleja; ambas mezcladas en su trayecto por derivaciones descendentes, como las corrientes de un río, directas y remansas al juntarse y separarse a trechos.

Pero no basta tener una teoría, es necesario que la teoría esté acorde con los fenómenos que explica. Veámoslo.—A partir de los 35° grados de latitud, se encuentran en efecto, en los dos hemisferios, vientos permanentes, los alisios, que vienen de las zonas templadas y se reúnen en el ecuador en un gran anillo donde reinan las calmas ecuatoriales. Estos vientos son las corrientes polares de nuestra teoría; pero se observa que no soplan directamente de los polos al ecuador en la dirección de los meridianos; vienen del nor-este en el hemisferio boreal y del sud-este en el hemisferio austral, como si una causa desconocida los hubiera arrojado hacia el oeste.

TEORÍA DE HALLEY.—Según el célebre Halley, esta causa es el movimiento de rotación de la tierra. Proguemos esponer las razones que lo condujeron a esa aser-

ción. Cuando un jinete se lanza al galope, lleva la misma velocidad que su corcel, sin que haga el menor esfuerzo. Cuando somos arrastrados en un ferrocarril que anda 15 leguas por hora, llevamos sin aperebirnos una enorme velocidad, casi tan grande como la que adquiriríamos si nos precipitáramos desde una altura de 20 metros. En

fin, la tierra hace una revolución en 24 horas i nosotros nos movemos con ella. Mientras creemos estar inmóviles, somos al contrario arrastrados como el jinete por el caballo i como el viajero en un tren; la única diferencia consiste en que nos movemos con una velocidad mucho mayor, recorriendo los que nos encontramos en Santiago, por ejemplo, 340 leguas por hora. Pero el aire tambien es arrastrado en este movimiento; porque si permaneciera inmóvil mientras nos movemos, sentiríamos que nos azotaba la cara. Creyéndonos en reposo, nos haria el efecto de moverse en sentido opuesto, de este a oeste, con una velocidad de 340 leguas. Seria un viento mas intenso que el de los más desastrosos huracanes, capaz de destruir los animales, árboles, desquiciar las montañas i vaciar los mares. Supongamos ahora, por un momento, que la tierra se detuviera súbitamente: ¿qué sucederia? Naturalmente, todos los objetos de que está cubierta, continuarian moviéndose de oeste hacia el este con la velocidad de 340 leguas que tenían; aconteceriales lo que al jinete lanzado al galope que cuando su caballo se detiene repentinamente, es arrojado hacia adelante. La mecánica resume esos hechos en un enunciado comun: «todo objeto que posee una velocidad en un sentido dado la conserva, aun cuando los objetos cercanos la pierdan; i la conserva indefinidamente, a no ser que resistencias extrañas la destruyamos».

Hagamos una aplicacion de este principio; imaginemos un globo elevándose en Santiago en medio de una atmósfera en calma. Poseerá a la partida la misma velocidad que la tierra i que lo dirige al este; es claro que conservará esa velocidad, i permanecerá elevado sobre el mismo punto de partida, haciendo como Santiago una revolución en 24 horas. Si el movimiento de la tierra disminuyese, el globo pasaria a la tierra i lo veriamos moverse en direccion al este. Si, por el contrario, la velocidad del suelo creciera, el aeronauta se quedaria atrasado, como si retrocediese hacia el oeste.

Pero, aunque los diferentes puntos del globo hacen una revolucion completa en 24 horas; recorren, no obstante, caminos bien diferentes. Mientras que los polos apenas si se mueven, un objeto que esté colocado a  $80^{\circ}$  de latitud describirá un paralelo relativamente pequeño con una velocidad de 70 leguas; esta velocidad aumentará alejándose de los polos: es de 250 leguas en Paris, de 340 en Santiago, de 370 en Méjico i de 400 en el ecuador. Para que la tierra acelere su movimiento es menester que nosotros nos dirijamos al norte, asi como los habitantes del hemisferio norte deben dirijirse al sur, es decir al ecuador. Fácil es comprender, segun lo que llevamos dicho, lo que aconteceria al globo imaginario de que hemos hablado, si consideramos su situacion en un punto dado con respecto a otros puntos de la tierra animados de diferentes velocidades. Lo que sucediese al globo es lo que realmente sucede al aire atmosférico de aquí el enunciado de la lei fundamental de Halley: en el hemisferio norte la corriente polar tiende a oblicuar hácia el oeste i sopla del noreste; la corriente ecuatorial se desvía hácia el este i sopla del sud-oeste. En nuestro hemisferio los fenómenos se sucederian de una manera análoga, aunque inversa; la corriente polar sopla del sud-este i sopla del noreste; la corriente ecuatorial o contra-alisio, sopla del sud-este, en un sentido contrario al que esa corriente tiene en nuestro hemisferio. Un acontecimiento fortuito i muy curioso lo probó el 1.º de mayo de 1812. Un volcan de la isla de San Vicente, el Morne-Garou, despues de formidables detonaciones comenzó a lanzar inmensas cantidades de cenizas. En esos momentos, el alisio estaba en toda su fuerza, i como venia del nor-este, debia arrojar las cenizas al oeste, lo que en efecto aconteció. Las islas Barbadas que distan 100 millas hácia el este del volcan no

otro lo alidá sathelott

debían recibirlas, puesto que se encuentran en una dirección exactamente opuesta a la del viento. Sin embargo, el cielo se cubrió al este de esas islas; la oscuridad se hizo tan completa que ni aun se distinguían a cierta distancia las ventanas de las habitaciones; i cayeron tan grandes cantidades de cenizas que los árboles i techos doblegábanse bajo el peso. Evidentemente fueron arrasados por un viento superior, por el contra-alisio del sud-este. Pero apesar de que podríamos citar muchos otros ejemplos que vendrían en apoyo de la teoría de Halley, ninguno mas gráfico que el que consigna Leopoldo de Buch, refiriéndose a los viajeros que escalan el pico de Tenerife: parece que en las ascensiones a esa montaña empiezas por notar los alisios del nor-este hasta cierta elevación; a una altura mayor se observa una región de calma, encontrándose, por último, en las regiones mas elevadas, un viento tan intenso del sud-oeste que apenas se puede resistir; es el contra-alisio que se hace sentir a una altura de 2500 metros próximamente; altura a la cual se verifica la separación de las grandes vías aéreas que trasportan el aire en sentido opuesto.

La teoría que acabamos de esponer i demostrar tiene tambien sus aparentes contradicciones. Consideremos por un momento la corriente polar que parte de un punto situado a los 80° de latitud sur. En el momento de su partida tiene, como sabemos, una velocidad de 70 leguas hácia el este. Tan pronto como llegue sobre Chiloé, que hace próximamente 240 leguas por hora, se atrasará i caminará hácia el oeste con una velocidad relativa, que será la diferencia entre 240 i 70, o 170 leguas. En Santiago esta diferencia seria 270 i en el ecuador 330 leguas; es decir mayor que la velocidad del sonido. Inversamente, la corriente ecuatorial tomaria una velocidad relativa hácia el este de 60 leguas en Santiago i de 260 en Chiloé, velocidad diez veces mayor que la de los huracanes; capaz de romper la costra terrestre e inflamar por frotamiento los cuerpos combustibles.

Peró felizmente nada de esto sucede; aún mas, prescindiendo de las rejiones alisias, el aire jeneralmente está en calma, i si se notan vientos, són moderados i que soplan alternativamente de todas direcciones. De aquí que sea necesario que una causa compensadora venga en cada instante a moderar las desastrosas velocidades que imprimen a la atmósfera el movimiento terrestre i el sol.

Las derivaciones descendentes de la corriente ecuatorial superior restablecen la calma que notamos como aparentemente en contradiccion con la teoría. En efecto, cada uno de esos brazos descendentes del rio aéreo superior, está animado de una velocidad hácia el nor-este en el hemisferio norte, igual a la de la corriente de la que formaba parte, i desde que la corriente polar, con la cual se confunde, posee una velocidad hácia el sud-oeste, las dos velocidades tenderán a compensarse. En la zona torrida, en las cercanías del anillo de aspiracion, las derivaciones no existen i los alisios corren hácia el sud-oeste. Bajo los 35 grados de latitud parece ser completa la compensacion de las velocidades, porque segun las tablas de Maury, los vientos soplan en esas latitudes local e indiferentemente de todos los rumbos. En las latitudes mas elevadas, las derivaciones aumentan mezclándose en mayor proporcion con las corrientes polares; imprimen también, como es consiguiente, desviaciones en el sentido de su propia velocidad.

Aquí debemos hacer notar, siendo muy digno de atencion, que el equilibrio atmosférico tiende a restablecerse cuando un accidente cualquiera lo perturba. Así, si el barómetro baja en un punto, afluyen las derivaciones descendentes para restablecer la presión normal; desvian la corriente polar i el viento pra ó cambia notablemente de rumbo i es húmedo. Si por el contrario el barómetro sube, cesan las derivaciones, las corrientes polares mantienen su tendencia a soplar segun su sentido primitivo i el viento es seco: en una palabra, són las variaciones de

presión las que aumentan o disminuyen las derivaciones descendentes; éstas hacen jirar los vientos hacia el oeste o hacia el este transformándolos en húmedos ó secos, calientes ó fríos. El objeto es restablecer el equilibrio del aire; la lluvia viene a ser la consecuencia accidental.

Aun nos falta hacer ver que la atmósfera experimenta un cambio lateral; paralelamente al ecuador, i que parece que tuviera por objeto mezclar íntimamente el aire de los continentes con el de los mares. Supongamos que partiendo de la isla de Madera, por ejemplo, seguimos a una molécula de aire en sus peregrinaciones. Primeramente esa molécula será arrastrada hacia el sud-oeste hasta el anillo de aspiracion. Allí se elevará, no vertical, sino oblicuamente, en virtud de la velocidad adquirida, como si ascendiese por un plano inclinado del este hacia el oeste. Siguiendo ese trayecto llegará hacia lo alto de nuestro continente, desde donde empezará, en las alturas de la corriente ecuatorial, su viaje de vuelta hacia el norte. Poco a poco se inclinará hacia el este atravesará de una manera oblicua el Atlántico, i abordará las costas de la Europa a una latitud mas o ménos elevada. Allí se mezclará entónces a las derivaciones descendentes, volviendo a juntarse a la corriente polar. Esta camina comunmente hacia el sud-este para llegar a las zonas alisias, no en Madera, lugar de partida, sino mucho mas al este, hacia el centro del Asia. Ese trayecto de la molécula de aire se deduce fielmente de la teoría de Halley. La circulacion trasversal mantiene constante la composicion de la atmósfera, refresca el aire seco de los continentes con el aire húmedo de los mares, i distribuye la lluvia de una manera mas o ménos igual en todos los puntos del mundo.

LA LLUVIA.—Ya que conocemos las peregrinaciones de los vientos en la superficie del globo i en las alturas atmosféricas; ocupémonos de averiguar cómo se apoderan del vapor de agua i del calor, para trasportarlos sobre

los continentes, i humedecer i calentar a la tierra.

En las localidades alisias, la corriente polar refresca sin cesar el aire; pero poco a poco se calienta i se seca: desaparecen entónces las nubes, la lluvia cesa, el cielo se pone transparente i el tiempo se mantiene hermoso. Los vientos, soplando invariables en sus direcciones, conducen siempre los bajeles por la misma ruta, i la navegacion se hace tan fácil que los españoles dieron el nombre de Lago de las Damas al mar en que por vez primera encontraron el viento alisio. Por do quier sopla el alisio, el barómetro no experimenta variaciones irregulares, desde el momento que no existen variaciones atmosféricas; solo indica los cambios que se suceden entre el dia i la noche, subiendo i bajando dos veces durante las veinticuatro horas del dia, como las agujas de un reloj al recorrer dos veces el cuadrante.

Los vientos alisios, a medida que se calientan i secan, se apoderan i arrastran del mar cantidades de vapor i calor considerables. En efecto, la física nos enseña que el agua no puede pasar al estado gaseoso sin absorber cantidad notable de calor. Para convencernos de ello, pongamos una cantidad cualquiera de agua a cero sobre un hornillo ardiente, i calentémosla hasta que hierva, i continuemos calentándola hasta que se vaporise por completo; veremos que, para que hierva, se necesita cierto tiempo, tiempo que para vaporizarla debe ser cinco veces mayor, de donde deducimos que el agua necesita cinco veces mas calor para vaporizarse que para pasar de cero a 100 grados de temperatura. Por esto, los vientos alisios, al rasar la superficie del mar, no solo hacen abundante provision de vapor de agua, sino al mismo tiempo mui grande de calor. Tal es el orijen de la existencia del agua en esos vientos cuya marcha hemos analizado detenidamente.

Jeneralmente se cree que la zona ecuatorial es el país del buen tiempo perenne; pero este es un error. En el

momento en que las dos corrientes polares se encuentran, cesan los vientos; de ahí la zona de las calmas ecuatoriales. Como el aire es arrastrado de abajo hacia arriba, forma una especie de vacío sobre el barómetro, al cual se ve bajar; de aquí la zona de las débiles presiones. El aire al ascender se dilata i enfria; entónces llueve, i como éste es el lugar mas cálido de la tierra i donde el aire contiene mas vapor, se recojen por año hasta 4 metros de agua. Esta es la zona de las lluvias torrenciales i de las tempestades mas terribles; es la zona que los ingleses llaman el *cloud-ring* i el *pot-au-noir* de los marinos franceses. A las incomodidades que acarrea un tiempo semejante, únese la laxitud que provoca una humedad caliente. El termómetro llega a 40 i 45 grados, la evaporacion es nula, las materias orgánicas se descomponen con rapidez i enjendran esos miasmas desconocidos, causa de las fiebres mortales que diezman al hombre blanco. Pero si ese calor i humedad son mortíferos para los animales, al contrario son el ausiliar poderoso de esa exuberante i atrevida flora, que parece caracterizar, por esa misma razon, la época en que se formaba la hulla.

Pero esa zona de un calentamiento máximum se trasladada al mismo tiempo que el sol i con ella la mala estacion. Durante el verano invade a Méjico i las Antillas i cubre por completo a la India i Cochinchina. Durante el invierno, pasando por la isla de Borbon, establécese en las Marquesas i en el norte de Australia; dos veces por año, durante los equinoxios, atraviesa el ecuador. A medida que se acerca, decaen los vientos, algunas nubecillas se muestran en el horizonte, el cielo se carga lentamente de vapores, de brumas i de electricidad. A eso de las dos de la tarde se descarga la primera tempestad; jeneralmente en el dia siguiente se verifican dos, durando en seguida todo el dia i a veces toda la noche. Tal es el verano en Méjico.

Pero tan pronto como el *cloud-ring* abandona una loca-

lidad, la invaden las zonas alísias, i el buen tiempo se hace tan permanente como las lluvias fueron incesantes. Se vé, pues, que en la zona tórrida todo depende de una fuerza única, el calor solar, i que todo concurre a poner de manifiesto la precision de los fenómenos astronómicos. Apenas se sale de los trópicos, se penetra en las zonas de los climas variables. La circulacion jeneral se debilita separándose del anillo de aspiracion; las derivaciones descendentes arrastran hácia la superficie de la tierra el aire de las corrientes ecuatoriales, i es fácil ver que al mismo tiempo conducen el calor i el agua de que se habian apoderado los alísios.

Consideremos hipotéticamente un litro de este aire elevándose en el anillo de aspiracion: será aire caliente i casi saturado. En el primer momento empezará por dilatarse, i por eso mismo se enfriará; pero volverá a calentarse porque una parte del vapor pasando al estado de lluvia le devolverá el calor que le habia cedido para formarse. En seguida continuará su ruta ascendente, tomando un volumen mas i mas grande, mientras que su temperatura decrecerá progresivamente; pero habrá arrastrado tambien toda la cantidad de vapor que no se haya condensado i todo el calor que poseia.

En este estado, el aire será lanzado a la corriente ecuatorial. Durante el trayecto puede que pierda algo de su calor irradiándolo al traves de los espacios celestes, pero tambien lo recibirá de la misma manera del sol i de la tierra. El hecho es que no se ha podido averiguar si existe o nó la compensacion; lo único de que estamos seguros es que se mantiene mui frio el tiempo que permanece en las alturas. Tan pronto como baja en las derivaciones descendentes, experimenta presiones mas i mas considerables, disminuye progresivamente de volumen, i despues de haber ocupado un inmenso espacio vuelve a ser el litro de aire que consideramos ántes de la partida. En esas inversas transformaciones se habrá calentado

hasta la temperatura primitiva; habrá devuelto todo el vapor i todo el calor que contenia el alisio, salvo las pérdidas inherentes a tan largo trayecto.

Admitamos ahora que el barómetro baje en un punto de una localidad temperada. Inmediatamente aumentarán las derivaciones descendentes i el viento soplará sensiblemente del oeste; será un viento recalentado i húmedo, i todas las probabilidades estarán por que llueva. Pero como cuando llueve, el vapor desaparece, se formará un vacío que las derivaciones vendrán a llenar, llevando el agua allí donde se enjendra la lluvia. Si, por el contrario, la presión fuere muy considerable en ese mismo punto, cesarán las derivaciones i soplará la corriente polar; el viento será frío, pero se calentará durante su marcha: en una palabra, el tiempo será hermoso. Todo esto, bajo el supuesto de que no vengan causas especiales o más bien locales a impedir la verificación de fenómenos tan fáciles de prever.

**CAUSAS QUE MODIFICAN LAS LEYES GENERALES; CORRIENTES MARINAS.**—Apesar de que las leyes generales que rigen los fenómenos de la lluvia i los vientos son tan conocidas, se observa, no obstante, que la fijeza climatérica que ellas nos indican para las localidades temperadas, no existe realmente.—¿Qué causas vienen a modificarlas?

Fijémonos en la distribución de los continentes i mares sobre la tierra, i veremos inmediatamente que, así como es sencillo el mecanismo jeneral del viento i la lluvia cuando se supone a la tierra uniformemente cubierta por las aguas, así debe ser complicado e irregular si se atiende a esa desigual distribución.

En primer lugar, la simetría no existe entre los dos hemisferios; mientras que el nuestro casi en su totalidad está cubierto por las aguas, el del norte compónenlo casi por completo las tierras. Esta irregularidad se manifiesta sobre todo bajo el continente indigo, i hace que el *cloud-ring* experimente un cambio nota-

ble en su situacion. Como durante el verano ese continente se calienta mas que el mar, el *cloud-ring* toma la direccion del norte del Indostan, i lleva consigo aquellas lluvias diluviales que se elevan en ciertas localidades, en Cherra-Ponjée, por ejemplo, hasta 15 metros por año. Tambien se debe a él que el alisio del sud-este se transporte en esa época del año hácia el mar de las Indias. En el invierno los fenómenos se invierten: el continente se enfría; el anillo de aspiracion desciende bajo el ecuador i el mar de las Indias se encarga de secar el alisio superior que viene del nor-este. Hé aquí el oríjen de los monzones conocidos desde la antigüedad i que se suceden distinta i regularmente en cada equinoxio.

En el Africa el anillo de aspiracion casi permanece fijo; queda comprendido entre los 5 i 15 grados de latitud norte; de ahí provienen esos torrentes de lluvia que duran todo el año i que mencionan los exploradores. En la inmensa porcion de territorio comprendido entre el Atlas i el Senegal, reina eternamente el alisio del norte. Desechado al pasar por elevadas crestas, i mas a medida que desciende hácia el sur, arrebatada a la tierra toda su humedad i a la vejetacion toda fuente de vida. Por eso es que todo ese espacio, un antiguo mar que el viento ha vaciado, deja ver hoi el lecho desecado i vírjen del océano que en otros tiempos lo ocupaba. Las mismas causas continúan fatalmente el desierto al traves del Ejipto, que no es sino un oasis, i de la Arabia i la Mongolia hasta las planicies del Tibet.

Es evidente que, si la atmósfera de la zona tórrida no se trasportase del este al nor-este, los desiertos ocuparian sobre la tierra una estension aun mayor. Como el *cloud-ring* lleva en el mismo sentido, sobre los continentes de América i Africa, el aire saturado de agua que viene del mar de las Indias o del Atlántico, son las islas i las costas orientales de esos continentes,—las Indias, las costas de Mozambique i Zanzibar, las Antillas, el

Brasil i Colombia,—las que reciben mas lluvia. A medida que el *cloud-ring* se aleja en la direccion de las cordilleras, pierde su provision de agua, la deja sobre esas montañas i tras sus contra-fuertes, como al oeste de Méjico, donde no llueve jamás. Este mismo efecto se nota en el Asia, causado por las montañas del Tibet.

Mas, apesar de esto, en casi todos los parajes de la tierra, del ecuador a los polos, las lluvias se distribuyen con cierta regularidad, segun las estaciones. Asi hemós visto que en muchas rejiones, caen esclusivamente durante un período fijo del año, aunque en otros países el paso de la estacion lluviosa a la seca no se encuentre bien demarcado. Tambien sucede que llueve a veces tanto en los meses de invierno como durante el verano, pero siempre se observa una oscilacion regular entre los dos períodos de mas fuerza i mas sequedad. En fin, hemos visto que hai localidades en las cuales las lluvias faltan casi por completo; se encuentran situadas esas rejiones jeneralmente en las cercanías del ecuador i de los trópicos, allí donde las aguas, caldeadas por el sol, proveen a la atmósfera de inmensas cantidades de vapor.

No obra la misma causa, sin embargo, en las rejiones que se estienden, como los litorales del Perú, de Bolivia i norte de Chile, hasta el Huasco inclusive, en la base de las grandes aristas de montañas que interceptan el paso de los vientos lluviosos. En este caso, la constante sequedad de la atmósfera debe atribuirse únicamente a la forma del relieve planetario. Tan es así, que basta a veces franquear una simple garganta de la cordillera de los Andes para poder comprobar la enorme diferencia que existe entre las dos vertientes bajo el punto de vista meteorológico. Allende las cordilleras, los vientos, cargados de humedad, se desprenden frecuentemente de las lluvias; aquende, por el contrario, recalentadas las corrientes aéreas por la reverberacion de las rocas i del árido suelo, absorven con avidez la poquísima agua que corre en los

valles. Los alisios del nor-oeste i del sud-este, vertiendo sobre las pendientes orientales de las cordilleras abundantes cantidades de lluvias, forman el Sapura, el Putumayo, el Alto Marañon, el Apurimac, el Mamoré i tantos otros grandes tributarios del imponente Amazonas, al par que la vertiente occidental no recibe una sola gota de agua, siendo un verdadero desierto en diversas latitudes. Esos vientos recorren una gran distancia antes de recoger el vapor necesario que se transforma en lluvia en el territorio chileno. El aire siempre es brumoso en las costas del Perú; pero al traves de ese velo blanquecino se percibe el azul del cielo, siendo muy raro ver una nube.

Reasumiendo, podemos decir que si esas diversas localidades están privadas de lluvia, ello se debe principalmente a los vientos alisios que, en su marcha regular a través de los continentes, absorben constantemente nuevas cantidades de vapor a medida que se acercan a la zona de las calmas ecuatoriales i que su temperatura se eleva. No obstante, es difícil trazar el límite que separa la zona de las rejiones desprovistas de lluvia de aquellas en que la precipitacion se verifica regularmente, puesto que por doquiera que haya tierras espuestas a sequias prolongadas, los monzones forman una especie de límite desigual i cambiante con los años. Además, las planicies i grupos de montañas colocadas en medio de rejiones desiertas o relativamente secas, tales como el Jebel-Hoggar en el Sahara, el de Mavend en el norte de la Persia i el macizo de Aconcagua en nuestra cordillera, elevan sus vértices en las alturas del aire, obligando a los vientos enfiados, a cederles una parte de sus vapores arrastrados hacia la zona ecuatorial. En cuanto a ciertas localidades, como la planicie central que se extiende desde los 30 grados hacia el norte de nuestra costa, localidad situada en gran parte fuera de la zona de los alisios, su sequedad extraordinaria debe atribuirse a las montañas que la rodean i a su alejamiento del mar.

Es este el lugar de hacer notar de cuán diferente manera se suceden esos fenómenos en Europa. Allí, a la inversa de lo que pasa en nuestro continente, la atmósfera se trasporta del oeste al este, cubriendo sus costas occidentales de abundantes i benéficas lluvias. Una condición especial concurre asimismo a aumentar la cantidad de agua que cae en ese continente, i a establecer modificaciones en el nuestro: la elevada temperatura de las aguas del océano hácia el norte. Ocupémonos, pues, aunque someramente, de las corrientes marinas que provocan esos fenómenos.

Calentadas i por consiguiente ménos densas las aguas del Atlántico en el ecuador, forman una especie de anillo sobre el mismo mar; enfriadas i mas pesadas en los polos, se deprimen, i de aquí que tienda a formarse una doble corriente ecuatorial i polar. A esta acción del calor viene a agregarse la del aire que determina la dirección. Efectivamente, no se puede negar la acción de los vientos sobre el mar; son los vientos los que rizan las aguas i forman las olas que se precipitan unas tras otras;—son ellos los que aumentan o disminuyen la altura de las mareas segun concuerden o se opongan a la marcha de las aguas. Por esto, si los vientos alisios soplan hácia el norte i sur del anillo de aspiración, como converjiendo del norte i sur hácia el oeste, combinarán sus esfuerzos para arrastrar en la dirección de la América, las aguas mas calientes del Atlántico. Por eso tambien, las corrientes marinas empiezan su movimiento al sur del Cabo-Verde, con una velocidad creciente hasta el cabo San Roque.

En ese sitio, la costa americana presenta una rara configuracion: avanzando gradualmente del norte al sur, proyecta una avanzada punta hácia el oriente que naturalmente viene a dividir la corriente en dos ramas, la una que se dirige hácia el Cabo de Hornos, la otra que llaman *Gulf-stream*, i que avanza hácia el norte.

La corriente ecuatorial se dirige, cual majestuoso río, contorneando la costa americana; bifúrcase i penetra en seguida, con poca resolución por la boca oriental del estrecho de Magallanes para ir a morir en medio de las heladas corrientes que vienen del polo antártico, al sur del Cabo de Hornos, no sin haber aumentado durante su trayecto, la temperatura de las cálidas costas del Brasil, la de los vientos reinantes en esas latitudes, i la de las inhospitalarias costas de la Patagonia.

Si esto pasa en las costas orientales de nuestro continente, fenómenos mas complejos vemos producirse en el oeste. La corriente polar asciende hácia el norte ocupando una enorme estension i experimentando diversas bifurcaciones: la vemos dirigirse al oriente, paralela i con una direccion opuesta a la ecuatorial; la vemos venir con una direccion marcada del oeste a estrellarse en las quebradas costas del sur de Chile, i detenerse un instante para dividirse en seguida. Una rama con el nombre de corriente de Humboldt toma francamente la direccion de la costa occidental de nuestro continente, i refresca a su paso la ardiente costa tropical; en el ecuador vuelve notablemente sobre sus pasos i desaparece absorbida en la inmensa corriente ecuatorial. La otra rama toma hácia el sur, penetra por la boca occidental del estrecho de Magallanes i comparte esa angostura de las montañas, con la corriente ecuatorial, no insensible aun aqueude el estrecho. De aqui que las acciones de estas diversas corrientes de sentido contrario, cuya existencia es indudable, aunque no estén bien estudiadas, unidas a las grandes mareas e impetuosos vientos, hagan difíciles i asaz peligrosas las navegaciones en nuestros mares australes.

Volvamos al *Gulf-stream* que empieza por absorber las aguas del Amazonas i moderar su camino frente a las pequeñas Antillas, desde donde sube una rama ascendente, mientras que la mayor parte de la corriente se su-

merje en el golfo de Méjico siguiendo todas sus sinuosidades. Pasa en seguida frente a Nueva-Orleans, i, estrechándose entre Cuba i la Florida, franquea el paso de las Bahamas jirando bruscamente al norte. Es ahí donde es mas estrecha, mas rápida, i se asemeja a un majestuoso rio, al Missisipi o al Amazonas. Las aguas son azules como las de los lagos de las montañas, mas saladas que en el resto del océano a causa de la evaporacion que han experimentado, i, lo que es mui importante, tienen una temperatura de 20 a 30 grados que disminuye con la profundidad, pero que aun a 900 metros permanece a 20. Un fenómeno semejante aunque inverso pudo comprobar Humboldt frente a Paita, donde la diferencia de temperatura entre las aguas de la corriente ecuatorial i la polar, o corriente de Humboldt, es de 4 i 5 grados centígrados.

Sigamos todavia al *Gulf-stream* que va a unirse con la rama que habia jirado bruscamente al este de las Antillas; en seguida se esparce, disminuye de profundidad sin enfriarse mucho, dejando entre sí i la América una corriente descendente de agua fria, i alcanza la Tierra-Nueva corriendo despues hácia el oriente. Entónces modera su marcha, se esparce sobre una gran estension, se subdivide en todos sentidos, como si, habiendo llegado al término de su inmenso viaje, no tuviese otra mision, que la de distribuir su calor. Una rama penetra en el estrecho de Davis i caminando por entre mares entrecortados, se apodera de los *ice-bergs*, que arrastra en largos convoyes hácia el norte. El tronco principal contornea la Noruega i se lanza en las aguas circumpolares para mantener quizas el calor de este mar libre que baña el polo, i del cual tanto se ha hablado. En fin, vuelve por numerosas ramificaciones hácia lo largo de las costas de Francia i España, i probablemente va a sumerjirse en inaccesibles profundidades.

Los mismos fenómenos se repiten en el gran Océano: to-

davía allí una corriente parte de las costas occidentales de Méjico, cambia de dirección en la Australia, se insinúa entre las grandes islas de la India i avanza bajo la península de Málacca, hácia lo largo de las costas de China i el Japon, hasta el estrecho de Behring, donde conduce las maderas flotantes recojidas durante su camino: estas es la *Kurvo-sivo*, el río negro que al fin de su camino desciende a lo largo de las costas de California.

Con estos datos se puede comprender en qué condiciones abordan en invierno, a las costas enfriadas de la Europa, los vientos dominantes del oeste. Recalentados i húmedos a la vez por las derivaciones descendentes i por su contacto con las aguas del mar, mantienen esa temperatura húmeda que caracteriza el clima de la Islandia, de las islas británicas i sobre todo el de la verde Irlanda, esa esmeralda del Océano. Esos vientos riegan las costas de la Europa, i en los lugares donde el continente se alza en grandes montañas, el aire saturado se enfría al subir por las pendientes, vertiendo lluvias comparables a las de la zona tórrida.

Si se tienen presente los principios espuestos, si se considera la forma especial del relieve de nuestro territorio, i mas que todo, si se atiende a las observaciones que el señor Pissis ha apuntado en las exactas i nutridas páginas de su jeografía física, no será difícil comprender la dirección de los vientos i cómo se distribuye la lluvia en nuestro territorio.

Los vientos que soplan con mas frecuencia, i, que por la configuración del país, son peculiares a Chile, vienen del oeste i oscilan entre el NNO. i el SSO., variando en cada localidad segun las estaciones. Durante el verano dominan los vientos del nor-este en la zona que se estiende desde Concepcion hasta el sur de Chiloé; estos vientos son calientes i húmedos i traen casi siempre lluvias. Los alisios del sur-este no se dejan sentir en Chile, atajados, como ya se ha visto, por los Andes; de aquí

que se eleven i vayan a descender a una gran distancia de la costa. En la rejion que se estiende al norte del grado 39 los vientos dominantes son del oeste i sur-oeste.

El movimiento de la atmósfera de la zona tórrida del este hácia el oeste, viene a esplicarnos tambien el por qué a medida que va adelantando la estacion, la zona de los vientos del nor-oeste se traslada insensiblemente hácia el norte, como si siguiese al sol en su marcha hácia el hemisferio boreal. En efecto, la corriente superior o corriente ecuatorial, desciende gradualmente en nuestro hemisferio, yendo a buscar la superficie de la tierra a considerable distancia de su punto de partida.

«A fines de diciembre, dice el señor Pissis, cuando el sol ha llegado bajo el trópico, esa corriente va a tocar el suelo o la superficie de los mares bajo el grado 39, i entonces son los vientos del norte i nor-oeste los que soplan en el sur de este paralelo, es decir que empiezan poco mas o ménos a 16 grados de la zona en que el sol pasa al zenit. Esta distancia, sin permanecer constantemente la misma, solo varía de un corto número de grados; resultando de aquí que cuando el sol vuelve al hemisferio boreal, la zona de los vientos del norte debe avanzar en el mismo sentido i recorrer así un espacio de cerca de 47° que es el que salva el sol al ir de un trópico al otro.»

Por otra parte, si los alisios del sud-este no reinan en Chile, ello se debe no solamente a los Andes, sino al contacto que esos vientos experimentan con las cálidas llanuras de la Arjentina; allí haciéndose ménos densos, dan lugar a una corriente ascensional que eleva aun mas el nivel del alisio. «Para reemplazar el aire que arrastra esa corriente, como dice bien el señor Pissis, es indispensable que lleguen del oeste nuevas capas de aire.» Esto explica por qué en Chile hácia el mediodía, cuando la temperatura se ha elevado mucho, empieza a sentirse la brisa del sur-oeste que, «débil al principio, crece en intensidad hasta las tres o cuatro, para disminuir en seguida i

cesar ordinariamente instantes despues de ponerse el sol. Al chocar estos vientos contra la cordillera marítima, en parte son rechazados i siguen hácia el norte; otra parte penetrando por los valles que cortan la primera cordillera, i rechazados tambien por los primeros contrafuertes de los Andes, producen los vientos del sur, que reinan durante el verano, en la llanura longitudinal.» Esos vientos, viniendo de rejiones frias, son secos i llevan siempre el buen tiempo consigo.

«Durante la noche, desapareciendo la corriente de aspiracion, el alísio baja i vá a rozar la cresta de la cordillera de los Andes; las capas inferiores, al pasar sobre las nieves, considerablemente enfriadas por la irradiacion nocturna, pierden gran parte de su calor, se vuelven mas densas; se deslizan por los valles i producen esás ligeras brisas del este que se sienten en las noches. Este aire que se escurre como un líquido, va a ocupar las partes bajas de las llanuras, levantando las capas mas calientes que se apoyan en el suelo, i éstas, enfriándose a su vez, dejan condensar una parte del vapor de agua que contienen i producen esas neblinas que se estienden inmóviles por los valles durante las hermosas mañanas de la primavera i del otoño. En las partes donde la cordillera marítima alcanza una gran elevacion, se produce un fenómeno análogo: las capas de aire que se han enfriado en las cumbres de las montañas, descienden hasta el mar, encuentran allí un aire mas caliente i húmedo, i producen tambien, por las mañanas, las neblinas que cubren una gran parte de los costas de Chile.

«Los vientos del sur i las brisas del este contribuyen poderosamente a templar los calores del verano. En los parajes mas cercanos del trópico, aun en el mismo desierto de Atacama, siempre es fresco el viento del suroeste cuando no dista mucho de la cordillera marítima, i rara vez se eleva la temperatura a mas de 20°. Esto depende de que ántes de llegar al llano del desierto; esó

vientos han tenido que trasmontar montañas de 1400 a 1600 metros i han tomado la temperatura que corresponde a aquellas rejiones; pero a medida que rozan dichas llanuras, cubiertas de efflorescencias salinas, calentadas sin cesar por un sol abrazador, se despojan allí de su humedad i llegan secas a la base de los Andes.

«Al sur de la zona de los vientos del oeste, mas allá de los 46°, en el verano, reinan los vientos polares que soplan jeneralmente en la Tierra del Fuego i en el sur de la Patagonia; no obstante, suelen llegar a esas latitudes los vientos del nor-oeste, tan temidos por los navegantes que viniendo del oriente tienen que doblar el Cabo de Hornos.»

Mas adelante, refiriéndose el señor Pissis a las lluvias que riegan nuestro territorio, condensa sus observaciones en una exacta i concisa página. Muestra que en Chile, verificándose las leyes jenerales que rijen los fenómenos acuosos, modificados por las peculiaridades del territorio i los vientos reinantes, «las lluvias son producidas por el encuentro de los vientos polares con la corriente superior que se dirige desde el ecuador hácia el polo, que siendo mas cálida i cargada de vapores en los mares ecuatoriales, los abandona como lluvia desde el momento que se enfrían en el encuentro de los vientos polares. Como la posición de la zona de encuentro de estos dos vientos varía segun las estaciones, tambien las lluvias irán cambiando de situación. Arrojadadas al sur de Arauco desde noviembre a marzo, empiezan a adelantarse hácia el norte cuando el sol pasa por el hemisferio boreal. Las primeras lluvias caen jeneralmente en el espacio comprendido entre las provincias de Concepcion i Colchagua, i avanzan luego deteniéndose de preferencia en los ramales trasversales que cortan de trecho en trecho el valle lönjitudinal; i así como las primeras lluvias que caen en las provincias de Curicó i Cauquénés rara vez pasan mas allá de la rama de montañas que atraviesa la Angostura

de Paine i reuné las montañas de la cordillera a la de Aculeo, asimismo las primeras lluvias que caen en Santiago rara vez se estienden mas allá de Chacabuco. Cuando el sol está cerca del solsticio, esto es, durante los meses de junio i julio, es cuando son mas frecuentes las lluvias, bañando entónces no solo la parte central de Chile, sino tambien la provincia de Coquimbo. Toman én seguida una direccion inversa, retirándose mas i mas hácia el sur, hasta el mes de diciembre, para ir a establecers e en Valdivia i no pasar del grado 38. A veces causas imprevistas, locales en muchas ocasiones, o bien tormentas en la cordillera, traén lluvias abundantes durante los meses de enero i febrero en la parte central de Chile.»

Los hechos espuestos prueban que, si la lluvia se prepara a lo léjos en los mares equatoriales, son los accidentes locales los que determinan su caída, i los que ocasionan la irregularidad en su distribucion. Es una cuestion de jeografía física, casi una cuestion de catastro.

LA INFLUENCIA DE LA LUNA I LOS HURACANES:—Si no existiesen las grandes perturbaciones que ajitan la atmósfera, destruyendo la bella regularidad de las corrientes jenerales que, sin ellas, cada año deberian traer en los mismos momentos, las mismas estaciones, seria razonable estudiar la influencia que pueda tener la luna, puesto que en ese caso solo a ella se deberian las perturbaciones atmosféricas. Aunque débil, esta influencia es incontestable; nunca ha sido negada en principio, del mismo modo que nunca ha sido comprobada de hecho. (1) Quizas aun no seria absurdo averiguar tambien la accion de las materias cósmicas. Todo obra en la naturaleza: el mas leve movimiento que nosotros ejecutemos, ajita la masa entera de

(1) «L'attraction du soleil et de la lune ne produit ni dans la mer, ni dans l'atmosphère, aucun mouvement constant d'orient en occident; celui que l'on observe dans l'atmosphère entre les tropiques, sous le nom de vents alisés, a donc une autre cause.»

Laplace. Exposition du Systéme du Monde.— Chapitre XIII.

la tierra. Pero es inocente prestar la más leve atención a la luna, o a los bólidos, en presencia de las irregularidades que hemos mencionado, i sobre todo, en presencia de los accidentes frecuentes i a veces terribles, venidos de causas imperceptibles que, como las avalanchas, concluyen por verdaderos desastres: nos referimos a los huracanes, de los que nos vamos a ocupar, empezando por hacer la relacion del mas terrible de que se tenga memoria i que por eso mismo se le ha llamado el *gran huracan*.

Ese huracan del sud-este, llegó el 8 de octubre de 1780 a las pequeñas Antillas. Echó a pique la flota del almirante Rodney i arrancó los techos de todos los edificios. El 10, habia llegado a las Barbadas, i allí el almirante Hatham perdió seis bajeles. En Santa Lucia, seis mil personas fueron aplastadas por los escombros; los hombres i los animales eran levantados de la tierra i arrojados a gran distancia; el mar fué como aspirado, cayendo el agua cual jigantezas trompas, elevándose tanto que demolió el fuerte i lanzó un navío sobre un edificio derribándolo con el peso; i tanto se embraveció que arrancó i arrojó un banco de coral que formaba el fondo de la bahía. En la Martinica, el huracan encontró cincuenta buques franceses que conducian seis mil hombres de tropas, escoltados por dos fragatas; apenas si escaparon seis bajeles, los otros desaparecieron, segun el testo del parte oficial. En la Martinica perecieron nueve mil personas, mil en San Pedro, donde no quedó una sola habitación. En Port-Royal fueron destruidas la catedral, siete iglesias i mil casas; seiscientos enfermos murieron aplastados en un hospital. Continuando su camino, el huracan pasó por Puerto-Rico; el 15 de octubre alcanzó a la isla Mona, en seguida dirijiéndose hácia el nor-este, llegó a las Bermudas, i concluyó por perderse en el océano repitiendo las mismas escenas de desastre. Por do quiera que pasaba, los relámpagos no cesaban i el rayo estallaba en todas direcciones. El ruido era tal, que no se oía el caer

de los edificios, i el almirante Rodney asegura que pasó desapercibido un temblor causado por la enorme presión que experimentó el suelo. La lluvia caía horizontalmente, tan abundante que el aire se oscurecía, i tan rápida que hacia brotar la sangre al chocar. Tan pronto como terminó, los desgraciados sobrevivientes salían de los abrigos para medir la extensión de los desastres. El mar estaba cubierto de destrozos i cadáveres; la vista no acertaba a mirar sino planicies abatidas, árboles arrancados, i aquellos que resistieron quedaron despojados como en el invierno. Todo el trabajo del hombre fué destruido i el hambre vino a cebarse en aquellos que el terrible flajelo había respetado.

Sin embargo, para el hombre de ciencia, esos espantosos desórdenes de la naturaleza no son sino fenómenos de los mas sencillos i que se esplican muy bien: son simplemente remolinos de viento; se les ha llamado *ciclones* para recordar la naturaleza de su movimiento.

Los remolinos han llamado la atención tanto de los filósofos como de los sábios. Después de la importancia que les dió Descartes, se hicieron experimentos para realizarlos, lo que no era difícil. Salmon de la antigua Academia de ciencias de París se contentaba con hacer jirar la estremidad de su baston en una batea con agua, i los producía. El agua tomaba i conservaba de esa manera, durante largo tiempo, un movimiento jiratorio; su nivel bajando en el centro i subiendo en la circunferencia tomaba la forma de un embudo. Daniel Bernouilli trató esta cuestion en su hidrodinámica, cuestion de que ya se había ocupado Huyghens, i probó que la fuerza centrífuga producía una especie de vacío en el centro arrojando el agua hácia la circunferencia. En fin, todo el mundo ha tenido oportunidad de notar los remolinos que ocasionalmente se forman en el agua, proviniendo de causas diferentes, i el sentido constante que toman las aguas en su movimiento.

Lo que se verifica en la superficie de las aguas se produce tambien en los gases. Ya Séneca nos ha hablado de los remolinos que se producen cuando se chocan dos vientos contrarios, i que vemos formarse amenudo por las ráfagas de viento que elevan el polvo del suelo. Tambien las trombas marinas presentan un carácter análogo; pero, debe advertirse que van acompañadas de circunstancias especiales i poco esplicadas.

Esos diversos movimientos pueden caracterizarse así: 1.º, es menester una fuerza para empezar i continuar el movimiento; 2.º, cuando se produce, se hace un vacío parcial en el centro i la presión aumenta del centro a la circunferencia. Tratemos de investigar en primer lugar si los huracanes realizan ese movimiento rotatorio, i en seguida, cuál es esa fuerza.

El célebre profesor Dove fué el primero que reconoció en Europa que los huracanes son verdaderos ciclones. Dove, discutiendo las observaciones recojidas por Brandes en 1821, de que ya hemos hecho mencion, hizo notar que la presión barométrica en Brest, el 20 de diciembre de 1821 era menor que en todos los demas lugares donde se habian hecho observaciones, e insistió en que la presión aumentaba con la distancia i que los vientos jiraban al redor de ese centro en un sentido inverso al de las agujas de un reloj. En efecto, ese fenómeno cambió de lugar progresivamente; el centro de depresion caminaba en línea recta hácia la Suecia, sin que los vientos cesaran de jirar. Era un verdadero ciclón con todos sus caracteres, un vacío en el centro i una rotacion del aire en un sentido determinado.

Redfield, mas tarde, tuvo ocasion de comprobar experimentalmente las ideas de Dove acerca de los ciclones, estudiando concienzudamente las relaciones de los marinos i trayendo mucha luz sobre ellos, hasta que Reid, al publicar una gran obra sobre la materia, vino a señalar todas las particularidades del fenómeno de una manera profunda.

He aquí algunos de los resultados de sus investigaciones. Los ciclones del Atlántico nacen en los bordes del anillo de aspiración, i siguen en los dos hemisferios caminos simétricos i regulares. Partiendo del ecuador, por ejemplo, caminan al nor-oeste hacia las Antillas; se inclinan poco a poco al norte; después al nor-este; siguen por la costa oriental de la América i de ahí van diagonalmente a la Europa. Respecto de su formación, nada hai de bien claro, porque las descripciones de los viajeros mas tienen el carácter de una novela, que el de una seria relación.

Los ciclones abrazan al nacer una pequeña estension; pero a medida que se alejan hacia el norte, se agrandan, llegando a tomar un diámetro que varia de 60 a 500 leguas. La velocidad de progresión del centro no pasa de 10 a 15 leguas i la del viento jiratorio puede alcanzar a 50; eso basta para producir los efectos que hemos descrito, puesto que equivale a un peso de mas de 60 libras sobre cada pie cuadrado.

Se puede adquirir una idea muy clara de los fenómenos ciclónicos leyendo algunas de las relaciones de los marineros que los han experimentado. Abreviemos con este objeto, lo que dice a propósito de uno de esos ciclones; el teniente de navío Noël, comandante del *Dupleix* de la marina francesa. El huracán a que se refiere venia del sud-este i su rotacion era inversa al movimiento de las agujas de un reloj.

«El 14 de setiembre, a algunas léguas de Kinsin, una gruesa mar del sud-este i un descenso lento, pero continuado del barómetro, anunciaban la proximidad de un mal tiempo. El 15, a las dos de la mañana, el barómetro marcaba 751 milímetros, el viento soplabá en ráfagas violentas del nor-oeste; a las ocho, el barómetro indicaba 745; la mar estaba monstruosa i terrible el nor-este. No habia la menor duda de que un cyclón se dirjia hacia nosotros con una rapidez vertijinosa. El nor-este fijo,

aumentaba de fuerza a medida que descendia la columna de mercurio; esto me indicaba que estábamos sobre la línea de traslación del centro del metéoro, que se dirigia al nor-oeste, i ademas que debiamos fatalmente continuar en ese centro. A mediodia, el barómetro indicaba 730, a las tres 725; el nor-este era terrible, i el aspecto del mar espantaba. Desde las cinco i media a las siete, el barómetro bajó a 714. Estábamos sumerjidos en medio de la mas horrorosa tempestad que imaginarse pueda. En cuanto al viento, no eran ráfagas las que sentiamos, eran ruidos. Como a las seis i media, fuimos el juguete de un terrible torbellino que arrastraba todo lo que habia sobre la cubierta. Los mástiles i vergas dóblanse como si fueran débiles juncos. Era necesario asirse poderosamente para no ser arrojado al mar.

«Pocos instantes mas i nos íbamos a encontrar en el mismo centro. Atendiendo al estado del tiempo, nada podia salvar el buque de una completa destruccion. En esos momentos supremos i horrorizados, ordené dar toda fuerza a la máquina i poner la barra al viento.... Media hora despues, el viento saltaba progresivamente del nor-este al nor-oeste; habíamos dejado el centro del torbellino a nuestras espaldas. Inmediatamente empezó el barómetro a subir. A las nueve marcaba 722 milímetros, a las once 740; a las dos de la mañana todo habia terminado.»

Espongamos para concluir, la esplicacion que el señor Jamin ha dado sobre estos fenómenos. «Yo supongo, dice el señor Jamin, que nos encontramos en un paraje del hemisferio norte, i que repentinamente se precipita una gran lluvia. Como al condensarse el vapor, se produce el vacío, la presión disminuye tambien repentinamente, i las derivaciones descendentes llegarán en abundancia, produciendo como es natural, su efecto acostumbrado, es decir, haciendo jirar el viento hácia el oeste en sentido inverso al de las agujas de un reloj. Desde ese momento, las corrientes ecuatoriales i polares son arrastradas i mez-

cladas; la fuerza centrífuga agrega su efecto, i aumenta en el centro la disminucion de presion. No obstante, el torbellino no duraria, si no viniera a mantenerlo una fuerza continua; esa fuerza es la misma que lo empezó. Mezclándose los dos vientos producen la lluvia; ésta mantiene el vacío, i las derivaciones continúan afluyendo i perpetuando la rotacion de los vientos. Como las derivaciones llegan hácia el sur, es ahí donde la lluvia i los peligros son mas considerables, es el lado peligroso, mientras que el lado norte es inofensivo relativamente. Durante la acción se han mezclado dos cantidades de aire; venían, la una de la corriente superior, la otra de la corriente polar con sus propias velocidades; despues de su reunion, no conservan sino un movimiento comun que hace avanzar lentamente el fenómeno, continuando en el mismo sentido i casi por el mismo camino su desastrosa regularidad.»

En nuestro hemisferio los fenómenos deben ser perfectamente análogos; cambia quizás el camino i sentido de los vientos en el torbellino.

EL TELÉGRAFO EN LA METEOROLOGÍA.—Apesar de las esplicaciones que acerca de estos fenómenos dieron Redfield en 1831 i Dove en 1838, pasó un largo lapso de tiempo antes que la ciencia sacara de ellos todo el provecho posible.

Un acontecimiento fortuito vino a darles en 1854 toda la importancia que ellas merecian. Como se desatase en el Mar Negro una tempestad terrible, durante la guerra de Crimea, Le Verrier a instancias del mariscal Vaillant, reconstituyó, reuniendo observaciones, el fenómeno meteorológico a semejanza de lo que habia hecho Brandes en época lejana, en circunstancias análogas. Esos estudios de Le-Verrier hicieron ver a los sábios i marinos que una tempestad emplea diez dias en atravesar la Europa, i que nada seria mas sencillo que advertir su llegada a los marinos i agricultores, poniéndose así en situacion de evitar los desastres inherentes a ellas. Bajo la presion de la opinion pública, la Sociedad real de Londres propuso un

plan de organización meteorológica, i el parlamento no tardó en votar la suma de 16 mil pesos para la creación de una oficina especial; cuya dirección se encomendó al célebre almirante Fitz-Roy. Desde 1861 se puso en práctica un sistema de advertencias para anunciar en todos los puertos las probabilidades de tiempos favorables o peligrosos. El observatorio de Paris entró en esta vía mas tarde, en 1863, poniéndose en relación, por medio del telégrafo eléctrico, con 59 estaciones diseminadas en el mundo entero, que le enviaban todos los días el resumen de las observaciones hechas. Se ve que no había, pues, diferencia entre los servicios meteorológicos ingleses i franceses. Los resultados que se obtuvieron no fueron, sin embargo, de gran consideración hasta que Le-Verrier puso en práctica una idea que vino a tener una influencia extraordinaria en la meteorología: consistía ésta, en consignar en una carta jeográfica, por medio de signos convenientes, las observaciones de las 8 de la mañana, de manera que esta carta reasumiese en un cuadro sinóptico el estado de la Europa entera a la hora indicada, —de la misma manera como se veía ese continente, si se le pudiera mirar desde lo alto de los espacios celestes.—Esas cartas se publicaban diariamente, i no pasó largo tiempo sin que permitieran al encargado de ellas, señor Marié-Davy, hacer un descubrimiento capital. Hoy ese servicio está a cargo del notable profesor Mascart.

Las marinas de los diferentes países vinieron en seguida a aumentar la importancia de estos estudios. Las observaciones que diariamente se hacen en los buques a horas que corresponden a una hora fija de Paris o Washington, permiten ir reconstituyendo i publicando el resumen de los diversos fenómenos meteorológicos que han ajetado el mundo durante los años anteriores.

Pero esto no bastaba a la ciencia. Las tempestades i aun los fenómenos acuócos simplemente, son hechos locales i que localmente debían estudiarse. De aquí la crea-

ción en Europa i Estados Unidos de los observatorios departamentales, cantonales, en fin; el tratar de aprovechar las observaciones que los hombres de buena voluntad quieran ejecutar en el mayor número posible de estaciones, para así reconstruir, ya sea los grandes movimientos que abrazan la tierra entera, ya los pequeños meteos que importan a sólo un país.

Al mirar por primera vez las cartas que hacen ver el resumen de esos documentos, sorprende la innumerable variedad de hechos que se producen, en el mismo instante, sobre los diferentes puntos de la tierra, haciendo el efecto como de evoluciones locales de la atmósfera. Para relacionar los diversos datos obtenidos en un día dado, Marié-Davy empieza por buscar los parajes en los cuales la presión es de 760 milímetros. Los reúne en la carta por medio de una línea curva e irregular que, de esta manera, hace ver los lugares en que la atmósfera tiene la misma altura. En seguida, uniéndolo por medio de líneas los parajes en que la presión varia de 765 a 770 milímetros, i aquellos en que la presión disminuye a 755 i 750 etc., es evidente que se habrá dividido la atmósfera en fajas del mismo nivel, que permiten conocer la situación de las planicies elevadas, de las mayores pendientes i de los valles profundos.

Marié-Davy notó, estudiando atentamente estos fenómenos, que en el hemisferio norte siempre habia una localidad en que la presión era un mínimo, como en el centro de los ciclones. Observó asimismo que la dirección de los vientos al rededor de esta depresión era variable, pero que jiraban según circunferencias concéntricas i en sentido opuesto al de las agujas de un reloj. Esos vientos eran débiles i secos en el lado norte, intensos i húmedos en el lado sur. Pero estos fenómenos no eran persistentes en una localidad; se trasportaban sin embargo, sin cambiar, con una velocidad de 10 a 15 leguas por hora; continuando regularmente hasta perderse por el extremo oriente.

Los mismos fenómenos se reproducen en Europa invariablemente desde 1863 en que se empezó a observarlos. No es poco, pues, el haber averiguado de dónde vienen i cuál es la marcha de estas tempestades, de las cuales dependen el buen o mal tiempo en un continente. Este es el descubrimiento de Marié-Davy, i tal ha sido la consecuencia del sistema de observaciones simultáneas i de las cartas sinópticas.

Tal es también el servicio meteorológico que hemos solicitado en diversas ocasiones para nuestro país, aunque sea de una manera la más elemental, convencidos de que los principios son los difíciles. En el tercer capítulo de estas instrucciones haremos ver cómo podrían concurrir a hacerla hacedera i útil, nuestra progresista marina i los abundantes medios materiales de que ya disponemos, sin que su planteación exija grandes desembolsos, i muy al contrario, pequeñísimos comparados con los resultados que se pueden obtener.

Otra ventaja, i para concluir, que se ha obtenido de este servicio meteorológico en Europa i Estados Unidos, es la posibilidad de prevenir a los marinos en los puertos. En Europa, por ejemplo, cuando se vé que se acerca un centro de depresión hacia el oeste de la Inglaterra i que los vientos jiran al rededor de ese punto, segun el sentido ordinario, se puede tener la seguridad de que se acerca un ciclón. Si baja poco el barómetro i los vientos son moderados, es una borrasca inofensiva; pero si el descenso de la columna mercurial i los vientos pasan del límite ordinario, es señal de que llega una tempestad. La forma de las curvas barométricas muestra con claridad la dirección probable, i con gran certidumbre se pueden anunciar, ya sea al Báltico, ya a las costas del Océano, ya a los puertos del Mediterráneo, los peligros probables. No es menester insistir ya en los servicios prestados por la meteorología i sobre todo en la importancia de la prevision del tiempo.

CONCLUSIÓN.—Terminaremos, como el señor Jamín lo hace, suponiendo a un observador elevado en un globo, mas allá de los límites de la atmósfera i pudiendo observar en cada instante los grandes movimientos i grandes accidentes del aire. Si pudiese palpar, por decirlo así, la formación i condensación de los vapores, vería cómo los alisios refrescan los mares de la zona tórrida i hacen allí abundante provision de calor i vapor; vería también a la tierra envuelta como Saturno en vaporoso anillo, esa zona de las calmas ecuatoriales, que riega los parajes de la zona tórrida i es origen de las dos grandes corrientes opuestas que, en los últimos confines del aire, se lanzan hácia los dos polos, mientras que de esos polos parten a su vez, opuestas corrientes; vería que el movimiento terrestre viene a turbar el equilibrio del aire, i las derivaciones descendentes a restablecerlo i trasportar hácia las localidades templadas el calor i el agua que habían tomado a la zona alisía. En fin, los ciclones o borrascas partirían del ecuador a los polos describiendo curvas perfectamente regulares i sucediéndose sin cesar. Si observa con una escrupulosa atención, verá, es verdad, que la distribución del agua que ellos arrastran no siempre es absolutamente igual en una mismo paraje; pero no verá en esas irregularidades sino un medio de restablecer una exacta compensación entre las diversas localidades por medio de un mecanismo bastante perfecto para corregir esos excesos i reparar esos accidentes. Pero los habitantes de la tierra no mirarán los fenómenos como aquel que los contempla a la distancia. El hombre es una criatura débil, que siente hambre i sed i que hace depender su miseria o bienestar de las variaciones atmosféricas. Si llueve, se queja de frío; si el sol envía sus rayos, se queja de calor. Si es húmedo el verano, los frutos de la tierra se pierden i la vendimia desaparece. El menor accidente natural, una tempestad, un ciclón, pueden llegar a ser calamidades públicas. Apesar nuestro, las leyes inmutables del mun-

do, indiferentes a nuestras necesidades, continúan su obra eterna i regular.

## II.

**Descripcion de los principales instrumentos empleados en la Meteorología, i reglas prácticas relativas a la manera de ejecutar las observaciones.**

### DISPOSICIONES JENERALES.

*Eleccion del lugar de observacion.*—Las observaciones meteorológicas exigen cuidado i sobre todo mucha exactitud i perseverancia. Es imposible llenar las lagunas en las observaciones, i el valor de una serie depende principalmente de su duracion i de su continuidad. Esas dos condiciones son igualmente importantes, no solo bajo el punto de vista especial del estudio de los climas, sino tambien de la meteorología jeneral. En efecto, es probable que de la comparacion de largas series de observaciones se podrán deducir las leyes de los grandes movimientos de la atmósfera. Toda persona deseosa de proporcionar a la meteorología resultados realmente útiles, debe proceder con la mayor exactitud i tomar sus precauciones para que jamás haya lagunas en las observaciones. Si alguna vez hubiese interrupciones, mas valdria dejarlas subsistir en los registros, que tratar de representar los fenómenos que no han sido observados en el instante requerido, con cálculos aproximados. Los números consignados en los registros siempre deben ser el resultado de una observacion directa, ejecutada a la hora misma bajo la cual se inscriba.

Independientemente, de los conocimientos i asiduidad del observador, las observaciones podrán ser mas o ménos buenas, segun las condiciones exteriores en que hayan sido ejecutadas. Casi todas las instalaciones son buenas para los barómetros, con tal que se les coloque en parajes donde la temperatura no varíe muy rápidamente. Pero

no sucede lo mismo con los otros instrumentos. A propósito de la naturaleza de cada observacion se encontrará indicado en estas Instrucciones el detalle de las condiciones mas ventajosas; pero será útil, no obstante, dar ciertas indicaciones jenerales a ese respecto.

Las observaciones ejecutadas en el centro de las grandes ciudades nunca serán la fiel espresion de los verdaderos caracteres de la rejion que se quiera estudiar. La presencia de una gran cantidad de edificios mantenidos a una temperatura artificial, diferente de la del exterior, trae consigo anomalías que pueden ser considerables. Así, las temperaturas consignadas en el observatorio de Santiago dan para la média anual de esta ciudad, la cifra  $12^{\circ}7$ , mientras que las observaciones ejecutadas en el interior de la misma, por el señor Pissis, permiten asegurar que esta média es realmente de  $16^{\circ}2$ .

Si, en vez de considerar las temperaturas medias, se hace el exámen de las observaciones aisladas, se pueden comprobar aun mayores diferencias.

Análogos resultados podrian obtenerse respecto a la humedad, el viento, la lluvia, etc. Por consiguiente, deberá buscarse para hacer las observaciones un paraje en el cual esas causas de error sean las mas reducidas.

Pronto volveremos a esta cuestion a propósito de cada instrumento, indicando las condiciones en que deba instalarse para que los resultados tengan toda la exactitud necesaria.

### *Clasificacion de los observatorios*

Los observatorios o estaciones meteorológicas se clasifican en Europa i Estados Unidos, considerándolos bajo diferentes puntos de vista.

1.º *Observatorios con la série completa de instrumentos de lectura directa e inscriptores.*—Esos observatorios están colocados en la proximidad de los centros científicos;

como el de Santiago entre nosotros, i en ellos se centralizan las observaciones de una rejion entera. Bajo el punto de vista de la prevision del tiempo, son esos observatorios los que interpretan los partes cuotidianos que se les envian de todos los puntos de una rejion.

2.º *Estaciones de primer i segundo ordenes.*—Esas estaciones poseen a lo ménos un barómetro de mercurio, termómetros de máxima i de mínima, un sicrómetro, un pluviómetro, una veleta i un aparato que permita medir la velocidad o la fuerza del viento. A esas observaciones deberán agregarse las del estado del cielo i las tempestades. Las estaciones de primer i segundo ordenes difieren sobre todo en el número de sus observaciones cuotidianas i en los instrumentos más perfectos o más numerosos que esas estaciones puedan poseer, fuera de los que se han enumerado i que son estrictamente necesarios para los fenómenos más importantes.

3.º *Estaciones de tercer orden.*—Poseen a lo ménos termómetros de máxima i de mínima i un pluviómetro. Esas estaciones están además encargadas de tomar nota de la direccion i fuerza del viento, del estado del cielo, de las tempestades i de todos los fenómenos accidentales cuya observacion no exige instrumento alguno especial.

4.º *Las estaciones de cuarto orden* están encargadas especialmente del estudio de la lluvia i de las tempestades, o de estas últimas solamente cuando no cuentan con un pluviómetro. Su número debe ser tan grande como se pueda, puesto que de su número depende sobre todo el valor de los datos que están llamadas a proporcionar.

*Horas de observacion.*—En los observatorios de primer orden, como el de Santiago en nuestro país, deben ejecutarse, siempre que sea posible, observaciones horarias i trihorarias, ya sea a las 6 i 9 horas de la mañana, mediodia, 3, 6, 9 horas de la tarde i media noche, o ya a las 4, 7, 10 horas de la mañana, 1, 4, 7 i 10 horas de la tarde, segun se adopte una u otra de esas series. Por otra parte,

la elección de las horas no tiene sino una importancia secundaria cuando las observaciones se ejecutan cada tres horas.

Apesar de que los trabajos que se ejecutan actualmente en el observatorio de la capital son especialmente meteorológicos, según entendemos, talvez seria mucho exigir las observaciones continuas trihorarias, pudiendo quedar reducidas a las que se hacen en la actualidad, recomendadas por el señor Domeyko en sus excelentes Instrucciones meteorológicas.

Cuando no sea posible hacer sino tres observaciones por día, lo que sucederá en casi todas nuestras estaciones meteorológicas, se deberá elejir de preferencia las siguientes horas: las 6 de la mañana, 1 i 9 de la tarde, cuyo conjunto permite obtener muy bien en nuestros climas, las medias tan cercanas cuanto sea posible a las que darían las observaciones ejecutadas de hora en hora. A falta de la observacion de las 6 de la mañana, se la podría reemplazar con una hecha a las 7; pero la primera será preferible.

Estas horas, en verdad, serian *el desideratum*; pero como dice muy bien el señor Domeyko, «de la jeneralidad de los observadores no se debe exigir sino lo posible i, si se exige demasiado, llenarán los registros meteorológicos con datos inexactos o mal observados.» Por esto es necesario buscar horas muy cómodas i con tanta mas razon cuanto que haciéndolo, se puede servir a los trabajos de meteorología jeneral que mediante la accion combinada de la Francia i los Estados Unidos ha tomado en estos años inmenso desarrollo.

En efecto, a instancias de los Estados Unidos, se ha organizado últimamente en el mundo entero un servicio de observaciones simultáneas, ejecutadas en el mismo instante físico i que son del mayor interés para el estudio de los movimientos jenerales de la atmósfera. Estas observaciones tienen lugar desde 1874 a las 7<sup>h</sup> 35<sup>m</sup> de la

mañana, tiempo medio de Washington, que corresponde a las 12<sup>h</sup> 53<sup>m</sup> de la tarde, tiempo medio de Paris, i a las 8 de la mañana del de Santiago. La oficina central meteorológica de Francia ha propuesto agregar una segunda observacion simultánea, ejecutada a las 6<sup>h</sup> 53<sup>m</sup> de la tarde, tiempo medio de Paris, hora correspondiente a la 1<sup>h</sup> 35<sup>m</sup> de la tarde en Washington i a las 2<sup>h</sup> de la tarde en Santiago.

Así es que la meteorología chilena consultaría no solo el buen estudio de la climatología de nuestro país, sino tambien el fomento de la ciencia en jeneral, adoptando las siguientes horas que nos atrevemos a recomendar: *las 8 de la mañana, i las 2 i 9 de la tarde*, sin contar las horarias i trihorarias, que se ejecutarán dos veces al mes, por lo ménos.

Las estaciones que no puedan ejecutar sino dos observaciones por dia elejirán las de las 8 de la mañana i 8 de la tarde, o 9 de la mañana i 9 de la tarde; pero será necesario agregarles las observaciones de máxima i mínima de la temperatura.

En fin, si los pocos recursos de la estacion no permitieren hacer mas de una observacion por dia, se anotarán, ya sea a las 8 de la mañana, ya sea a la 1 de la tarde, las indicaciones del barómetro, del termómetro i del pluviómetro, agregando la observacion del estado del cielo, del viento, de las temperaturas estremas, como tambien observaciones sobre los fenómenos notables ocurridos en las veinticuatro horas precedentes.

Todas estas observaciones serán ejecutadas segun el *tiempo local*.

#### OBSERVACION DEL BAROMETRO.

Se hace uso en la actualidad del barómetro de cubeta móvil de Fortin, del barómetro de cubeta estendida de Tonnelot, o del barómetro de escala compensada.

*Barómetro de Fortin.*

*Colocacion.*—El instrumento debe ser colocado a inmediaciones de un patio, en una pieza sin fuego i al abrigo de los rayos del sol; se le colgará por el anillo superior, de modo que tome por sí mismo la direccion de la vertical. Se le puede fijar en esta posicion i para el efecto, acompaña al barómetro una plancheta provista en su estremidad superior de un gancho metálico. (fig. 1) des-

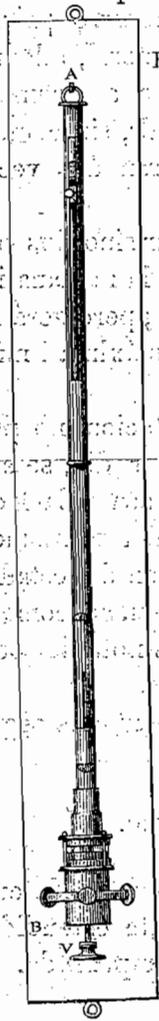


Fig. 1.

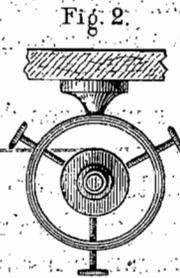


Fig. 2.

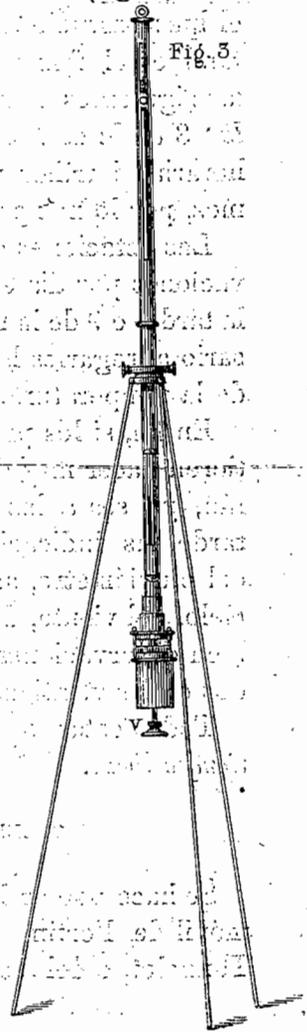


Fig. 3.

tinado a sostener el instrumento, i, en su estremidad inferior, de un anillo *B* i tres tornillos. Se fija la plancheta a un muro en una posicion tal, que suspendido libremente el barómetro en el gancho, el eje de su cubeta pase por el centro del anillo. En seguida se arregla la cubeta entre los tornillos (fig. 2), que no deben apretarse, a fin de tener la seguridad de que el instrumento permanece vertical.

En la fig. 1 se vé el barómetro tal cual debe quedar; la fig. 3 representa el mismo instrumento sostenido en un soporte sistema Cardan i un trípode, para observaciones en viajes.

*Modo de observar.*—Se empieza por leer la temperatura del termómetro anexo al instrumento, en seguida se mueve el tornillo *V* colocado bajo el depósito hasta que el nivel del mercurio en la cubeta toque exactamente la estremidad inferior de la punta de marfil.

Cuando el mercurio de la cubeta está muy bajo, colocando el ojo hacia la altura de la punta, del lado opuesto a la luz, se percibe una claridad entre la punta i su imagen reflejada sobre el mercurio. Cuando el mercurio, por el contrario, está muy alto, los objetos rectilíneos reflejados en la superficie del metal, se deforman en la cercanía de la punta. Por eso se coloca detras de la cubeta una hoja de papel blanco, en la cual se traza una línea negra vertical. Entonces se percibe, al derredor de la punta, una pequeña depresion oscura, que desaparece en el momento en que el mercurio queda a la altura conveniente.

Obtenida la coincidencia, se da al instrumento algunos choques suaves con el dedo para vencer la adherencia del mercurio al vidrio i hacer que la capilaridad tenga su valor normal en el tubo barométrico. Esta operación no cambia de una manera apreciable la coincidencia del mercurio en la cubeta, de lo que conviene asegurarse.

Muévese en seguida la correderita de la escala del barómetro hasta que, colocado el ojo en el plano de los dos

bordes superiores de la doble ventana de la corredera, cese de percibirse claridad entre esos bordes i el menisco redondeado del mercurio; la corredera no debe cortar ese menisco, solo debe ser tanjente. Para facilitar esta operacion, se alumbra por detras la columna de mercurio, ya sea valiéndose de un espejito que lleva la plancheta del instrumento i que refleje la imájen de una ventana, ya sea sencillamente por medio de una hoja de papel blanco que se sujeta en la plancheta del barómetro. El nuñez de la corredera dá a conocer la altura del mercurio en milímetros i fracciones de milímetro; jeneralmente lleva el nuñez diez divisiones, cuya lonjitud total es de 9 milímetros exactos, i aproxima décimos de milímetro.

Por lo comun las divisiones del nuñez están colocadas sobre el borde superior de la ventana de la correderita, i la division que lleva el n.º 0 se encuentra en la prolongacion de ese borde: *siempre es necesario referirse a esa division*. La altura del barómetro en número redondo es dada por la division de la escala que se encuentra inmediatamente bajo la division del nuñez que acabamos de mencionar. Las divisiones del nuñez están numeradas de abajo hácia arriba, i el número de décimos de milímetro que debe agregarse es dado por el número de la division del nuñez que coincide con una de las divisiones del tubo.

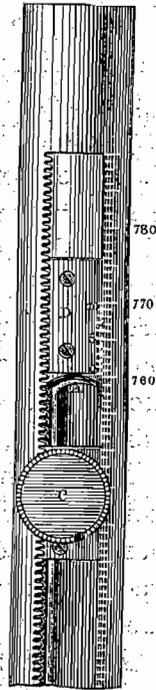
Si dos divisiones consecutivas del nuñez pareciesen coincidir con las divisiones de la escala, se tomaria la rraccion indicada por la menor division, i se agregaria  $0^{\text{mm}},95$  al número observado. En las condiciones que representa la *fig. 4*, por ejemplo, la altura barométrica se fia  $760^{\text{mm}},75$ .

En algunos barómetros antiguos, las divisiones del nuñez podrán encontrarse bajo el borde superior de la ventana de la corredera; la division trazada sobre la prolongacion de ese borde lleva entónces el núm. 10. El número entero de milímetros de la altura barométrica es da-

do, aquí también, por la división de la escala que está inmediatamente debajo de la del nuñez colocado enfrente del borde de la ventana. El número de décimos se apreciará de la misma manera que en el precedente caso, pero teniendo cuidado de contar las divisiones del nuñez partiendo de la que lleva el núm. 10.

En fin, podrá suceder que el nuñez esté dividido en 20 o 25 partes, siendo su longitud total de 19 o 24 milímetros; en esos casos, el número de la división del nuñez en coincidencia con una división de la escala da el número de vijésimas o vijésimas quinta-avas partes de milímetro que deben agregarse al número entero, indicado como en el caso precedente. En seguida no hai sino multiplicar ese número por 5 o por 4 para tener la fracción en centésimos de milímetro.

Fig. 4.



*Comparacion del instrumento.*—No hai barómetro que no tenga un error constante de una pequeña fracción de milímetro. Eso depende de que el cero de las divisiones de la escala no coincide exactamente, en jeneral, con la estremidad inferior de la punta de marfil, i también de la capilaridad que produce una depresion del mercurio en los tubos cuyo diámetro no alcanza a 2 ó 3 centímetros. Se determina este doble error por comparacion; comparacion que podria hacerse en Santiago, valiéndose del barómetro normal de Regnault del laboratorio de física de la Universidad. La comparacion podria inscribirse en un registro bajo el número del barómetro i marcar la correccion en la cubeta del mismo barómetro.

*Barómetro de cubeta estendida.*

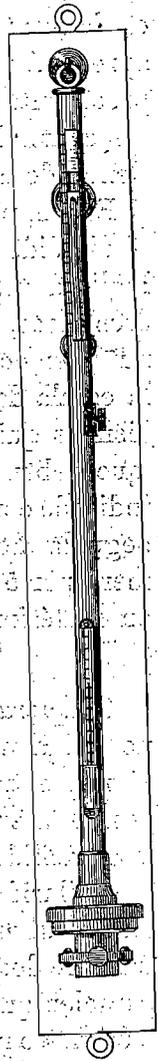
El barómetro de cubeta estendida (fig. 5) ha sido construido por Mr. Tonnelot, según las indicaciones de Mr. Renou, con el fin de suprimir la parte más difícil en la observación del barómetro de Fortin: la coincidencia de la punta de marfil con el mercurio. Esta última operación es incómoda, sobre todo, en los barómetros un poco antiguos, cuando la superficie del mercurio en la cubeta se ha puesto opaca por la acción del aire:

En ese nuevo barómetro no es constante el nivel del mercurio en la cubeta; pero, como ésta tiene un diámetro diez veces mayor que el tubo, la variación del mercurio es cien veces menor.

*Instalación.*—Debe sacarse este barómetro de su estuche, con precaución i suspenderle por el anillo superior a un sólido gancho, fijo en un muro. Es inútil fijar la cubeta con tornillos de presión, como en el barómetro de Fortin; al contrario, se dejará que el instrumento cuelgue libremente, lo que garantizará que siempre permanece en la vertical. Solamente conviene, cuando se instale el barómetro, disponer al derredor de la cubeta una pequeña plancheta que la proteja los choques, sin que por eso la toque. Debe colocarse el instrumento en una pieza bien alumbrada, cerca de una ventana i sin que lo hieran los rayos solares; será conveniente elegir una pieza en la cual varíe poco la temperatura.

Una vez colocado el barómetro suspendido de esta ma-

Fig. 5.



nera, se desatornillará la tapa cilíndrica que está colocada hácia la parte inferior de la ancha cubeta, quedando así a descubierto la cabeza de un grueso tornillo que sostiene el fondo movable de la cubeta. Se desatornillará este tornillo hasta que se sienta un impedimento en el movimiento; en ese momento, el fondo de la cubeta no reposa sobre el tornillo, sino en las partes fijas del aparato; se le dejará en esta posición, i, sin volver a tocar el tornillo, se volverá a cubrirlo con su tapa. Si en ese momento, por una adherencia al vidrio, no descendiese por sí solo el mercurio en el tubo, se le dá en el instante unos golpecitos con el dedo, i el aparato quedará listo.

*Observacion.*—La observacion se hace de la misma manera que en el barómetro de Fortin. Se empieza por observar el termómetro adjunto al instrumento, i se anota su indicacion; en seguida se dá al tubo algunos golpecitos para que la superficie del mercurio tome su verdadera forma convexa. Entónces, haciendo jirar el botón colocado en la medianía del tubo, se hace mover el núñez de modo que, mirando en el plano que pasa por sus bordes anterior i posterior, aparezca como tocando el menisco de la columna de mercurio, *sin que la corte*. Deberá tenerse cuidado de colocar una hoja de papel blanco vivamente iluminado, detrás del instrumento, para que sobre ella se destaque en sombra el mercurio, lo que facilitará la observacion. Tambien a veces la plancheta del instrumento, lleva un espejo, como se ve en la *fig. 5*, i que permite iluminar el mercurio por detrás, reflejando la luz de una ventana. Cuando el núñez está bien colocado, se se vé, como en la *fig. 4*, tocar exactamente el menisco del mercurio en medio del tubo, a la par que pasa un poco de luz sobre los bordes, entre el núñez i el mercurio.

La lectura se hace como en el barómetro de Fortin. Nos referimos, pues, a lo que ya se ha dicho a ese respecto; solamente, cómo todos los barómetros de cubeta estendida son de idéntica construcción, no habrá nunca incerti-

dumbres. El cero del nuñez siempre está sobre el borde inferior, borde que se pone en contacto aparente con el mercurio, siendo la division de la escala situada bajo el cero, la que da el número entero de milímetros correspondientes a la altura barométrica. El número de décimos que deben agregarse está indicado por el número de la raya del nuñez que se encuentra en la prolongacion de una de las divisiones de la escala; por último, en el caso en que dos divisiones consecutivas del nuñez estuviesen colocadas entre dos rayas de la escala, se tomaría para la cifras de los décimos el número de la division mas baja, agregándole  $0^{\text{mm}}, 05$ .

De esta manera se obtiene un número que representa en milímetros i décimos, la altura aparente del mercurio en el tubo, pero es menester corregir esta altura de la variacion de nivel en la cubeta; en lugar de agregar un número constante, como en el barómetro de Fortin, se procederá de la manera siguiente:

El barómetro debe estar acorde con un barómetro normal para una cierta presion i que se debe advertir al enviar el barómetro a su destino. Si el barómetro pasa esa altura, el mercurio baja en la cubeta, siendo menester agregar al número leído, la centésima parte de la diferencia entre la altura observada i aquella en que el barómetro concuerda con el barómetro normal. Si, por el contrario, el barómetro baja, será necesario restarle la centésima parte de esa diferencia.

Supongamos, por ejemplo, que el barómetro de la estacion concuerda con el barómetro normal a la presion de  $752^{\text{mm}}$  i que se haya leído una altura aparente de  $761^{\text{mm}}, 3$ ; siendo la diferencia de  $+9^{\text{mm}}, 3$  [ $761^{\text{mm}}, 3 - 752$ ], será necesario agregar  $0^{\text{mm}}, 093$  a la altura aparente, de donde se obtiene  $761^{\text{mm}}, 39$  para la altura corregida. Si, por el contrario, se hubiese observado una altura aparente de  $745^{\text{mm}}, 4$ , siendo la diferencia  $-6, 6$  [ $752 - 745, 4$ ], será necesario restar a la lectura la cantidad  $0^{\text{mm}}, 066$ , resultando una altura corregida igual a  $745^{\text{mm}}, 33$ .

En lugar de hacer ese cálculo en cada observacion, será mas cómodo construir una tabla que de a primera vista las alturas correjidas, de milímetro en milímetro. Esta tabla se calculará, como se acaba de esponer, para todas las alturas a que llega el barómetro ordinariamente en la estacion que se considera.

*Ejemplo de una tabla de correccion para un barómetro de cubeta estendida.*

*Altura de concordancia del barómetro: 752<sup>mm</sup>.*

ALTURA.		ALTURA.		ALTURA.	
Observada.	Correjida.	Observada.	Correjida.	Observada.	Correjida.
770	770,18	760	760,08	750	749,98
69	69,17	59	59,07	49	48,97
68	68,16	58	58,06	48	47,96
67	67,15	57	57,05	47	46,95
66	66,14	56	56,04	46	45,94
65	65,13	55	55,03	45	44,93
64	64,12	54	54,02	44	43,92
63	63,11	53	53,01	43	42,91
62	62,10	52	52,00	42	41,90
61	61,09	51	50,99	41	40,89

Para hacer uso de esta tabla bastará, en todos los casos, buscar la altura correjida que corresponda al número entero de milímetros de la altura observada, i agregar el número de décimos de esta última. Asi, por ejemplo, la altura correjida, correspondiente a una altura observada de 757<sup>mm</sup>,4, será  $757,05 + 0,4 = 757,45$ .

Una vez hecha esta reduccion, será necesario efectuar la correccion de la temperatura de que nos ocuparemos mas adelante.

*Barómetro de escala compensada.*

En vez de colocar sobre el barómetro de cubeta una

escala ordinaria dividida en milímetros, lo que obliga a emplear una tabla de reduccion, se puede dar a las divisiones una longitud un poco mas pequeña, i determinarla por el cálculo o experimentalmente, de manera que se compensen las variaciones de nivel en el mercurio de la cubeta. Si ésta tiene un diámetro diez veces mayor que el del tubo, bastará que cada una de las divisiones sea igual a  $\frac{100}{101}$  de milímetro. En efecto, sea,

$H + \alpha$  la presion verdadera cuando llega el mercurio en el tubo a la division  $H$ . Supongamos que suba el mercurio  $n$  divisiones en el tubo, habrá bajado a la vez  $\frac{n}{100}$  en la cubeta, i la presion habrá aumentado, en milímetros,

$\left(n + \frac{n}{100}\right) \cdot \frac{100}{101} = n$ . La correccion que debe hacerse a

este barómetro consistirá únicamente en la adición de un término constante  $\alpha$ , de la misma manera que en el barómetro de Fortin.

Por otra parte, es evidente, que se podrá dar en esos barómetros, las dimensiones que se quiera al tubo i a la cubeta. Siempre será fácil calcular para cada caso particular, la longitud de las divisiones de la escala.

#### Correcciones.

Ejecutada la lectura en un barómetro, ya sea de Fortin, de escala compensada o de cubeta estendida, será necesario, en primer lugar, hacer lo que se llama la correccion del cero de la escala. Ya sabemos como se hace esta correccion. Las demas correcciones se ejecutan de la misma manera para uno u otro barómetro.

*Reduccion a cero.* — Correjida la lectura del error inherente al cero de la escala debe hacerse otra correccion para la temperatura. Se hace uso de la tabla anexa I (Capítulo IV).

Descendiendo por la primera columna de la izquierda,

hasta la cifra de la temperatura que se ha observado en el termómetro adjunto al barómetro, se sigue la línea horizontal a la cual se ha llegado, hasta la columna vertical, cuya cifra de encabezamiento sea la que mas se acerque a la altura corregida del barómetro. La cifra que se obtenga será *restada* de la altura si la temperatura del barómetro es *superior a cero*; le será *agregada*, al contrario, si la temperatura es *inferior a cero*.

## EJEMPLOS:

## 1.º Temperatura superior a cero:

Barómetro, altura corregida del error del instrumento.	mm. 759,45
Temperatura del barómetro: + 15º, 4.	
Correccion .....	-1,80
Barómetro, altura reducida a cero.....	757,65

## 2.º Temperatura inferior a cero:

Barómetro, altura corregida del error del instrumento.	758,70
Temperatura del barómetro: - 9º, 2.	
Correccion.....	+1,13
Barómetro, altura reducida a cero.....	759,83

*Reduccion al nivel del mar.*—Jeneralmente, cuando se hace la discusion de las observaciones barométricas, es necesario tomar en cuenta la altura de la cubeta del barómetro sobre el nivel del mar. Por eso, convendria consignar en los registros la altitud de la estación; altitud dada a conocer para la mayor parte de las localidades de nuestro territorio, por el señor A. Pissis en su jeografia fisica de Chile.

Sobre todo, cuando se trata de observaciones simultáneas, que nos ocuparán en el Capítulo III, es indispensable reducir las alturas barométricas al nivel del mar.

Para efectuar esta reduccion, es menester recordar que la altura barométrica disminuye a medida que nos elevamos; asi por ejemplo, para pequeñas variaciones de nivel, se puede comprobar que el mercurio baja próxi-

mamente 1 milímetro, por un aumento de 10 metros de altitud. Para alturas considerables, no basta esta aproximación; puede calcularse entónces el descenso del barómetro valiéndose de la siguiente fórmula:

Sea  $X$  la diferencia de nivel espresada en metros, entre dos puntos  $A$  i  $B$  situados casi a la misma latitud  $\lambda$ . Supongamos el punto  $A$  ménos elevado que el punto  $B$ .

Sean

$H_a$  la altura barométrica en  $A$  reducida a cero;

$H_b$  la altura barométrica en  $B$  reducida a cero;

$T_a$  la temperatura del aire en  $A$ ;

$T_b$  la temperatura del aire en  $B$ .

En el caso que se considera se tendrá, con una aproximación suficiente,

$$X = 18336 \log \frac{H_a}{H_b} (1 + 0,00265 \cos 2\lambda) \left[ 1 + \frac{2(T_a + T_b)}{1000} \right] \times \left( 1 + \frac{X + 15926}{6366198} \right),$$

fórmula que permite calcular cualquiera de las cinco cantidades, cuando se conocen las otras cuatro.

En el caso actual tenemos que reducir una altura barométrica tomada en el punto  $B$  a la que se habria observado en el mismo instante en el punto  $A$  situado en la misma vertical, pero al nivel del mar. En ese caso se conocen

$X$  = altitud del lugar de observacion;

$\lambda$  = latitud del lugar;

$T_b$  = la temperatura del aire en el punto  $B$ ;

$H_b$  = la altura barométrica observada en  $B$ .

Por otra parte se sabe que  $T_a = T_b + 1^\circ \frac{X}{180}$ , admitiendo que disminuya la temperatura, término medio, 1 grado para una elevacion de 180 metros.

La fórmula da entónces  $\log \frac{H_a}{H_b} = \log H_a - \log H_b$ ,

i, como  $\log Hb$  es conocido, se tendrá  $\log Ha$ , por consiguiente  $Ha$ , que es la altura reducida al nivel del mar.

Con el objeto de hacer rápidamente esta reduccion, es útil preparar de antemano, para cada estacion, una tabla que de, para cada altura barométrica i cada temperatura, la correccion necesaria.

Se puede inscribir con ese objeto sobre una misma línea horizontal las *alturas barométricas reducidas a cero*, i en la primera columna vertical a la izquierda las *temperaturas del aire exterior*. En seguida se coloca, en el punto de encuentro de las dos columnas, la correspondiente correccion. Esta correccion siempre es *aditiva*.

Supongamos una estacion que esté situada a la latitud de 48 grados i a 100 metros de altitud. Se tendrá

$$1 + 0,00265 \cos 2\lambda = 0,999723,$$

$$1 + \frac{X+15926}{6366198} = 1,002517.$$

La fórmula barométrica se transforma en

$$100 = 18336 \times 0,999723 \times 1,002517 \times \left(1 + 2 \frac{Ta + Tb}{1000}\right) \times \log \frac{Ha}{Hb}$$

o lo que es lo mismo

$$\log Ha = \log Hb + \frac{0,0054414}{1 + 2 \frac{Ta + Tb}{1000}}$$

Admitiendo una disminucion media de 1 grado de temperatura por cada 180 metros de altitud, se tendria

$$Ta = Tb + \frac{100}{180} = Tb + 0,56;$$

en este caso el término  $1 + 2 \frac{Ta + Tb}{1000}$  se trasforma en

$$1,0011 + \frac{4Tb}{1000}$$

La fórmula definitiva, para el cálculo de  $H_a$ , tomará la forma de

$$\log H_a = \log Hb + \frac{0,0054414}{\frac{4 T_b}{1000} + 1,0011}$$

cuyo valor nos será dado por la siguiente tabla de corrección:

*Cantidad que debe agregarse a la altura del barómetro reducido a cero para corregirla de la altitud.*

TEMPERATURA ESTERIOR.	PRESION MEDIDA. (Se supone la estacion á 100 metros).					
	mm. 770	mm. 760	mm. 750	mm. 740	mm. 730	mm. 720
-10°	mm. 10.1	mm. 10.0	mm. 9.8	mm. 9.7	mm. 9.6	mm. 9.4
- 5	9.9	9.8	9.6	9.5	9.4	9.2
0	9.7	9.6	9.4	9.3	9.2	9.1
+ 5	9.5	9.4	9.2	9.1	9.0	8.9
10	9.3	9.2	9.1	9.0	8.8	8.7
15	9.1	9.0	8.9	8.8	8.6	8.5
20	9.0	8.9	8.7	8.6	8.5	8.4
25	8.8	8.7	8.6	8.5	8.4	8.3
30	8.6	8.5	8.4	8.3	8.2	8.1
35	8.4	8.3	8.3	8.2	8.1	8.0

Por ejemplo, si en la estacion de que hablamos se ha observado una altura barométrica de 743<sup>mm</sup>,2 a una temperatura de 12 grados, la tabla da, para los números mas aproximados, 740 milímetros i 10 grados, una corrección de 9 milímetros; la altura reducida al nivel del mar sería por consiguiente 752<sup>mm</sup>,2. En esta reduccion será inútil considerar céntimos de milímetro.

Aunque la tabla es algo larga, vale la pena de ser calculada para cada estacion cuya altitud se conozca exactamente.

#### *Indicaciones jenerales.*

Una vez colocado un barómetro en una situacion con-

veniente, no debe cambiársele de posición, a no ser que haya una razón muy especial. Si fuere necesario remitir un barómetro de un lugar a otro, es menester llenar el tubo con el mercurio de la cubeta, valiéndose del tornillo inferior, en seguida invertir el instrumento i moverlo con precaución.

El transporte de un barómetro en viaje exige cuidado; por consiguiente esta operación no debe confiarse sino a personas experimentadas.

Puede quedar inutilizado un barómetro sin que esté quebrado: basta que haya penetrado un poco de aire en el tubo. Para asegurarse si se ha producido este accidente, se empieza por observar el barómetro en su estuche, en seguida se le saca enderezándolo con mucho cuidado. Se desatornilla el tornillo de la cubeta para que el mercurio descienda en el tubo, i se inclina el instrumento de manera que el mercurio choque contra el vértice del tubo. El choque es *claro*, metálico, vibrante, si no hai aire; si hai alguna burbuja de aire, por el contrario el choque es *blando* i sordo.

Algunas veces puede extraerse el aire de un barómetro por medio de una serie prolongada de choques o trepidaciones manteniéndolo invertido. Un viaje de algunos kilómetros, en carruaje o en ferrocarril, serian muy convenientes para tal operación. Si fuere necesario desarmar el instrumento para extraer el aire, se correría el riesgo de no dejar la escala en la situación conveniente, i de aquí la necesidad de una nueva comparación. Por consiguiente, no recomendamos a los observadores entrar en este género de arreglos en una localidad donde no haya individuos que conozcan bien estos procedimientos.

#### *Termómetro hipsométrico.*

Muchas veces, en viaje, es cómodo emplear un termómetro hipsométrico. Cuando entra el agua en ebullición

la temperatura del vapor es tal, que la tension máxima correspondiente es igual a la presión que obra sobre el líquido. Por consiguiente, para obtener la presión atmosférica basta determinar la temperatura del vapor producido por el agua que hierva al aire libre i buscar en una tabla la tension correspondiente. Reproducimos esta tabla en el Capítulo IV, para las temperaturas comprendidas entre 90 i 101 grados i la latitud de 45 grados. Una segunda tabla da la corrección conveniente para otras latitudes.

Como una variación de 0°,1 en la proximidad de 100 grados, corresponde a una diferencia de 2<sup>mm</sup>,7 en la presión, es necesario servirse de termómetros especiales i muy sensibles. Se han construido aparatos portátiles que permiten repetir este experimento, en viaje, i con todas las precauciones que ha menester.

#### OBSERVACION DE LOS TERMÓMETROS.

##### *Elección de los instrumentos e instalación.*

Se necesitan cinco termómetros para una estación meteorológica completa:

Un termómetro descubierto i seco, que indique la temperatura del aire;

Un termómetro cuyo depósito, esté cubierto con un envoltorio de muselina que se mantiene empapada en agua. Ese termómetro, junto con el precedente, constituyen el *sicrómetro* que sirve para conocer el estado higrométrico del aire;

Un termómetro de *máxima*, sistemas de Negretti i Zambra o Baudin, o bien de Walferdin con burbuja de aire;

Un termómetro de *mínima*, sistema de Rutherford;

Un termómetro-*honda*.

Esos cinco instrumentos deben estar graduados en el mismo vástago.

Sin embargo, para facilitar la lectura, a veces se adjunta a los termómetros, planchetas graduadas con las decenas de grados. La *fig. 12* (sicrómetro) muestra un ejemplo de esa disposición. Pero es necesario, como se le ha representado en la figura, que la plancheta termine en la estremidad del vástago, ántes del depósito, i que este último esté libre por todos los lados.

Los termómetros deben tener un campo de escursion en relacion con las temperaturas estremas de cada estacion.

*Verificacion de los termómetros.*—Las divisiones trazadas sobre el vástago de los termómetros deben corresponder exactamente a un mismo volumen. En los termómetros de mercurio, se puede comprobar ese requisito tan pronto como el termómetro ha sido fabricado. Pero, en jeneral, esa verificacion deberá ser hecha en las fábricas, ántes de enviarlos a su destino.

Tambien es menester que las divisiones del termómetro correspondan exactamente a grados centígrados, es decir que el instrumento marque cero en la nieve fundente i 100 grados en el vapor de agua hirviendo, bajo la presion de 760 milímetros, medida al nivel del mar i a la latitud de 45 grados. Como la mayor parte de los termómetros que se construyen para estaciones meteorológicas no permiten observar la temperatura del agua hirviendo, esta verificacion debe hacerse en Santiago, por comparacion con un termómetro normal. Pero, fuera de esta primera comparacion, es útil verificar, por lo ménos una vez al año, en los primeros años, la posicion del cero, que cambia gradualmente por efecto del trabajo molecular del vidrio, sobre todo en los termómetros de mercurio. Para hacer esta verificacion, se reduce a pequeños pedazos un poco de nieve fundente que se coloca en un vaso cilíndrico agujereado en el fondo. Con una varillita se hace un agujero en la nieve, en el centro del vaso; conseguido esto, se sumerge el termómetro; se aprieta la nieve

en derredor i se agrega hasta cubrir toda la columna de mercurio. Aun es conveniente, para el termómetro de alcohol, que todo el vástago esté sumerjido en la nieve. Al cabo de veinte o veinticinco minutos, se separa un poco la nieve para leer en qué grado i fracción de grado se ha detenido la columna de mercurio.

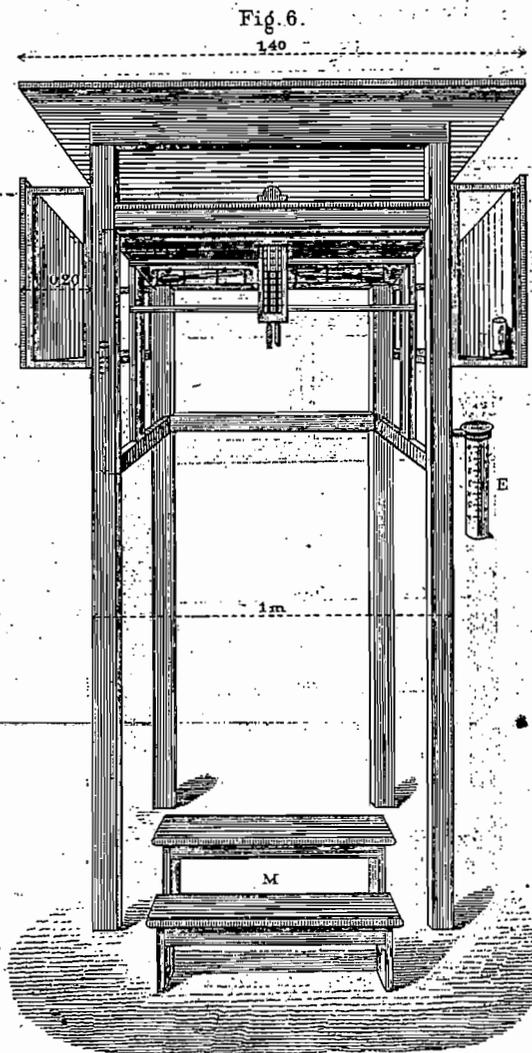
Esta operacion debe ejecutarse en un paraje cuya temperatura sea superior a la de la nieve fundente. Es necesario evitar colocarse al sol para evitar incertidumbres.

Esas verificaciones i sus resultados deben consignarse en los cuadernos de observaciones, i corregir las lecturas haciendo las correcciones que se haya estimado necesarias, de manera que los números inscritos en los registros sean la fiel expresión de las temperaturas *verdaderas*. El termómetro de mínima puede, en ciertos momentos, no marchar acorde en el aire con el termómetro de mercurio, sin estar mal graduado. El mercurio i el alcohol no tienen el mismo poder absorbente para los rayos de luz i calor difusos, i la sensibilidad de los termómetros contruidos con esos dos líquidos no es la misma. Las diferencias ocasionadas por esas dos causas desaparecen de noche a la hora del mínimo i deben desaparecer completamente cuando los termómetros sean sumerjidos en un mismo baño de agua.

*Instalacion.*—Siempre que se pueda, deben instalarse los termómetros en medio de un espacio descubierto, como a 2 metros sobre un suelo cubierto de césped i bajo un abrigo análogo al inaugurado en el observatorio de Mont-Souris en Paris por los señores Ch. Sainte-Claire, Deville i Renou.

Este abrigo (*fig. 6 i 7*), se compone de un doble techo formado de dos tableros o de dos hojas de zinc, distantes como 1 decímetro una de otra e inclinadas como de 30 grados hácia el sur. La superficie exterior del techo debe estar pintada de blanco. La *fig. 6* representa el abrigo tal cual seria visto por un observador colocado hácia el norte; la

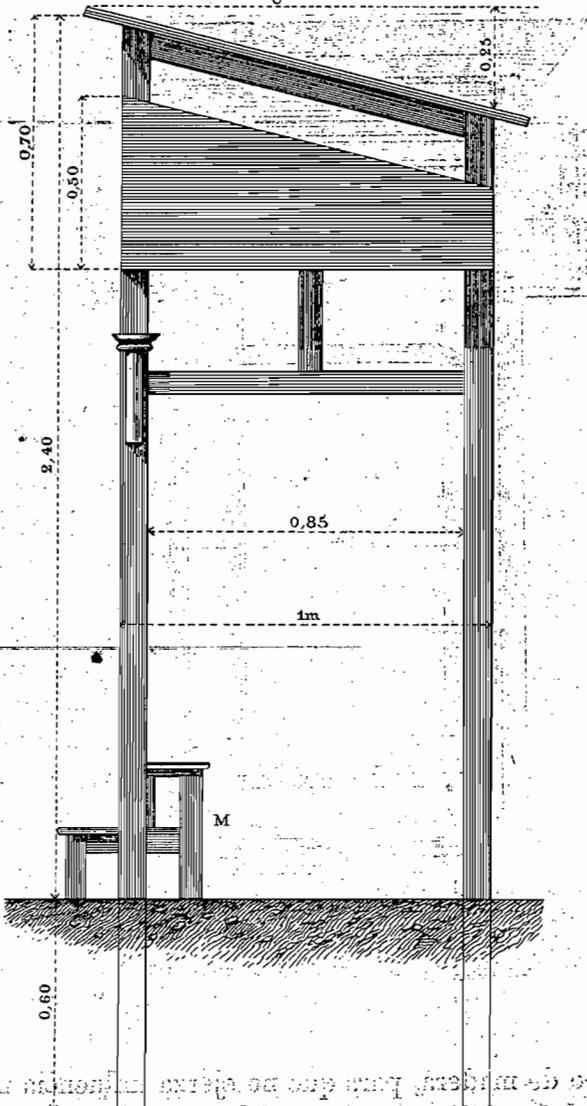
fig. 7 muestra una elevacion mirada por el oeste. Debe orientarsele cuidadosamente i ser de liviana construccion.



de fierro o de madera, para que no ejerza influencia notable sobre los termómetros; pero no tanto que no pueda resistir un fuerte viento.

Se le instala en un suelo cubierto de césped, para que los instrumentos queden garantidos de la reverberación del

Fig. 7.



sol. Los termómetros deben estar protegidos de ese astro, mañana i tarde, por algunos árboles lejanos, o por posti-

gos movibles a uno i otro lado del abrigo, como se representan en la figura. Siempre deben plegarse cuando reflejen por su cara interior luz del sol que pueda herir los termómetros.

Como a 2 metros sobre el suelo, en el centro del abrigo, hai dispuestos dos atravesaños horizontales en la dirección de este a oeste, entre los cuales se suspenden los termómetros. Hacia el centro se coloca el siorómetro; a un lado i otro dos marcos mui livianos de latón, llevan, uno el termómetro de máxima, i el otro el termómetro de mínima. Estos están sujetos por alambres que se fijan en los marcos. Esos termómetros no deben colocarse horizontalmente, sino lijeramente inclinados, de manera que las esferillas queden hacia abajo. Por fin, los diseños adjuntos muestran claramente las disposiciones que deben adoptarse.

Un banco M, colocado por el lado norte, permite alcanzar con facilidad los termómetros. En fin, en la *fig. 6* a la derecha, se vé una probeta que servirá para medir el agua que se recoja en el pluviómetro.

Quando por inconvenientes imposibles de superar no pueda hacerse una instalacion como la que venimos describiendo, i consultando, como dice el señor Domeyko «la disposicion jeneral i la colocacion que con mayor frecuencia se dá a las casas en Chile, se puede aprovechar para la colocacion de los termómetros, algun corredor que por lo comun se halla por el lado sur del edificio, accesible al viento suroeste, i si no es posible evitar completamente el reflejo de la luz de las murallas vecinas i la irradiacion nocturna del cielo, se deben rodear las ampolletas de los termómetros, de cilindros espaciosos de hoja de lata agujereados i cortados por rasgaduras a lo largo del cilindro, para que circule libremente el aire.»

*Lectura.*—Es necesario tener cuidado en cada lectura de colocarse en una posicion tal, que la línea que vaya del ojo a la estremidad de la columna o del índice, sea

casi perpendicular al tubo del termómetro que se observa; debe evitarse que el calor de la respiración o el de la luz que sea menester a veces, no venga a falsear las indicaciones de los instrumentos.

Los décimos de grado se estiman a la simple vista. Es fácil ejercitar la vista a esta operación, trazando sobre un papel dos señales que disten 1 centímetro i una línea intermedia, cuya distancia se valorizará al principio a ojo, i en seguida valiéndose de una regla dividida.

#### *Termómetro seco.*

El termómetro seco se suspende verticalmente en el centro del abrigo. Por otra parte, jeneralmente está fijo a una plancheta al lado del termómetro de esferilla mojada. No habrá, pues, sino suspender esta plancheta en medio del abrigo, abriendo si es necesario el primer techo, para que puedan pasar las estremidades de los vástagos.

#### *Termómetro de máxima.*

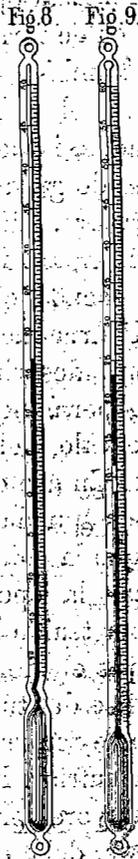
El termómetro de máxima de Negretti i Zambra es un termómetro de mercurio cuyo tubo purgado de aire está estrangulado cerca del depósito, por medio de una punta de vidrio que vá soldada al tubo (*fig. 8*). El mercurio puede salvar este obstáculo mientras sube la temperatura del termómetro. Tan luego como empieza a bajar la temperatura, se detiene la columna que habia salvado el tropiezo, produciéndose detrás de ella un vacío en el depósito. El máximo es indicado por la posición de la estremidad anterior de la columna.

Ese termómetro debe colocarse horizontalmente, o mejor, inclinado algunos grados, con el depósito hacia abajo. Despues de la lectura se le endereza, i si es necesario se le da un golpecito para que penetre el mercurio en el depósito. En jeneral, este instrumento resiste un viaje sin desarreglarse.

Podrá emplearse igualmente el termómetro de máxima de Baudin, en el cual el obstáculo, en vez de ser una estrangulación del tubo, es una varillita de esmalte soldada al fondo de la cubeta del termómetro e introducida parcialmente en el vástago. El manejo de ese instrumento es idéntico al del termómetro de Negretti i Zambra.

El termómetro de máxima con burbuja de aire, de Walferdin (*fig. 9*), es un termómetro ordinario de mercurio, terminado en su parte superior por una ampolleta en la que el constructor ha dejado una pequeña cantidad de aire. Para servirse de este instrumento, se le invierte de modo que la columna de mercurio llegue hasta la entrada de la ampolleta. En ese momento si se golpea ligeramente el termómetro una gotita de mercurio se separa de la columna; entónces se invierte el instrumento, la columna vuelve a descender i el aire penetra en el depósito. Hasta ese momento el mercurio separado permanece fijo por adherencia a la pared de la ampolleta; se le introduce en el vástago por algunos golpecitos verticales i forma un índice que el aire interpuesto impide se reuna a la columna. Esta operación se llama *maximar* el termómetro.

Cuando la temperatura se eleva, el índice es empujado por la columna; si descendiendo, el índice se mantiene en su posición i su estremidad anterior acusa la temperatura máxima. A las lecturas hechas debe restarse la longitud de la burbuja de aire, expresada en décimos de grado i medida cuando sube la temperatura.



Ese termómetro siempre es maximado por el constructor; pero durante el transporte, puede pasar el mercurio del tubo a la ampollita superior i formar uno con muchos índices. Se empezará por reunirlos en uno solo, que se hará caer hacia el vértice del tubo. Una sacudida vertical hará que el mercurio vuelva a su lugar en el vástago. Esta operacion es mui sencilla cuando la ampollita no es de forma mui redondeada en su union con el tubo.

Tambien es necesario que la columna de mercurio que forma el índice tenga una longitud por lo menos de 10 grados, i que la burbuja de aire no ocupe sino una fraccion de grado, durante la marcha ascendente de la temperatura. Despues de cada observacion se endereza el termómetro i hácese descender el índice por medio de un sacudoncito.

Podria suceder que despues de la operacion anteriormente descrita, mientras se deja horizontal el termómetro, permanezca dividida la columna i separada por un intervalo, del estrangulamiento colocado cerca del depósito. En ese caso, es necesario empezar por enfriar lo mas que se pueda el termómetro; en seguida se le invierte para que la columna vuelva a la ampollita, i se vuelve a empezar la operacion descrita anteriormente, despues de haber tenido la precaucion de calentar el instrumento hasta que el mercurio del depósito, dilatándose, alcance el vértice del tubo i la base de la ampollita. Con un golpecito se reunen las dos porciones del metal. En seguida se deja enfriar. Esta operacion no siempre es necesaria i exige mayores precauciones que la primera. Siempre que se pueda, debe evitarse el empleo del calor.

El termómetro de burbuja de aire debe permanecer solidamente fijo, para que el viento no lo mueva i cambie la posicion del índice de mercurio.

Cuando no se observa el termómetro de máxima sino una vez por dia, puede hacerse la lectura entre 6 i 7 de la tarde.

*Termómetro de mínima.*

El termómetro de mínima es un termómetro de alcohol, provisto de un índice de esmalte que siempre queda bañado por el líquido (*fig. 10*). Cuando se eleva la temperatura, pasa el alcohol por entre las paredes del tubo i el índice, sin mover a éste último. Cuando la temperatura baja, la columna de alcohol penetra en el depósito i se encuentra con la cabeza del índice, siendo éste arrastrado por su adherencia al líquido i colocado en el punto que corresponde al máximo de contracción. Por consiguiente, la temperatura mínima queda indicada por la estremidad del índice situado en el lado opuesto al depósito. Se debe colocar este termómetro, como el precedente, casi horizontal con el depósito un poco mas bajo que el vástago i sólidamente fijo. Después de cada observacion se le endereza, poniendo el depósito hácia arriba, para hacer descender el índice hasta la estremidad de la columna de alcohol.

Como los termómetros con alcohol coloreado dejan con el tiempo un depósito de la materia colorante que impide la marcha del índice, conviene que sean de alcohol incoloro.

Sucede a veces, sobre todo para las temperaturas elevadas, que se forma en la parte superior del tubo una gota de alcohol por efecto de la condensacion del vapor del líquido. Las indicaciones del instrumento se disminuyen entonces de una cantidad igual a la longitud de la gota. Esa separacion acontece jeneralmente cuando se trasporta el instrumento. Para hacerla desaparecer, basta suspen-



der el instrumento por una de sus estremidades por medio de un cordón i hacerlo jirar como una honda.

También durante un viaje puede salir el índice del alcohol. Si no bastan pequeños golpes para hacerlo descender, se calienta el depósito con la mano i el alcohol dilatándose hasta el índice, lo hace penetrar arrastrándolo con facilidad.

Si no se consulta el termómetro de mínima sino una vez por día, puede hacerse la lectura en la observación de las 2 de la tarde.

Cuando se verifica el cero del termómetro de máxima, es necesario levantarlo i dejarlo caer varias veces dentro de la nieve, con el objeto de que penetre bien el mercurio en el depósito. Además, se deberá comparar en las horas de observación en que la temperatura es ascendente, el termómetro de máxima con el termómetro seco, para averiguar si marchan acordes.

Con respecto al termómetro de mínima, es necesario asegurarse de que ninguna gota de alcohol se encuentra separada del resto de la columna en el vástago o en la ampollita que lo termina.

#### *Termómetro-honda.*

En toda estación meteorológica debe haber uno o dos termómetros-hondas. Son éstos, pequeños termómetros de mercurio que permiten valorizar con mucha exactitud la temperatura del aire, cuando se les hace jirar rápidamente en la estremidad de un cordón, cuya otra estremidad se tiene en una mano. Para eso, se coloca el observador en un lugar descubierto, a la sombra si es posible, mirando al viento, i haciendo jirar rápidamente el termómetro. En seguida lo detiene i lee ligero la temperatura que indica, para que el calor del cuerpo no tenga tiempo de ejercer su influencia. Se repite varias veces seguidas esta operación hasta que tres observaciones consecutivas den la misma tem-

peratura, con una aproximación de 1° o de 2 décimos de grado, tomando como temperatura del aire el término medio de las tres observaciones. Esta operación servirá, sobre todo, para verificar las condiciones del abrigo. Si dos personas que observen al mismo tiempo, una, el termómetro seco colocado bajo el abrigo, y la otra, el termómetro honda, no encuentran la misma temperatura, eso, prueba que la disposición del abrigo es defectuosa. En efecto, el termómetro honda es mucho ménos sensible a las reverbberaciones que los termómetro fijos, y haciéndolo jirar aun en pleno sol, da una temperatura apenas elevada de 2 a 3 décimos de grado; pero es necesario asegurarse que el depósito del termómetro honda esté bien seco; de otra manera se comprende que la temperatura observada podría ser notablemente baja.

#### HUMEDAD DEL AIRE.

Para espresar la cantidad de vapor de agua contenido en el aire, se indica comunmente su estado higrométrico o *humedad relativa*, es decir: la razón que existe entre la fuerza elástica del vapor de agua atmosférico en el instante del esperimento y la fuerza elástica máxima que este vapor podría adquirir a la misma temperatura. También representa ese número la razón entre el peso de vapor contenido en el aire y aquel que sería menester para saturarle, permaneciendo invariable la temperatura. El estado higrométrico se espresa en centécimos: una humedad relativa igual a 49 significa que el aire contiene  $\frac{49}{100}$  de la cantidad máxima de vapor de agua que podría contener. Un estado higrométrico representado por 100 sería el del aire en su máximo de humedad.

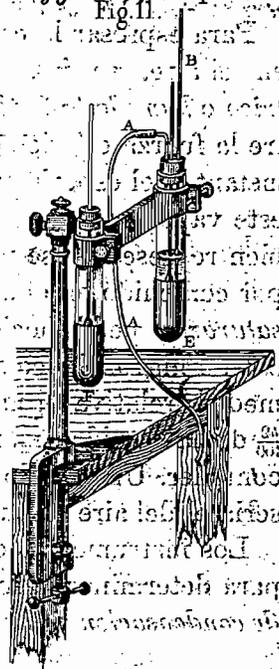
Los instrumentos que deben emplearse con preferencia para determinar la humedad del aire son los *higrometros de condensacion* y el *sicrómetro*.

*Higrómetros de condensacion.*

El principio de los higrómetros de condensacion consiste en enfriar progresivamente una lámina de metal, colocada al aire, hasta que se cubra de un depósito de rocío. La lámina metálica da entonces la temperatura del *instante de rocío*, es decir aquella en que el aire estará saturado por el vapor que contiene. Buscando en la tabla de fuerzas elásticas del vapor de agua (Tabla III) las cifras que correspondan a la temperatura del instante de rocío, se tiene la fuerza elástica del vapor contenido en el aire; el cociente de ese número por la fuerza elástica máxima correspondiente a la temperatura del aire, da, despues de haberla multiplicado por 100, la humedad relativa.

La temperatura del instante de rocío se podrá determinar con los higrómetros de Regnault, o de Alluard.

*Higrómetro de Regnault.*—El higrómetro de Regnault se compone de un vaso de plata E (fg. 11), de paredes muy delgadas, perfectamente pulimentado en el exterior i lleno con éter. A este dado se ha unido un cilindro de vidrio cerrado por una tapa con tres agujeros. En el agujero central se coloca un termómetro muy sensible cuyo depósito se sumerge en el éter, i en el segundo se coloca un tubo B, abierto por sus dos estremidades, i que sumerjido en el éter llega hasta el fondo del vaso; en el tercero va un tubo acodado A que penetra solo un poco en el cilindro de vidrio, comunicando por medio de un largo tubo de cautchouc con un aspirador de agua. El que obser-



va se coloca cerca del aspirador para arreglar convenientemente su funcionamiento i al mismo tiempo espía al higrometro con un pequeño antejo. Por la aspiración producida, el aire pasa al éter, que se vaporiza i enfría, i pronto la superficie brillante del vaso de plata pónese opaca cubriéndose como de una especie de niebla; se anota entonces la temperatura  $t$  que indica el termómetro sumergido en el éter, se interrumpe la aspiración i se aguarda que el calentamiento del vaso de plata haga desaparecer el velo que lo cubre; anótase la nueva indicación  $t'$  del termómetro; la temperatura del instante de rocío, que es lo que se persigue, se puede considerar como igual a la média  $\frac{t+t'}{2}$  de las dos temperaturas observadas. Con un poco de práctica es mui sencillo arreglar la aspiración de suerte que el rocío aparezca o desaparezca sucesivamente, correspondiendo a mui pequeñas diferencias de temperaturas, a 1 o 2 decimos de grado por ejemplo.

En Santiago ha hecho notar el señor Domeyko i hemos podido comprobarlo que, como la sequedad del aire es tan grande en ciertas épocas del año, es necesario enfriar tanto para que se deposite el rocío, que éste en el momento de precipitarse en el vaso de plata, conéjase en el acto.

El higrometro de Regnault tiene también un segundo vaso E, semejante al primero pero que no contiene éter ni comunica con el aspirador, i por consiguiente siempre debe permanecer brillante; así, se juzga mejor, por contraste, del momento en que el rocío se deposita en el vaso enfriado E. También podrá contener este vaso un termómetro que dará a conocer con bastante aproximación la temperatura del aire.

*Higrometro de M. Alluard.*—M. Alluard ha modificado el higrometro de Regnault haciendo que se pueda apreciar mejor el momento en que empieza el depósito de rocío.

Como los higrometros de condensación exigen cada vez

que se hace uso de ellos un experimento completo, no son instrumentos tan empleados, aunque toda estación meteorológica deba tenerlos.

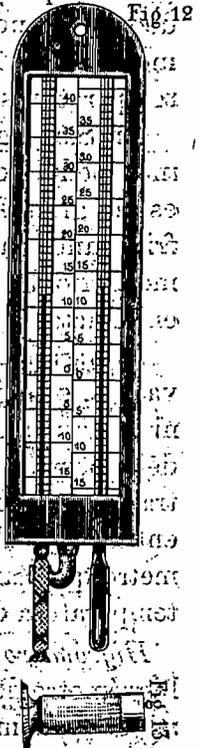
Por esta razón, no entramos en más detalles acerca del higrómetro de Alluard, cuya descripción se encontrará en las últimas publicaciones científicas, concretándonos únicamente a describir el sicrómetro, instrumento de un empleo muy sencillo, aunque sujeto a numerosas causas de error.

#### Sicrómetro.

El conjunto de un termómetro seco i de otro termómetro de construcción semejante, cuyo depósito esté envuelto en un tejido mojado, constituye el instrumento llamado sicrómetro. Este instrumento que representamos por la *fig. 12*, está fijo a una plancheta que debe suspenderse en medio del abrigo, entre los termómetros de máxima i de mínima.

El termómetro mojado algunas veces lleva sobre su vástago un embudito fijo al tubo por medio de una tapa hendida lateralmente, para que así el agua vierta gradualmente. Otros constructores disponen, al lado del instrumento i detrás de la plancheta que lo sostiene, un pequeño tubo, es decir un depósito que se pone en comunicación con la esferilla del termómetro por medio de una mechita de algodón. En la figura se percibe la extremidad inferior de ese tubo-depósito.

Durante las grandes sequías, puede que no pase el agua que vierte el algodón; durante las heladas, aun puede romperse el tubo-depósito. Siempre será mejor hacer uso de una probetita (*fig. 13*) con agua, i si es posible, agua de lluvia, a la



temperatura ordinaria, i en ésta se sumerjirá el termómetro cuatro o cinco minutos antes de la observacion. Basta ese tiempo jeneralmente para que el termómetro tome la temperatura que le da la evaporacion del agua que lo cubre. En ese caso, se tendrá cuidado de empezar el conjunto de las observaciones mojando el termómetro, en seguida se arreglará el barómetro, cuya lectura se hará, i se volverá hacia los termómetros seco i húmedo para hacer la lectura, esperando algunos minutos, con el objeto de asegurarse que el termómetro mojado no variara de otra manera que por efecto de un cambio de temperatura del aire. Es necesario esperar bastante para observar realmente el descenso máximo de la temperatura que se produce después de haber mojado el termómetro.

Cuando la temperatura del aire ha bajado de cero sube el termómetro mojado, jeneralmente en el momento en que se humedece su depósito, pudiendo dar indicaciones mas elevadas que el termómetro seco. Para que sean buenas las observaciones, es necesario que se congele el agua que humedece el tejido que (1) cubre el termómetro, i que, ademas, esté cubierto por entero de una capita brillante de hielo todo al derredor del depósito, sin que la gasa o muselina deje desnuda ninguna parte. Por consiguiente, deberá mojarse el termómetro bastante tiempo de antemano, para que la conjelacion sea completa en el momento de la lectura. Ese tiempo puede ser de una o dos horas; de suerte que durante los tiempos frios, será necesario mojar el termómetro después de cada observacion para la primera observacion siguiente. Ademas, sean cuales fueren las precauciones que se tomen, casi no debe contarse, durante un tiempo muy frio, sino con una aproximacion de una decena de unidades en el estado higromé-

(1) Estas indicaciones servirán sobre todo, cuando se hacen observaciones tri-horarias u horarias, como las que deben hacerse en Santiago i otras estaciones importantes.

trico que acuse un sicrómetro. Menor sería aun la exactitud, si la temperatura exterior descendiese hasta diez grados bajo cero, lo que por otra parte nunca sucederá en la parte temperada de nuestro país.

El tejido que cubre al termómetro mojado debe ser fino i estar siempre muy limpio. Será necesario cambiarlo muy a menudo. Para eso, basta cortar un pedazo de muselina o gasa un poco mas ancho que el depósito de manera que lo cubra completamente con solo una vuelta. Amárrase en seguida esta cubierta, valiéndose de un hilo que se anuda bajo el depósito, dejando que sobrepase un pedacito de gasa como se vé en la figura 12. Conviene que el tejido esté en contacto con el depósito. Si el agua llega automáticamente sobre la gasa por una mecha de algodón, se tendrá cuidado de arreglar los orificios de manera que el agua vierta lentamente. Es necesario que siempre se vea una gota de agua en la estremidad del tejido; pero es necesario que el agua no llegue muy ligero, de manera que cada gota sea reemplazada por otra.

La diferencia entre las dos temperaturas indicadas por los dos termómetros, seco i mojado, sirve para calcular el estado higrométrico del aire, valiéndose de las tablas IV i V.

La tabla IV servirá siempre que el termómetro mojado se encuentre bajo cero, o siempre que esté cubierto de hielo. La tabla V sirve siempre que el termómetro esté sobre cero, o siempre que estando en cero, no esté cubierto de hielo. Se descende por la primera columna de la izquierda en la tabla que se emplee, hasta que se encuentre un número igual o inmediatamente inferior a la diferencia de las dos temperaturas; después se sigue horizontalmente esa línea hasta encontrar la columna, cuyo número de encabezamiento se acerque mas a la temperatura del termómetro mojado. El número correspondiente representará el estado higrométrico. En el caso en que la diferencia de las dos temperaturas contu-

viese un número impar de décimos, i en el caso en que la temperatura del termómetro mojado estuviese comprendida entre dos números enteros, se tomarán valores intermedios, para la temperatura cercana, entre los números indicados en el registro.

**EJEMPLOS.**

**1.º Temperatura del termómetro húmedo, superior a cero:**

Termómetro seco.....	19.6
Termómetro húmedo.....	14.0
Diferencia.....	5.6
Estado higrométrico.....	50

**2.º Termómetro seco.....**

Termómetro húmedo.....	14.5
Diferencia.....	5.1
Estados higrométricos cercanos.....	54.55
Estado higrométrico.....	54

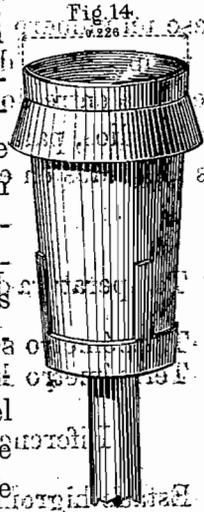
**3.º Temperatura del termómetro húmedo, inferior a cero:**

Termómetro seco.....	9.2
Termómetro húmedo.....	10.6
Diferencia.....	1.4
Estado higrométrico.....	56

**OBSERVACION DE LA LLUVIA.**

Uno de los elementos mui importantes para el estudio de los climas es la cantidad de lluvia caída. Como la lluvia es en gran parte un fenómeno local, deben multiplicarse en cuanto se pueda las estaciones encargadas de observarla.

El pluviómetro se compone esencialmente de un embudo que termina en un anillo ejecutado con gran cuidado, de bordes casi cortantes y de manera que el círculo que lo limita tenga una superficie bien determinada. Los que se emplean en Europa, análogos a los que últimamente se han hecho venir para nuestras estaciones, tienen un anillo cuyo diámetro es de 226 milímetros, de suerte que la superficie de recepción del agua es de cuatro decímetros cuadrados. Lo demás del pluviómetro lo constituyen un recipiente destinado a recibir el agua, en forma de balde o de botella, i una probeta graduada para medir el agua. (*fig. 14*).

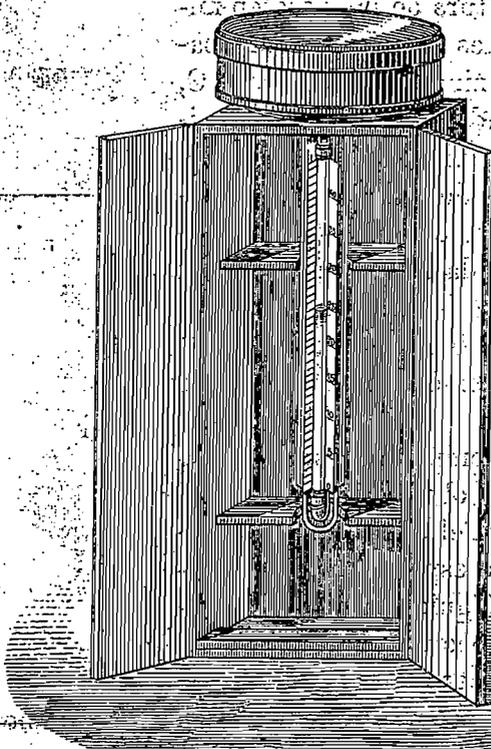


Si el diámetro de la probeta es de 22,6, la superficie de la base será 100 veces menor que la del anillo, i será necesario dividir por ciento las alturas leídas en la probeta, para obtener el espesor de la capa de agua caída. Por otra parte, generalmente se gradúan los probetas de manera que den directamente este espesor.

El agua recojida en este instrumento no está protegida de la evaporacion; por consiguiente será útil, por lo ménos durante el dia, hacer la observacion inmediatamente después de la lluvia.

En ciertos pluviómetros (*fig. 15*), el embudo tiene veinte centímetros de diámetro, se prolonga en la parte inferior, en un cilindro provisto lateralmente de un tubo de vidrio graduado i que decupla la altura de la lluvia. La capacidad de ese cilindro debe ser tal que pueda contener el agua de las mas grandes lluvias, recojidas en veinte i cuatro horas. Se podrá vaciar el aparato después de cada observacion, teniendo cuidado de dejar siempre una cantidad de agua que llegue exactamente al cero de la graduacion. Tambien se podrá dejar siempre

Fig. 15.



un poco de agua en el pluviómetro i leer todos los días la altura del nivel del agua en el tubo lateral. El aumento desde el día anterior, dará la cantidad de agua caída.

Las alturas correspondientes a la lluvia que se recoja, se anotarán en milímetros i décimos de milímetro.

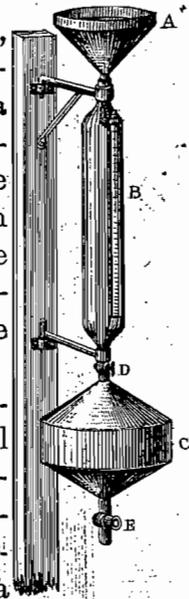
En un gran número de estaciones meteorológicas europeas i en el Instituto Agrícola de Santiago, emplean también el pluviómetro totalizador del señor Hervé Mangon. Este instrumento se compone de un embudo circular A (fig. 16), de 4 decímetros cuadrados de superficie, que recibe directamente las aguas de lluvia. Estas caen a un cilindro de zinc barnizado B, que lleva como el pluviómetro anterior, un tubo lateral de vidrio que

permite observar el nivel del líquido. El tubo de vidrio lleva una graduacion en la cual se lee la altura de la lluvia en milímetros i fracciones de milímetro. Debajo del cilindro de zinc hai un depósito C, enteramente cerrado, que puede comunicar con el cilindro B por medio de una llave D. Despues de la observacion diaria se abre esa llave de manera que cuele en el depósito C toda el agua recojida en el pluviómetro. En seguida se cierra de nuevo la llave D. De esta manera va quedando el líquido en el depósito sin que pueda evaporarse.

De tiempo en tiempo la persona encargada de vijilar las observaciones mide el agua contenida en el depósito C, abriéndolo con una llave especial E que lo termina, i recibe el líquido acumulado desde la última inspeccion, en una probeta graduada. El número de centilitros de agua asi recojidos espresará, en cuartos de milímetro, la altura de la capa de agua caída en el intervalo que se considera, altura que deberá ser sensiblemente igual a la suma de las alturas inscritas en el mismo periodo por el que observa cuotidianamente. Esta verificacion, siempre fácil de ejecutar i que no pide al que la practica sino algunos minutos por mes, hace que los errores que la negligencia o el olvido introducen en las observaciones, sean casi imposibles.

*Instalacion.*—Deberá colocarse el pluviómetro en un pañaje bien descubierto, léjos de muros o edificios elevados, sin que por eso esté mui espuesto al viento, i a una altura como de 1<sup>m</sup>,50 sobre el suelo. Cuando se le coloca en sitios elevados sobre el suelo, jeneralmente se recoje ménos cantidad de agua. Se recomienda espresamente *no colocar el pluviómetro sobre un techo.*

Fig. 16.



El aparato que representa la *fig. 15* conviene particularmente cuando neva o hiela. Debe colocarse entónces en la caja de madera del instrumento una o dos lamparillas (de las que se emplean en los dormitorios) para que se funda la nieve inmediatamente despues de su caída, i para evitar que sea arrastrada por el viento e impedir que se pueda romper helándose el pluviómetro.

En Magallanes, por ejemplo, podriase valorizar tambien la altura del agua que proviene de la fusion de la nieve, cortando con el anillo del pluviómetro, un cilindro de nieve que se puede fundir i por consiguiente medir valiéndose de la probeta. Con este objeto se arreglará una superficie bien plana en el suelo al lado del instrumento.

#### OBSERVACION DEL VIENTO.

Por lo comun se observa la direccion del viento con una veleta, pero es necesario que sea mui movable, i que esté bien equilibrada, i tan elevada cuanto sea posible para que no sea influenciada por los edificios cercanos. Siempre que se pueda debe hacerse que el vástago que lleva la veleta se prolongue hácia el interior del edificio i lleve una aguja que pueda reproducir sus indicaciones en una rosa de vientos; casi es indispensable este arreglo para las observaciones de la noche. Durante el dia, podriase en rigor observar el viento con una cinta negra de seda de 2 o 3 centímetros de ancho i 35 de largo, amarrada en la estremidad de una vara larga i flexible.

Lo mas conveniente será emplear una veleta sostenida en un flotador de gran superficie i que repose en agua o en glicerina, provisto de atravesaños verticales que se opongan a los movimientos bruscos e irregulares de todo el aparato. Es mui difícil conseguir por otro procedimiento una veleta que obedezca a los vientos débiles i no experimente al mismo tiempo, durante los vientos récios,

oscilaciones violentas que son debidas, casi siempre, a los defectos del instrumento.

Para la dirección del viento, se hará uso de dieciséis designaciones que indican la región de donde viene el viento:

NNE	o	1	Norte-Nor-Este.	SSW	(1)	o	9	Sud-Sud-Oeste.
NE		2	Nor-Este.	SW			10	Sud-Oeste.
ENE		3	Este-Nor-Este.	WSW			11	Oeste-Sud-Oeste.
E		4	Este.	W			12	Oeste.
ESE		5	Este-Sud-Este.	WNW			13	Oeste-Nor-Oeste.
SE		6	Sud-Este.	NW			14	Nor-Oeste.
SSE		7	Sud-Sud-Este.	NNW			15	Norte-Nor-Oeste.
S		8	Sud.	N			16	Norte.

La *velocidad* del viento se mide generalmente por medio de anemómetros de Robinson, es decir molinetes provistos de marcadores. También se puede adoptar a esos instrumentos un sistema de inscripción eléctrica. Esos instrumentos son costosos i complicados i su descripción no entra en los límites de estas instrucciones.

Podrá ser indicada la velocidad del viento, en metros por segundo, en todas las estaciones que posean anemómetros; i podráse igualmente valorizar la presión que ejerce el viento contra un obstáculo vertical en quilogramos por metro. En la mayor parte de las estaciones desprovistas de instrumentos para medir la velocidad del viento, bastará estimar la fuerza i anotarla con cifras desde 0, calma, hasta 6, huracán.

Cifra.	Designación.	Fuerza del viento.
0	Calma	El humo se eleva verticalmente i las hojas de los árboles permanecen inmóviles.
1	Débil	Se siente en las manos i en la cara, mueve una bandera, ajita las hojas pequeñas.
2	Mederado	Hace flotar una bandera, ajita las hojas i pequeñas ramas de los árboles.

(1) Conforme a las decisiones del Congreso meteorológico internacional, se designa actualmente en el mundo entero el oeste, por la letra *W*. En efecto, según los países la letra *O* podría significar el oeste o el este; el empleo de la letra *W* hace que cese toda confusión.

- 3 ..... Fresco..... Ajita las ramas grandes de los árboles.
- 4 ..... Fuerte..... Ajita las ramas de mayores dimensiones i los troncos de pequeño diámetro.
- 5 ..... Violento..... Sacude todos los árboles, quiebra las ramas i los troncos de pequeña dimension.
- 6 ..... Huracan..... Abate las chimeneas, levanta los techos de las casas i arranca los árboles.

La velocidad del viento i la presión que corresponde aproximadamente a las notaciones precedentes serian:

Cifra.	Velocidad del viento en metros por segundo.	Presion del viento en quilógramos por metro cuadrado.
0	0, m a 0, m5	0 k a 0, k 15
1	0,5 » 4	0,15 » 1,87
2	4 » 7	1,87 » 5,96
3	7 » 11	5,96 » 15,27
4	11 » 17	15,27 » 34,35
5	17 » 28	34,35 » 95,4
6	28 i mas	95,4 i mas

Los vientos superiores generalmente son diferentes al viento que dirige las veletas. Por consiguiente, se tomará nota de la direccion i velocidad aproximada de las nubes cuando el estado del cielo lo permita, entendiéndose por direccion, la rejion *de donde vienen*. En los casos muy frecuentes en que se vean dos corrientes superpuestas, se indicará la direccion de las nubes superiores i la de las nubes inferiores. En cuanto a la velocidad, bastarán las designaciones *débil, ordinario, grande, muy grande*.

ESTADO DEL CIELO.

El estado del cielo, o *nebulosidad*, se anotará en cifras, de 0 a 11, significando el 0 un cielo sin ninguna nube i el 10 un cielo completamente cubierto. En la columna de los registros correspondientes a las *observaciones*, se podrá anotar cuándo llueve, cuándo neva, e indicar así mismo algunas de las formas principales, *cirrus, cumulus, stratus* o *nimbus*, a los cuales correspondan las nubes.

Los *cirrus* (*colas de gato* de los marinos) son nubecillas como filamentos parecidos a las barbas de pluma, a la lana cardada o como brochazos. Son éstas las nubes mas elevadas i se les supone compuestas de partículas de hielo. Su aparicion precede siempre a un cambio de tiempo; por eso importa consignar la observacion en los registros.

Los *cumulus* tienen formas mas o ménos redondeadas, presentando el aspecto de montañas superpuestas las unas a las otras. Los marinos los llaman *balas de algodón*. Son mas frecuentes en el verano que en el invierno, i después de haberse formado en las mañanas, se disipan amenudo por las tardes. Si, por el contrario, se hacen mas abundantes por las tardes, i sobre todo, si aparecen en compañía de cirrus, debe esperarse lluvia o tormenta.

Los *stratus* son fajas de nubes limitadas por líneas horizontales. Amenudo se les observa al nacer o ponerse el sol, i a veces ocupando todo el horizonte. Se debe su forma estratificada a un efecto de perspectiva. Son fajas o capas de nubes vistas por sus bordes.

Los *nimbus* son nubes poco altas, amenudo de color gris o colores sombríos, sin forma alguna característica i que ocupan una gran porcion del cielo, resolviéndose frecuentemente en lluvia o en nieve por su parte inferior, mientras que la parte superior forma largos penachos que desbordan hácia los lados.

La combinacion de esas palabras de dos en dos, permite caracterizar las situaciones intermedias. Se llamará, por ejemplo, *cirrus-cumulus* a pequeñas nubes redondeadas, que ocupan amenudo el zénit i dan al cielo un aspecto mui conocido en ciertas épocas del año.

#### OBSERVACIONES DE LAS TORMENTAS.

Las observaciones de las tormentas, que son tan raras en nuestro territorio, ofrecen gran interés; son fáciles de ejecutar i no necesitan el empleo de ningun instru-

mento especial; basta que el observador pueda orientarse i tomar nota de las diversas circunstancias del fenómeno.

El comienzo de una tempestad está caracterizado por la audicion precisa del primer trueno, i su conclusion por la del último; será conveniente distinguir las tempestades zenitales, es decir, que se verifican sobre el lugar desde donde se las observa. Los observadores tomarán los datos necesarios para llenar las columnas del boletín impreso, cuya reproduccion i esplicaciones damos a continuacion, i que debe ser enviado por la oficina central a todas las estaciones meteorológicas de la República. Después de llenadas las columnas i dadas las esplicaciones que en él se piden, los observadores no tendrán sino enviarlo a la capital sin pérdida de tiempo (*Véase la página 188*).

En el reverso del boletín irán las siguientes instrucciones referentes a la manera de consignar los diferentes datos.

El punto de donde viene i la direccion segun la cual desaparece la tempestad, se indicarán por las palabras: *sud, sud-oeste, oeste, nor-oeste, norte, nor-este, este, sud-este*, tambien empleadas para dar la direccion de las nubes i de los vientos.

La velocidad de las nubes puede ser: *muy lenta, lenta, ordinaria, bastante rápida, rápida o muy rápida*.

El viento: *muy débil, débil, moderado, bastante fuerte, fuerte, muy fuerte, violento, muy violento o tromba*.

La lluvia: *fina, suave, unida, fuerte, abundante, muy abundante, a torrentes*.

El granizo: *fino i liviano, formado por trocitos separados, mas o ménos voluminosos*; puede ser *débil, ordinario, fuerte, muy fuerte, enorme*.

Los perjuicios: *nulos, considerables*.....constituyen un *désastre*.

En cada boletín se consignará una sola tormenta.

**BOLETIN DE TORMENTA.**  
**ESTACION METEOROLOGICA EN** .....  
**TEMPESTAD DEL** .....  
**18**.....

HORAS. Principio. Fin.	Punto del horizonte de donde viene.	Direccion, segun la cual desaparece.	Velocidad i direccion de las nubes.	Fuercza i direccion del viento.	Intensidad de los relámpagos.	Intensidad del trueno.	Intensidad i duracion de la lluvia.	Granizo; su fuerza i tiempo que dura.	Perjuicios ocasionados.

Observaciones sobre el estado de las cosechas antes i despues de la tormenta i sobre los perjuicios producidos por el viento, la lluvia i el granizo.

FIRMA

Tal es el cuadro de las observaciones que son del dominio de la meteorología propiamente dicha. Las que se refieren a los temblores de tierra, a los fenómenos ópticos, a la electricidad atmosférica i al magnetismo terrestre son del dominio de la física del globo.

El día que el laboratorio de física de la Universidad posea alguno de los aparatos que actualmente se emplean en este género de observaciones, será para nosotros muy grato publicar la descripción de los métodos e instrumentos que sirven para el estudio de estos interesantes fenómenos naturales.

### III.

#### Observaciones simultáneas.

Las observaciones simultáneas, es decir, aquellas que se ejecutan *en un mismo instante físico en diferentes parajes de la tierra*, comprenden no solo las observaciones extendidas por la superficie entera del globo i cuyo objetivo es el estudio de los movimientos jenerales de la atmósfera, sino también aquellas de un orden mas restringido i que, abrazando una estension menor, tienden no obstante, a hacer posible la prevision del tiempo.

#### OBSERVACIONES SIMULTÁNEAS JENERALES.

Con el objeto de continuar el estudio de los movimientos jenerales de la atmósfera, el sábio profesor Mascart, jefe de la oficina central meteorológica de Francia, de acuerdo con los Estados Unidos, ha planteado este servicio bajo nuevas bases i ya la mayor parte de los diferentes países se han hecho un deber de aceptarlo adhiriéndose i concurriendo a su realizacion.

Impórtanos sobremanera cultivar relaciones con los grandes centros científicos porque los trabajos que nosotros enviemos, aunque defectuosos en un principio, sin

duda poco a poco irán mejorando i serán la mejor prueba que podamos dar de nuestro adelanto i del interes que tenemos por el progreso de la ciencia.

En el capítulo II de estas Instrucciones, se ha visto cómo aceptando las 8 de la mañana i las 2 de la tarde para las horas en que debén hacerse dos de las observaciones, cuyo objetivo es el estudio de nuestro clima, habremos concurrido por nuestra parte a las observaciones simultáneas que se hacen en París, centro de esos trabajos, a las 10 hs. 53 ms. i a las 6 hs. 53 ms. P. M.; i, decimos simultáneas porque, como las diferencias de longitud son relativamente pequeñas entre las diferentes estaciones meteorológicas de nuestro territorio, los errores, al aceptar una sola hora local, creemos que no serian de mucha consideracion, siendo siempre de valor los datos que nosotros enviáramos. Bastarian, pues, esas observaciones para que de hecho formáramos parte de la red de estaciones meteorológicas internacionales.

Damos a continuacion un modelo de registro en pequeña escala, para las observaciones que deberian hacerse en el mar por los buques de nuestra escuadra, i tres cuadros en que se encuentran las horas correspondientes, segun las diversas longitudes, a las horas de París, para que asi las observaciones puedan ser simultáneamente ejecutadas.

AÑO

Dia i Mes.	Hora de Paris. (T. M.)	POSICION DEL BUQUE.	VIENTO.	BAROMETRO.	TERMOMETRO.	ESTADO DEL CIELO.	OBSERVACIONES I NOTAS.
1	2	8 Lonj. 4 Lat.	Direc- 5 verda- dera B. 6 verda- dera	Altura 7	al aire libre 8	del 10 11	
	P. M. 12.53						
	6.53						
	12.53						
	6.53						
	12.53						
	6.53						
	12.53						
	6.53						

Nombre del buque, su clase, etc.

Vinje de.....

Firma:

Los registros del cuadro anterior se llenarán de la manera siguiente:

*Columna 1.*—FECHA.—Indicar el año, el mes i día de las observaciones.

*Columna 2.*—HORA DE PARIS.—En esta columna se encuentran inscritas las *horas de Paris* a las cuales deben ser hechas todos los días las *dos observaciones simultáneas*. En la práctica es verdad que no se puede contar con más de un cuarto de hora de aproximación; pero basta eso para el fin que se persigue. Debe tenerse presente que *siempre deberá el observador separarse lo ménos posible de las horas de Paris indicadas en la 2.<sup>a</sup> columna.*

En los otros cuadros que adjuntamos se encuentran las horas que a bordo corresponden a las horas de Paris (12<sup>h</sup>. 53<sup>m</sup>. i 6<sup>h</sup>. 53. P. M.) *segun la longitud en que se encuentre el buque.*

*Columnas 3 i 4.*—POSICION DEL BUQUE.—Se indicará en esas dos columnas la longitud i la latitud en el momento de la observación. Esa longitud i latitud se *estimarán*, en general, tomando como punto de partida el punto observado que habrá seguido o precedido al momento de la *observación simultánea.*

*Columnas 5 i 6.*—VIENTO.—El observador inscribirá la dirección del viento valiéndose de las abreviaciones ordinarias: N.—N.  $\frac{1}{4}$  N. O.—N. N. O.—N. O.  $\frac{1}{4}$  N.—N. O., etc.; i la fuerza del viento con las cifras, de 0 a 12, como sigue:

0 Calma.	7 Gran fresco.
1 Casi calma.	8 Ventarroncito.
2 Brisa lijera.	9 Ventarron.
3 Brisa.	10 Gran ventarron.
4 Bonita brisa.	11 Tempestad.
5 Buena brisa.	12 Huracan.
6 Buen fresco.	

En la columna 5, se inscribirá la dirección del viento, i no la dirección *aparente* obtenida por medio del compás, sino la *verdadera*. De la misma manera en la columna 6, debe inscribirse la fuerza *verdadera* del viento.

Abordo de un buque de vela siempre es fácil conocer con la bastante aproximación, la dirección i la fuerza verdaderas del viento; asimismo lo es en un buque que marche a vela i vapor; el problema no presenta realmente dificultades sino cuando el buque marcha solo a vapor, porque es necesario no olvidar que la marcha del buque dá a la corriente de aire, una dirección i fuerza aparentes bien diferentes de la dirección i fuerzas reales, sobretudo abordo de los buques rápidos. Pero, aun en ese caso, los marineros experimentados podrán, tomando en consideración la velocidad del buque, i según ciertas indicaciones tales como la parte superior de las olas i la marcha de las nubes inferiores, etc.; juzgar, en el momento mismo, de la dirección i fuerza verdaderas del viento, con una aproximación igual sin duda a la que se obtendría por un cálculo o por una construcción gráfica.

*Columnas 7 i 8.*—BARÓMETRO.—Si el barómetro es de mercurio, el observador inscribirá en la columna 7 la altura del mercurio tal cual la lee en el momento de la observación, sin ninguna corrección; en seguida inscribirá en la columna 8 la temperatura marcada por el termómetro del barómetro.

Si el barómetro es un barómetro aneroide, el observador tendrá cuidado de sacudir el instrumento para asegurarse que la aguja está libre, e inscribirá la presión barométrica tal cual la indica el cuadrante; no tendrá entonces que llenar la columna 8.

*Columna 9.*—TERMÓMETRO.—Se apuntará en la columna 9 la temperatura marcada por un termómetro centígrado, cuidando de que el instrumento esté colocado a la

sombra i en las mejores condiciones posibles de observacion.

*Columna 10.*—ESTADO DEL MAR.—Se anotará el estado del mar por las palabras usuales: calma, bella, gruesa, corta, larga, dura, etc.

*Columna 11.*—ESTADO DEL CIELO.—El estado del cielo será indicado por números de 0 a 10, indicando esas cifras la proporción del cielo cubierto; así 8 significará que los  $\frac{8}{10}$  del cielo están cubiertos.

*Columna 12.*—OBSERVACIONES.—Convendrá tomar nota en esta columna: 1.º de si en el momento de la observacion, marcha el buque a la vela, o con vela i vapor; i, si con velas, cuál es ese velamen; 2.º si llueve, si nieva, si truenan, etc.

Tales son los datos que piden las oficinas de Paris i Washington para sus trabajos, i que no dudamos les serán pedidos a su vez a nuestra progresista i adelantada marina militar por la oficina meteorológica de Santiago.

CUADROS que dan las horas correspondientes a bordo a las horas de Paris, segun la longitud a la que se encuentre el buque.

LONGITUD OESTE.

Horas que a bordo corresponden a las 12 horas 53 minutos P. M. de Paris.

LONGITUD.	HORAS A BORDO.																
0		0		0		0		0		0		0		0		0	
1	Mediodia 49	11	Mediodia 9	21	11.29	31	10.49	41	10.9	51	9.29	61	8.49	71	8.9	81	7.29
2	45	12	5	22	11.25	32	10.45	42	10.5	52	9.25	62	8.45	72	8.5	82	7.25
3	41	13	—	23	11.21	33	10.41	43	10.1	53	9.21	63	8.41	73	8.1	83	7.21
4	37	14	11.57	24	11.17	34	10.37	44	9.57	54	9.17	64	8.37	74	7.57	84	7.17
5	33	15	11.53	25	11.13	35	10.33	45	9.53	55	9.13	65	8.33	75	7.53	85	7.13
6	29	16	11.49	26	11.9	36	10.29	46	9.49	56	9.9	66	8.29	76	7.49	86	7.9
7	25	17	11.45	27	11.5	37	10.25	47	9.45	57	9.5	67	8.25	77	7.45	87	7.5
8	21	18	11.41	28	11.1	38	10.21	48	9.41	58	9.1	68	8.21	78	7.41	88	7.1
9	17	19	11.37	29	10.57	39	10.17	49	9.37	59	8.57	69	8.17	79	7.37	89	6.57
10	13	20	11.33	30	10.53	40	10.13	50	9.33	60	8.53	70	8.13	80	7.33	90	6.53

Horas que a bordo corresponden a las 6 horas 53 minutos P. M. de Paris.

LONGITUD	A BORDO.	HORAS	A BORDO.																
o	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o	h m
1	6.49	11	6.9	31	4.49	41	4.9	51	3.29	61	2.49	71	2.9	81	2.9	91	1.29	1.29	1.29
2	6.45	12	6.5	32	4.45	42	4.5	52	3.25	62	2.45	72	2.5	82	2.5	92	1.25	1.25	1.25
3	6.41	13	6.1	33	4.41	43	4.1	53	3.21	63	2.41	73	2.1	83	2.1	93	1.21	1.21	1.21
4	6.37	14	5.57	34	4.37	44	3.57	54	3.17	64	2.37	74	1.57	84	1.57	94	1.17	1.17	1.17
5	6.33	15	5.53	35	4.33	45	3.53	55	3.13	65	2.33	75	1.53	85	1.53	95	1.13	1.13	1.13
6	6.29	16	5.49	36	4.29	46	3.49	56	3.9	66	2.29	76	1.49	86	1.49	96	1.9	1.9	1.9
7	6.25	17	5.45	37	4.25	47	3.45	57	3.5	67	2.25	77	1.45	87	1.45	97	1.5	1.5	1.5
8	6.21	18	5.41	38	4.21	48	3.41	58	3.1	68	2.21	78	1.41	88	1.41	98	1.1	1.1	1.1
9	6.17	19	5.37	39	4.17	49	3.37	59	2.57	69	2.17	79	1.37	89	1.37	99	Mediodia	57	57
10	6.13	20	5.33	40	4.13	50	3.33	60	2.53	70	2.13	80	1.33	90	1.33	100	—	53	53



## LA PREVISION DEL TIEMPO.

Ya en el Capítulo I se ha manifestado la importancia de las observaciones destinadas a la prevision del tiempo, los resultados obtenidos, i la manera de ejecutarlas. Lo que importa en este jénero de trabajos es, (aparte de la exactitud con que deben practicarse las observaciones), el número de estaciones de que pueda disponerse. En efecto, cuantos mas datos se posean en un instante físico acerca de una rejion, mas sencilla se hace la apreciación de los fenómenos locales que, como las lluvias dependen de variadísimas circunstancias.

Aunque a riesgo de repetirnos, reproducimos en seguida un oficio que sobre este asunto nos cupo el honor de dirigir en agosto de 1878, al señor don Miguel Luis Amunátegui, ministro de instruccion pública en aquella época. Ese oficio resume nuestras ideas acerca de la manera de plantear el sistema meteorológico de prevision del tiempo en Chile; i, nos bastará agregar pequeños detalles para considerar por terminado el plan que nos habíamos impuesto en estas Instrucciones. El oficio aludido dice así:

«La prevision del tiempo, o sean las indicaciones que sujere el estudio de la meteorología aplicada al servicio de la marina i de la agricultura, ha alcanzado en Estados Unidos, Francia, i otros países europeos, tal importancia, que hoi con justicia llama la atencion del mundo civilizado.

«A los estudios meteorológicos iniciados por Maury en los Estados Unidos, se debe el que la marina haya podido trazar derroteros al traves de los mares, aprovechando la manera de obrar de las corrientes aéreas i marinas para acortar las distancias.

«En 1856, las teorías de Dove sobre las tempestades en el continente europeo empezaron a ser confirmadas por la esperiencia, i a ser aplicadas a las previsiones del

tiempo. Le-Verrier dió a los datos aglomerados por numerosos observadores una forma práctica i accesible a todos, mediante su traducción en curvas (1) trazadas sobre la carta de los países. Esta importante e ingeniosa representación en un momento dado de los fenómenos atmosféricos, tuvo en 1870 en los Estados Unidos una aplicación utilísima, la de proporcionar indicaciones precisas, de las cuales podía aprovecharse la agricultura, aplicación que también se ha dado en Francia e Inglaterra desde 1873.

«Los datos meteorológicos, simultáneamente obtenidos en una estensa porción del continente europeo, son hoy transmitidos telegráficamente, coordinados, i en el mismo día gráficamente presentados i esparcidos por la prensa, proporcionando previsiones del tiempo con uno o dos días de anticipación.

«Los resultados obtenidos han dado un carácter positivo i de inmediata aplicación a la ciencia meteorológica, i hecho abandonar toda prevision empírica que sobre ella no se encuentre basada, como destituida de suficiente autoridad.

«Entre nosotros, los datos meteorológicos, oportunamente publicados, pueden ser en ocasiones de grande importancia para nuestra dilatada marina i valles agrícolas. Es verdad que la estension de nuestras observaciones quedaria reducida a un pequeño espacio; pues si bien podemos reunir datos en las diversas latitudes de nuestro país, ellos quedarán incompletos en cuanto a las longitudes. Así podremos, por ahora, solo contar con una estrecha zona de observadores escalonados en Copiapó, Caldera, Coquimbo, la Serena, San Felipe, Valparaíso, Santiago, San Fernando, Curicó, Talca, Cauquenes, Chi-

(1) *Curvas dinámicas* como se las llama en la actualidad para distinguirlas de las *curvas estáticas*, que se refieren únicamente a la climatología de una localidad.

Ilan, Concepcion, Lota, Angol, i otros puntos del sur que están unidos por la vía telegráfica del estado. En cambio de esta exigüidad de datos, la peculiar topografía del país, los movimientos jenerales de las corrientes marinas i vientos, sobre cuyas leyes se han hecho estudios por varios de nuestros profesores, nos colocan en situación ventajosa para obtener de los datos meteorológicos mayores resultados de los que a primera vista pudieran esperarse.

«Los resultados experimentales obtenidos por el sistema que sucintamente he tenido el honor de esponer, han comprobado en Eurota que las grandes tempestades son todas ocasionadas por ciclones o remolinos de viento, animados a la vez de un movimiento de traslacion. El torbellino aéreo se efectúa siempre en el hemisferio norte, en sentido inverso al movimiento de las agujas de un reloj. El eje del ciclón se determina por el mínimo de presión atmosférica indicada por el barómetro, i el cambio de este eje de un día a otro señala el trayecto recorrido por el ciclón, i, con gran probabilidad, el que seguirá al día siguiente. La representacion gráfica sobre la carta europea es la síntesis de todos estos fenómenos. Se presume que en nuestro hemisferio esos ciclones tendrán un movimiento de rotacion inverso, es decir, en el mismo sentido que el de las agujas de un reloj. Nuestras observaciones, por incompletas que ellas sean, pueden conducirnos a conclusiones útiles para la ciencia i para la práctica, ayudadas por la que han consignado en diversos trabajos los señores Domeyko, Pissis, Cuadra, Vidal Gormaz i otros. Ellas promoverian quizas estudios análogos en las repúblicas vecinas, llegando a los satisfactorios resultados obtenidos en el continente europeo en un tiempo talvez no lejano.

«Si esta idea tuviera aceptacion en el ánimo de U.S., me atreveria a proponer desde luego la transmision telegráfica de la altura barométrica, temperatura, direccion

de los vientos, estado del cielo, estado del mar en la costa i cantidad de agua caída diariamente, a una hora dada i desde todos aquellos puntos en que el Supremo Gobierno cuente con observadores. Coordinados estos datos simultáneos en esta ciudad por el que suscribe, reducidas las alturas barométricas al nivel del mar, i efectuadas las demas correcciones, se podrian trazar las curvas de igual presion atmosférica i la direccion de los vientos sobre una pequeña carta de Chile (1), que diariamente se reproduciria en el *Diario Oficial*, acompañándola los demas datos i conclusiones a que una serie de observaciones diere lugar.

«La realizacion de esta idea requiere, no solo el concurso de observadores constantes, sino tambien el no ménos valioso de los señores directores de telégrafos del estado, i de la imprenta del *Diario Oficial*.

«Como miembro de la comision meteorológica, estaria deseoso de que este servicio se organizase, i de que, dando el resultado que de él puede esperarse, se pusiera en una forma ya práctica i útil bajo la inmediata direccion de aquella comision. Por esta razon, i contando con los recursos que me proporciona el laboratorio de fisica de la Universidad, me es honroso proponer a US. se inicie como estudio preparatorio este servicio tan importante para el pais.»

El señor don Miguel Luis Amunátegui accedió a ese pedido mandando establecer bajo nuestra direccion, en el laboratorio de fisica de la Universidad, un servicio de observaciones meteorológicas transmitidas diariamente a Santiago por los telégrafos del estado.

Segun el decreto del Supremo Gobierno, «los profesores de fisica de los liceos i los demas empleados a quienes se haya encomendado el registro de observaciones meteorológicas deben transmitir las diariamente, desde los

---

(1) Véase la fig. 17.

puntos en que exista comunicacion telegráfica del estado, a la oficina central de telégrafos, conformandose a las instrucciones que les serán dadas por el mencionado profesor de la Universidad.

«La publicacion de la carta meteorológica, i los resúmenes generales de estas observaciones, deben insertarse en el *Diario Oficial*.

«El director de los telégrafos del estado i el del espresado diario se pondrán de acuerdo con el profesor de física de la Universidad para dictar las medidas reglamentarias que sean precisas a fin de ejecutar estas disposiciones.»

Aun cuando ya habiamos combinado los medios sencillos de realizar este servicio meteorológico, de manera que ni en los telégrafos, ni en la impresion de los resultados, se presentasen inconvenientes, no se pudo llevarlo a cabo en la época en que se dictó aquel decreto, es decir, un año ha. Es sabido que desde el empuzo de la guerra en que el pais está empeñado, los telégrafos nacionales están recargados con un trabajo abrumador, i que su servicio apenas alcanza a llenar las necesidades de la guerra. No era pues posible, apesar de la excelente voluntad de su director, solicitar en estos momentos su concurso para trabajos que deben ejecutarse con la tranquilidad de que solo se disfruta durante la paz.

Tan pronto como vuelva el pais a su régimen normal nos haremos un deber en trabajar porque se ponga en práctica ese servicio; i, para que su realizacion sea mas provechosa, nos prometemos someter a la consideracion del señor rector de la Universidad, las dos medidas siguientes:

Sería la primera, el crear el puesto de preparador del laboratorio de física de la Universidad, como lo tienen en casi todos los paises, los laboratorios aun de mediana importancia. El empleado encargado de preparar los experimentos de física en las lecciones de ese ramo, i velar por

la conservacion del ya rico material del laboratorio, tendria, tambien, el deber de recibir los telegramas meteorológicos, remitir otros, i ejecutar todos aquellos cálculos o correcciones, i otros trabajos que un individuo solo, por más interes que tuviera no podria hacer.

Sería la segunda, procurar se ejecuten observaciones meteorológicas simultáneas, en las estaciones principales de los ferrocarriles de Valparaiso a Talcahuano que ya poseen el elemento principal, el telégrafo. Sería tambien sumamente sencillo i no exijiria grandes sacrificios, el dotar a un cierto número de estaciones, de un ajuar sencillo de instrumentos (un aneroide, un termómetro, un pluviómetro i una veleta) como se hace hoy en Europá i Estados Unidos. Las observaciones que se hicieran en todos esos puntos tendrian gran interes para la prevision del tiempo, i estamos seguro que no se harían aguardar excelentes resultados.

Por otra parte, tambien creemos que los jefes de estacion prestarian su concurso, siempre que vieran que sus trabajos se traducian en un bien positivo para el pais.

#### DETALLES RELATIVOS A LAS OBSERVACIONES DE LA PREVISION DEL TIEMPO.

*Telegramas meteorológicos.*—El número de telegramas que diariamente puedan enviarse a la estacion central de Santiago, de todas las estaciones de la República, dependerá del grado de perfeccion a que se haya llegado en la práctica. Pongámonos por un momento en el caso en que este servicio haya tomado su mayor desarrollo.

En ese caso, podrian remitirse a Santiago los resultados de las tres observaciones que se ejecutan diariamente, haciendo de manera que las observaciones de la mañana i las de las dos de la tarde, fuesen enviadas inmediatamente; la observacion de la noche podria remitirse junto con la de la mañana del dia siguiente. Los telegramas deben enviarse en cifras, segun las convenciones si-

guientes, que han sido adoptadas por el comité permanente del Congreso internacional meteorológico, en su reunión de Utrecht, en 1875.

El telegrama de la mañana podría componerse de seis grupos de cinco cifras cada uno i daría a conocer: el barómetro, la temperatura indicada por el termómetro seco, el termómetro mojado, la temperatura máxima de la tarde anterior i mínima de la mañana, la dirección i fuerza del viento, el estado del cielo i el estado del mar para las estaciones marítimas. Los dos primeros grupos se referirían a la observación hecha en la tarde que precede al telegrama.

Demos dos ejemplos de ese sistema.

PRIMER EJEMPLO.

*Forma del telegrama.*

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
69314	33154	68716	66167	14917	19124
De la tarde precedente.			De la mañana.		

ESPLICACION.

*Primer grupo: 69314.*

Barómetro a cero i al nivel del mar, el día precedente a las 9 P. M. .... 693=769 mm (1)  
 Dirección del viento, el día precedente a las 9 P. M. .... 14=SSE. (1)

*Segundo grupo: 33154.*

Fuerza del viento, el día precedente a las 9 P. M. .... 3= débil (2)  
 Estado del cielo. .... 3= cubierto (3)  
 Temperatura. .... 154=15.4

(1) Véase la escala A.

(2) Véase la escala B.

(3) Véase la anotación C.

*Tercer grupo: 68716.*

Barómetro a cero i al nivel del mar en la mañana..... 687=768 mm, 7  
 Direccion del viento..... 16=sur

*Cuarto grupo: 66167.*

Fuerza del viento, en la mañana..... 6=fuerte  
 Estado del cielo..... 6=nieve  
 Temperatura..... 167=16°, 7

*Quinto grupo: 14917.*

Termómetro mojado, en la mañana..... 149=14°, 9  
 Lluvia (o nieve fundida) caída en 24 horas.... 17=17 mm

*Sesto grupo: 19124.*

Temperatura máxima del día precedente..... 19=19°  
 Temperatura mínima de la mañana..... 12=12°  
 Estado del mar..... 4=ajitado (1)

Quando las temperaturas sean negativas, se hace abstraccion de su signo i se les agrega 50.

**SEGUNDO EJEMPLO.**

*Forma del telegrama.*

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
47218	50623	49622	25682	69402	60736
Del día precedente.			De la mañana.		

**ESPLICACION.**

(Los grupos 1 i 3 como en el primer ejemplo.)

*Segundo grupo: 50623.*

Fuerza del viento, el día precedente a las 9 P. M..... 5=bastante fuerte  
 Estado del cielo..... 0=despejado  
 Temperatura..... 623=12°, 3

*Cuarto grupo: 25682.*

Fuerza del viento por la mañana..... 2=muy débil  
 Estado del cielo..... 5=lluvia  
 Temperatura..... 682=18°, 2

(1) Véase la anotacion D.

*Quinto grupo: 69402.*

Termómetro mojado en la mañana.... 694=19°4  
 Lluvia (o nieve fundida) en 24 horas... 02=2 mm.

*Sesto grupo: 60736.*

Temperatura máxima de la tarde precedente..... 60=10°  
 Id. mínima de la mañana..... 73=23°  
 Estado del mar..... 6=mucho movimiento.

Si se verificara un fenómeno notable (tormenta, temporal, granizo, neblina, halo, bólido, etc.) se le indicará al fin del telegrama.

Es evidente que el mismo sistema se emplearía siempre que tuvieran que remitirse datos más restringidos, como serían los del telegrama de la tarde (2 P. M.)

Réstanos solo, dar a conocer las escalas i anotaciones de que hemos hecho uso en estos telegramas.

*Escalas i anotaciones adoptadas para la trasmision de las observaciones meteorológicas.*

Dirección del viento (A).

02 - NNE	10 - ESE	18 - SSW	26 - WNW
04 - NE	12 - SE	20 - SW	28 - NW
06 - ENE	14 - SSE	22 - WSW	30 - NNW
08 - E	16 - S	24 - W	32 - N

<i>Fuerza del viento (B).</i>	<i>Estado del cielo (C).</i>	<i>Estado del mar (D).</i>
0... Calma.	0... Hermoso, sereno.	0... Calma.
1... Casi calma.	1... $\frac{1}{4}$ cubierto.	1... Mui hermosa.
2... Mui débil.-Lijera brisa.	2... $\frac{1}{2}$ cubierto.	2... Hermosa.
3... Débil.- Pequeña brisa.	3... $\frac{3}{4}$ cubierto.	3... Poco ajitada.
4... Moderado.- Bonita brisa.	4... Cubierto.	4... Ajitada.
5... Bastante fuerte.- Buena brisa.	5... Lluvia.	5... Pesada.
6... Fuerte.- Buen fresco.	6... Nieve.	6... Mui pesada.
7... Mui fuerte.- Gran fresco.	7... Brumoso.	7... Gruesa.
8... Violento.- Rafagas.	8... Neblina.	8... Mui gruesa.
9... Tempestad.	9... Tormenta.	9... Furiosa.

Si se tratase de enviar avisos a los puertos o diferentes estaciones mediterráneas, acerca del tiempo probable, despues de haber discutido en Santiago los datos de antemano recibidos, se hará uso del mismo sistema que acabamos de esponer.

*Registros.*—Nada facilita mas la confeccion de una carta meteorológica dinámica, como consignar los datos que se reciban, en registros ordenados de una manera lójica.

Por eso damos a continuacion un modelo reducido del que se emplea con ese objeto, en el observatorio de Paris, adaptándolo a nuestras necesidades.

BOLETIN METEOROLÓJICO DE SANTIAGO.

DÍA Y HORA  
de la publicacion.

FECHA.

ESTACIONES.	Barómetro a 0° i al nivel del mar.	Diferencia.	Termómetro.	Diferencia.	Viento.	Estado del cielo.	Estado del mar.	Viento, la tarde precedente a las 9 P.M.	Lluvia en m.m.	Horas de recepcion.
Pisagua										
Iquique										
Antofagasta										
Caldera										
Copiapo										
Coquimbo										

Ya hemos indicado las correcciones que deben hacerse a las observaciones antes de consignarlas en los registros.

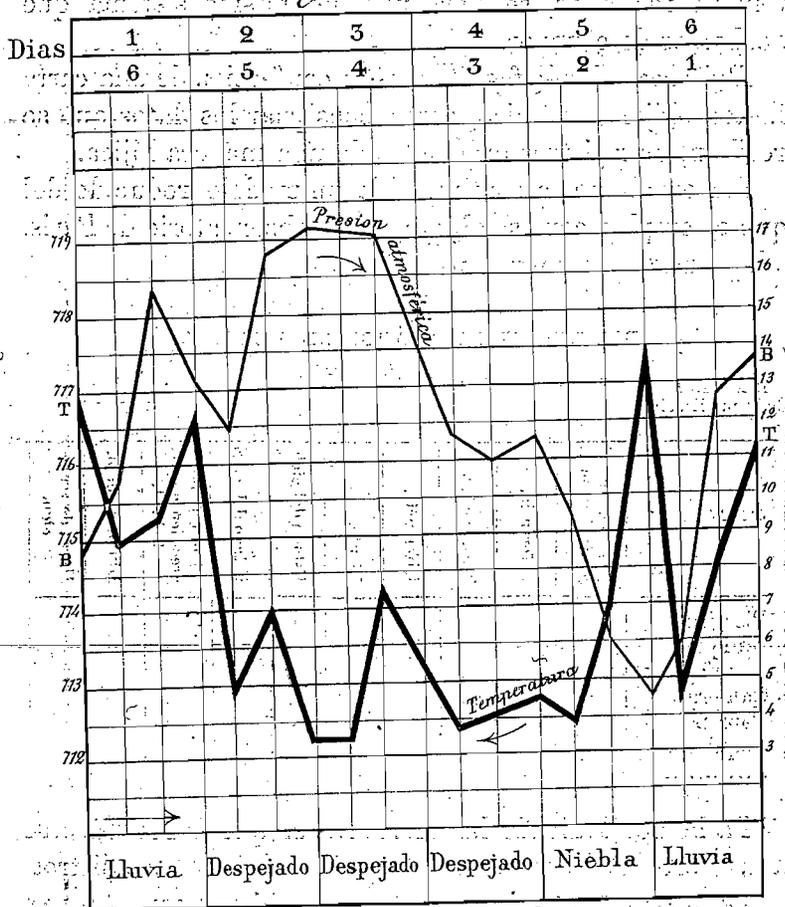
*Cartas i curvas dinámicas.*—La fig-17 nos muestra una carta de la porcion sur del continente americano, en la que hemos marcado hipotéticamente, para su mejor comprension, los signos i anotaciones que se desprenden de los registros.

En cada estacion se describe un circulito cuya circunferencia se hace de un trazado fino cuando el cielo está despejado; cuando el cielo está nebuloso se marca un punto negro en el centro del círculo; si está nublado, se hace

mas espesa la línea; si llueve, se traza un círculo enteramente negro.

Fig. 18.

Junio de 1871.



*Curvas estáticas de la presión atmosférica  
y temperatura en Santiago.*

Partiendo del círculo se traza una línea en dirección de donde viene el viento, guardándola hasta de 6 barbas desde 0, que indican su intensidad.

Al lado del mismo círculo se escribe la presión atmosférica observada, suprimiendo la primera cifra 7, para no recargar la carta.

### Modelo de carta dinámica.

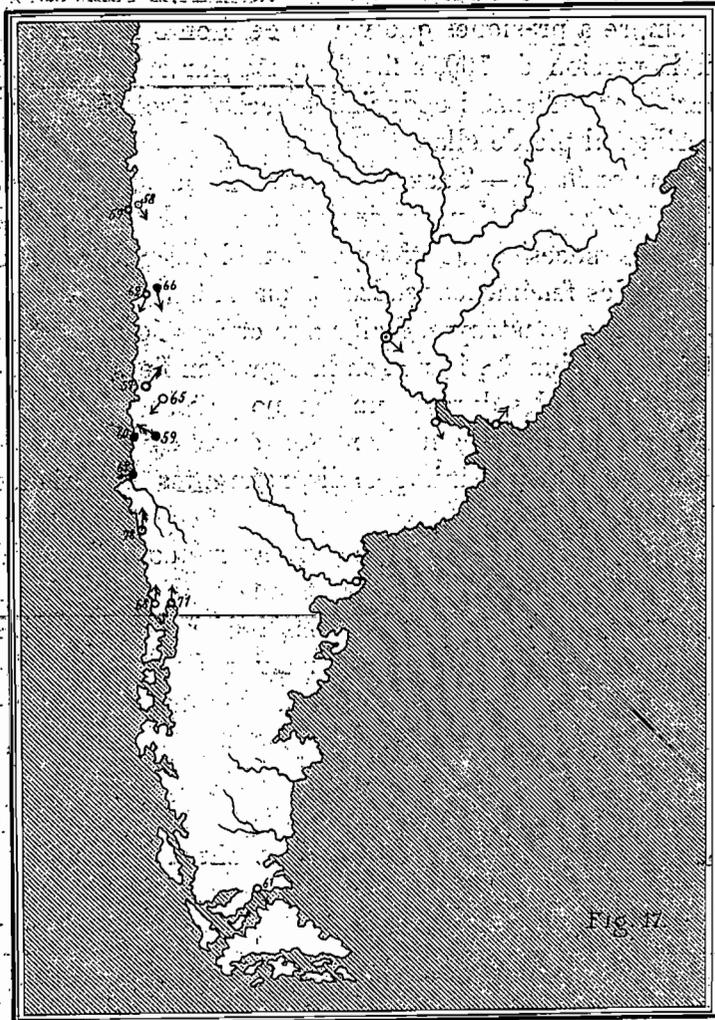


Fig. 17.

El estado del mar se figura por un grupo de puntos cuyo número aumenta con el grado de ajitación, desde 1 que corresponde a calma, hasta 9 que corresponde a un mar furioso.

La temperatura es el objeto de en exámen aparte.

Trasportados así los documentos sobre la carta se trazan las líneas de igual presión barométrica (en el caso de la *fig.* 17 no se ha hecho), guiándose por las cifras inscritas cerca de cada estación. Esas líneas corresponden siempre a presiones que varían de 5 en 5 milímetros desde la presión de 760, a fin de comparar con facilidad las cartas cotidianas i deducir los hechos probables que se escriben al pié de ellas.

*Curvas estáticas.*—Cuando se trata de la *meteorología* local o *estática*, se atiende principalmente a la unidad del lugar i a la sucesion del tiempo. Con el objeto de darse cuenta de los fenómenos realizados en un lapso de tiempo cualquiera, se construyen fácilmente curvas de las que la *fig.* 18 es un ejemplo, i que son la espresion fiel de los fenómenos realizados durante un tiempo dado.

Ya las ha construido mui exactas en nuestro observatorio, el señor don Máximo Cadiz, referentes a variados fenómenos.

Tambien podrian construirse cartas meteorológicas de Chile que darian una idea exacta de la climatología de nuestro territorio, trazando en ellas los términos medios termométricos, las temperaturas máxima i mínima, la direccion del viento i la presión barométrica reducida al nivel del mar para las diferentes estaciones. (1)

#### IV.

##### Tablas para la correccion de las observaciones.

Las tablas que damos en seguida, permitirán a los ob-

(1)

Monsieur Zegers.  
Chili.

Paris, le 4 juin 1879.

j'ai reçu les volumes que vous m'avez adressé sur les observations météorologiques faites au Chili. Ce sont des documents fort intéressants

servadores hacer las correcciones de que se ha hecho mencion en estas Instrucciones.

En efecto, las correcciones de la temperatura en el barómetro, i la determinacion de la humedad relativa, obtenida de los datos del sicrómetro, son operaciones que deben ejecutarse en las mismas estaciones meteorológicas. El tiempo que en Santiago se emplea en esos trabajos, podría ser mas fructífero dedicándolo a estudios de gran interes en la discusion jeneral de todos los datos.

Con este objeto, la oficina central de Santiago debe enviar a las diversas estaciones meteorológicas, los registros para consignar las observaciones, arreglados de manera que contengan columnas para el barómetro i termómetro adjunto, para el barómetro reducido a cero i barómetro reducido a nivel del mar; para los termómetros de máxima i mínima; para el sicrómetro i la humedad relativa, suprimiendo la columna de la fuerza elástica del vapor de agua, de interes ménos importante en la meteorología; para los vientos, estado del cielo, i notas sobre los fenómenos ocurridos mas interesantes. Debe indicarse tambien en los registros la altitud de la estacion sobre el nivel del mar.

---

*et vous pourriez en déduire des resultas utiles en construisant des cartes du Chili sur les quelles seraient tracés les moyennes thermométriques, les maxima et minima, la direction du vent, la pression ramenée au niveau de la mer pour les differents saisons.*

*Déjà Mr. Ham a publié en 1877 dans les ZEITSCHRIFT FÜR meteorologie BAND XII, (25 octobre et 19 mai) une étude sur le climat du Chili, basé sur les documents reufermés dans les annuaires de l'Ofi-  
na Central imprimés jusqu' en 1873.—Mais vous devez dabord surveiller la bonne exposition des instruments, surtout pour les thermomètres, déterminer l'altitude et la correction de chaque baromètre.*

*E. Mascart.*

La carta anterior manifestará el valor merecido que se da en Europa a los trabajos que hasta la fecha ha dirijido i hecho ejecutar el digno director del observatorio astronómico de Santiago, don José Ignacio Vergara.

TABLA I.—TABLA PARA LA REDUCCION DEL BAROMETRO A CERRO.

Temp. del barómetro.	Alturas del barómetro.															
	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775
0°	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
6	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
8	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
1°	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
2	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
4	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
6	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
8	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
2°	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25
2	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
4	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
6	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,32
8	0,32	0,32	0,32	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
3°	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37
2	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39	0,39
4	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39	0,40	0,40	0,40	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,42	0,42
6	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
8	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44	0,44	0,45	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47	0,47

Alturas del barómetro.

Tempr. del barómetro.	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775
	mm.															
0	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50
4	47	48	48	48	49	49	49	49	50	50	51	51	51	51	52	52
6	50	50	50	51	51	51	52	52	52	53	53	53	54	54	55	55
8	52	52	53	53	53	54	54	54	55	55	56	56	56	57	57	57
	54	54	55	55	56	56	56	57	57	58	58	58	59	59	59	60
0	0,56	0,57	0,57	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,62
2	59	59	59	60	60	61	61	62	62	62	63	63	64	64	64	65
4	61	61	62	62	63	63	63	64	64	65	65	66	66	66	67	67
6	63	64	64	64	65	65	66	66	67	67	68	68	69	69	69	70
8	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72
0	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75
2	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77
4	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	79	80
6	74	75	75	76	77	77	78	78	79	79	80	80	81	81	82	82
8	77	77	78	78	79	79	80	80	81	82	82	83	83	84	84	85
0	0,79	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87
2	81	82	82	83	83	84	85	85	86	86	87	87	88	88	89	89
4	83	84	85	85	86	86	87	88	88	89	89	90	91	91	92	92
6	86	86	87	87	88	89	89	90	91	91	92	92	93	94	94	95
8	88	89	89	90	90	91	92	92	93	94	94	95	96	96	97	97

Vistas del barómetro.

Alturas del barómetro.

T. mp. del barómetro.	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775
0	0,90	0,91	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00
2	92	93	94	94	95	96	96	97	98	98	99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02
4	95	95	96	97	97	98	99	99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05
6	97	98	98	99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,08
8	99	1,00	1,01	1,01	02	03	03	04	05	06	06	07	08	08	09	10
0	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12
2	04	04	05	06	07	07	08	09	10	10	11	12	13	13	14	15
4	06	07	08	08	09	10	10	11	12	13	13	14	15	16	17	17
6	08	09	10	11	11	12	13	14	14	15	16	17	17	18	19	20
8	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	18	19	20	21	21	22
0	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,24	1,25
2	15	16	17	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	26	27
4	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30
6	19	20	21	22	23	24	25	25	26	27	28	29	30	31	31	32
8	22	23	23	24	25	26	27	28	29	30	30	31	32	33	34	35
0	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,35	1,36	1,37
2	26	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	39	40
4	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	39	40	41	42
6	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
8	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	42	43	44	45	46	47

Alturas del barómetro.

Temp. del barómetro.	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775
	mm.															
12°	1,35 37	1,36 38	1,37 39	1,38 40	1,39 41	1,40 42	1,41 43	1,42 44	1,43 45	1,44 46	1,45 47	1,46 48	1,47 49	1,48 50	1,49 51	1,50 52
13°	1,40 42	1,41 43	1,42 44	1,43 45	1,44 46	1,45 47	1,46 48	1,47 49	1,48 50	1,49 51	1,50 52	1,51 53	1,52 54	1,53 55	1,54 56	1,55 57
14°	1,44 46	1,45 47	1,46 48	1,47 49	1,48 50	1,49 51	1,50 52	1,51 53	1,52 54	1,53 55	1,54 56	1,55 57	1,56 58	1,57 59	1,58 60	1,59 62
15°	1,47 49	1,48 50	1,49 51	1,50 52	1,51 53	1,52 54	1,53 55	1,54 56	1,55 57	1,56 58	1,57 59	1,58 60	1,59 62	1,60 63	1,60 64	1,62 65
16°	1,49 51	1,50 52	1,51 53	1,52 54	1,53 55	1,54 56	1,55 57	1,56 58	1,57 59	1,58 60	1,59 62	1,60 63	1,61 64	1,62 65	1,63 66	1,65 67
17°	1,53 55	1,54 56	1,55 57	1,56 58	1,57 59	1,58 60	1,59 62	1,60 63	1,61 62	1,62 63	1,63 64	1,64 65	1,65 66	1,66 67	1,68 69	1,70 72
18°	1,56 57	1,57 58	1,58 59	1,59 60	1,60 61	1,61 62	1,62 63	1,63 64	1,64 65	1,65 66	1,66 67	1,68 69	1,70 71	1,72 73	1,74 75	1,75 77
19°	1,58 60	1,59 61	1,60 62	1,61 63	1,62 64	1,63 65	1,64 66	1,65 67	1,66 68	1,67 69	1,69 71	1,70 73	1,71 74	1,72 75	1,74 76	1,75 79
20°	1,60 62	1,61 63	1,62 64	1,63 65	1,64 66	1,65 67	1,66 68	1,67 69	1,68 70	1,69 71	1,70 73	1,71 74	1,72 75	1,73 76	1,74 77	1,75 80
21°	1,62 64	1,63 65	1,64 66	1,65 67	1,66 68	1,67 69	1,68 70	1,69 71	1,70 72	1,71 73	1,72 75	1,73 76	1,74 77	1,75 78	1,76 81	1,78 82
22°	1,64 66	1,65 67	1,66 68	1,67 69	1,68 70	1,69 71	1,70 72	1,71 73	1,72 75	1,73 76	1,74 77	1,75 78	1,76 79	1,77 80	1,78 81	1,80 82
23°	1,66 68	1,67 69	1,68 70	1,69 71	1,70 72	1,71 73	1,72 75	1,73 76	1,74 77	1,75 78	1,76 79	1,77 80	1,78 81	1,79 82	1,80 83	1,82 85
24°	1,67 69	1,68 70	1,69 71	1,70 72	1,71 73	1,72 75	1,73 76	1,74 77	1,75 78	1,76 79	1,77 80	1,78 81	1,79 82	1,80 83	1,81 84	1,83 85
25°	1,69 71	1,70 72	1,71 73	1,72 74	1,73 75	1,74 77	1,75 78	1,76 79	1,77 80	1,78 81	1,79 82	1,80 83	1,81 84	1,82 85	1,83 86	1,85 88
26°	1,71 73	1,72 74	1,73 75	1,74 76	1,75 77	1,76 78	1,77 79	1,78 80	1,79 81	1,80 82	1,81 84	1,82 85	1,83 86	1,84 87	1,85 88	1,87 90
27°	1,74 75	1,75 76	1,76 77	1,77 78	1,78 79	1,79 80	1,80 81	1,81 82	1,82 84	1,83 85	1,84 86	1,85 87	1,86 88	1,87 89	1,88 90	1,90 92
28°	1,76 77	1,77 78	1,78 79	1,79 80	1,80 81	1,81 82	1,82 83	1,83 85	1,84 86	1,85 87	1,86 88	1,87 89	1,88 90	1,89 91	1,90 92	1,92 95
29°	1,78 79	1,79 80	1,80 81	1,81 82	1,82 83	1,83 84	1,84 86	1,85 87	1,86 88	1,87 89	1,88 90	1,89 91	1,90 92	1,91 92	1,92 93	1,95 97



Alturas del barómetro.

Temp.

Temp.	del barómetro.	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775
20°	0	2,25	2,27	2,29	2,30	2,32	2,33	2,35	2,37	2,38	2,40	2,41	2,43	2,45	2,47	2,48	2,50
	2	28	29	31	33	34	36	37	39	41	42	44	46	47	49	50	52
	4	30	32	33	35	36	38	40	41	43	45	46	48	50	51	53	55
	6	32	34	35	37	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57
21°	0	2,37	2,38	2,40	2,42	2,43	2,45	2,47	2,49	2,50	2,52	2,54	2,55	2,57	2,59	2,60	2,62
	2	39	41	42	44	46	47	49	51	53	54	56	58	59	61	63	64
	4	41	43	45	46	48	50	52	53	55	57	58	60	62	64	65	67
	6	43	45	47	49	50	52	54	56	57	59	61	63	64	66	68	69
22°	0	2,48	2,50	2,51	2,53	2,55	2,57	2,59	2,60	2,62	2,64	2,66	2,67	2,69	2,71	2,73	2,75
	2	50	52	54	56	57	59	61	63	64	66	68	70	72	73	75	77
	4	52	54	56	58	60	61	63	65	67	69	70	72	74	76	78	79
	6	55	57	58	60	62	64	66	67	69	71	73	75	77	78	80	82
23°	0	2,59	2,61	2,63	2,65	2,67	2,68	2,70	2,72	2,74	2,76	2,78	2,80	2,81	2,83	2,85	2,87
	2	61	63	65	67	69	71	73	75	76	78	80	82	84	86	88	89
	4	64	66	67	69	71	73	75	77	79	81	83	84	86	88	90	92
	6	66	68	70	72	74	75	77	79	81	83	85	87	89	91	93	94
24°	0	2,68	2,70	2,72	2,74	2,76	2,78	2,80	2,82	2,84	2,86	2,88	2,90	2,91	2,93	2,95	2,97
	2	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100

L. VALLS Y C. IMPR. DE LOS HERMANOS VALLS



Alturas del barómetro.

Temp. del barómetro.	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
28°	0	3,16	3,20	3,22	3,25	3,27	3,29	3,31	3,34	3,36	3,38	3,40	3,43	3,45	3,47	3,49
	2	18	20	22	25	27	31	34	36	38	41	43	45	47	50	52
	4	20	22	25	27	29	31	34	36	38	41	43	45	48	50	54
	6	22	25	27	29	32	34	36	38	41	43	45	48	50	52	57
29°	0	3,27	3,29	3,31	3,34	3,36	3,39	3,41	3,43	3,46	3,48	3,50	3,53	3,55	3,57	3,60
	2	29	31	34	36	38	41	43	46	48	50	53	55	57	60	64
	4	31	34	36	38	41	43	46	48	50	53	55	57	60	62	67
	6	34	36	38	41	43	46	48	50	53	55	57	60	62	65	69
30°	0	3,38	3,41	3,43	3,45	3,48	3,50	3,53	3,55	3,57	3,60	3,62	3,65	3,67	3,69	3,72
	2	40	43	45	48	50	52	55	57	60	62	65	67	70	72	77
	4	43	45	47	50	52	55	57	60	62	65	67	70	72	74	79
	6	45	47	50	52	55	57	60	62	65	67	70	72	74	77	82
31°	0	3,49	3,52	3,54	3,57	3,59	3,62	3,64	3,67	3,69	3,72	3,74	3,77	3,80	3,82	3,87
	2	52	54	57	59	62	64	67	69	72	74	77	79	82	84	89
	4	54	56	59	61	64	67	69	72	74	77	79	82	84	87	92
	6	56	59	61	64	66	69	71	74	76	79	82	84	87	89	94
8	58	61	63	66	69	71	74	76	79	81	84	86	89	92	94	96



TABLA II.—TENSIONES DEL VAPOR DE AGUA EN EBULLICION A DIVERSAS TEMPERATURAS I A LA LATITUD DE 45°

Grados centígrados.	Décimos de grado.									
	0° 0	0° 1	0° 2	0° 3	0° 4	0° 5	0° 6	0° 7	0° 8	0° 9
90°	525,45	527,45	529,46	531,48	533,50	535,53	537,57	539,61	541,66	543,72
91	545,78	547,85	549,92	552,00	555,09	556,19	558,29	560,39	562,51	564,63
92	566,76	568,89	571,03	573,18	575,34	577,50	579,67	581,84	584,02	586,21
93	588,41	590,61	592,82	595,04	597,26	599,49	601,72	603,97	606,22	608,48
94	610,74	613,01	615,29	617,58	619,87	622,17	624,48	626,79	629,11	631,44
95	633,78	636,12	638,47	640,83	643,19	645,57	647,95	650,34	652,73	655,13
96	657,54	659,95	662,37	664,80	667,24	669,69	672,14	674,60	677,07	679,55
97	682,93	684,52	687,02	689,53	692,04	694,56	697,08	699,61	702,15	704,70
98	707,26	709,82	712,39	714,97	717,56	720,15	722,75	725,35	727,96	730,58
99	733,21	735,85	738,50	741,16	743,83	746,50	749,18	751,87	754,57	757,28
100	760,00	762,73	765,46	768,20	771,95	773,71	776,48	779,26	782,04	784,83

Latitud.	CORRECCION DE LA LATITUD.									
	Presion.									
	500mm	530mm	560mm	590mm	620mm	650mm	680mm	710mm	740mm	770mm
30°	+0,69	+0,73	+0,77	+0,81	+0,86	+0,90	+0,94	+0,98	+1,02	+1,06
35	-0,47	0,50	0,53	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,72
40	0,24	0,25	0,27	0,28	0,30	0,31	0,33	0,34	0,36	0,37
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	-0,24	-0,25	-0,27	0,28	-0,30	-0,31	-0,33	-0,34	-0,36	-0,37
55	0,47	0,50	0,53	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,72

TABLA III.—TABLA DE LA FUERZA ELÁSTICA DEL VAPOR DE AGUA, SEGUN V. REGNAULT.

Grados centígrados.	Décimos de grado.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	mm 1,39	mm 1,37	mm 1,36	mm 1,35	mm 1,33	mm 1,32	mm 1,31	mm 1,30	mm 1,29	mm 1,28
-15	1,50	1,49	1,48	1,47	1,45	1,44	1,43	1,42	1,41	1,40
-13	1,63	1,62	1,60	1,59	1,58	1,56	1,55	1,54	1,53	1,52
-12	1,76	1,75	1,74	1,72	1,71	1,69	1,68	1,67	1,65	1,64
-11	1,92	1,90	1,88	1,87	1,85	1,84	1,82	1,81	1,79	1,78
-10	2,08	2,06	2,05	2,03	2,01	2,00	1,98	1,96	1,95	1,93
-9	2,26	2,24	2,22	2,20	2,19	2,17	2,15	2,14	2,11	2,10
-8	2,46	2,44	2,42	2,40	2,38	2,36	2,34	2,32	2,30	2,28
-7	2,67	2,65	2,62	2,60	2,58	2,56	2,54	2,52	2,50	2,48
-6	2,89	2,87	2,84	2,82	2,80	2,78	2,75	2,73	2,71	2,69
-5	3,13	3,11	3,08	3,06	3,03	3,01	2,99	2,96	2,94	2,91
-4	3,39	3,36	3,34	3,31	3,28	3,26	3,23	3,21	3,18	3,16
-3	3,66	3,63	3,61	3,58	3,55	3,52	3,50	3,47	3,44	3,41
-2	3,96	3,93	3,90	3,87	3,84	3,81	3,78	3,75	3,72	3,69
-1	4,27	4,24	4,20	4,17	4,14	4,11	4,08	4,05	4,02	3,99
-0	4,60	4,57	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36	4,33	4,30
+0	4,60	4,63	4,67	4,70	4,73	4,77	4,80	4,84	4,87	4,91

Décimos de grado.

Grados centígrados.	Décimos de grado.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	4,94	4,98	5,01	5,05	5,08	5,12	5,16	5,19	5,23	5,27
1	5,30	5,34	5,38	5,42	5,45	5,49	5,53	5,57	5,61	5,65
2	5,69	5,73	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,01	6,06
3	6,10	6,14	6,18	6,23	6,27	6,31	6,36	6,40	6,45	6,49
4	6,53	6,58	6,63	6,67	6,72	6,76	6,81	6,86	6,90	6,95
5	7,00	7,05	7,10	7,14	7,19	7,24	7,29	7,34	7,39	7,44
6	7,49	7,54	7,60	7,65	7,70	7,75	7,80	7,86	7,91	7,96
7	8,02	8,07	8,13	8,18	8,24	8,29	8,35	8,40	8,46	8,52
8	8,57	8,63	8,69	8,75	8,81	8,87	8,93	8,99	9,05	9,11
9	9,17	9,23	9,29	9,35	9,41	9,47	9,54	9,60	9,67	9,73
10	9,79	9,86	9,92	9,99	10,05	10,12	10,19	10,26	10,32	10,39
11	10,46	10,53	10,60	10,67	10,73	10,80	10,88	10,95	10,02	10,09
12	11,16	11,24	11,31	11,38	11,46	11,53	11,61	11,68	11,76	11,83
13	11,91	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62
14	12,70	12,78	12,86	12,95	13,03	13,11	13,20	13,28	13,37	13,45
15	13,54	13,62	13,71	13,80	13,89	13,97	14,06	14,15	14,24	14,33
16	14,42	14,51	14,61	14,70	14,79	14,88	14,98	15,07	15,17	15,26
17	15,36	15,45	15,55	15,65	15,75	15,85	15,95	16,05	16,15	16,25
18	16,35	16,45	16,55	16,66	16,76	16,86	16,97	17,07	17,18	17,29
19	17,39	17,50	17,61	17,72	17,83	17,94	18,05	18,16	18,27	18,38
20										

ANALÉS DE LA UNIVERSIDAD

## Décimos de grado.

Grados centígrados	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	mm									
21	18,50	18,61	18,72	18,84	18,95	19,07	19,19	19,31	19,42	19,54
22	19,66	19,78	19,90	20,02	20,14	20,27	20,39	20,51	20,64	20,76
23	20,89	21,02	21,14	21,27	21,41	21,53	21,66	21,79	21,92	22,05
24	22,18	22,32	22,45	22,59	22,72	22,86	23,00	23,14	23,27	23,41
25	23,55	23,69	23,83	23,98	24,12	24,26	24,41	24,55	24,70	24,84
26	24,99	25,14	25,29	25,44	25,59	25,74	25,89	26,05	26,20	26,35
27	26,51	26,66	26,82	26,98	27,14	27,29	27,46	27,62	27,78	27,94
28	28,10	28,27	28,43	28,60	28,77	28,93	29,10	29,27	29,44	29,61
29	29,78	29,96	30,13	30,31	30,48	30,65	30,83	31,01	31,19	31,37
30	31,55	31,73	31,91	32,09	32,28	32,46	32,65	32,84	33,03	33,22
31	33,41	33,60	33,79	33,98	34,17	34,37	34,56	34,76	34,96	35,16
32	35,36	35,56	35,76	35,96	36,17	36,37	36,58	36,78	36,99	37,20
33	37,41	37,62	37,83	38,05	38,26	38,47	38,69	38,91	39,12	39,34
34	39,57	39,79	40,01	40,23	40,46	40,68	40,91	41,14	41,36	41,60
35	41,83	42,06	42,29	42,53	42,76	43,00	43,24	43,47	43,71	43,95
36	44,20	44,45	44,70	44,95	45,20	45,45	45,70	45,95	46,20	46,45
37	46,69	46,95	47,21	47,46	47,72	47,98	48,24	48,50	48,76	49,03
38	49,30	49,58	49,85	50,12	50,40	50,67	50,94	51,21	51,49	51,76
39	52,04	52,33	52,61	52,90	53,19	53,47	53,76	54,05	54,34	54,62
40	54,91	55,21	55,51	55,81	56,11	56,41	56,71	57,01	57,31	57,61

TABLA IV.—TABLA SIGROMÉTRICA (de 15° a cero).

Diferencia entre los termómetros seco i mojado.	Temperatura del termómetro mojado bajo cero.															
	15°	14°	13°	12°	11°	10°	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	0°
0,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,2	91	91	92	92	93	94	94	94	94	95	95	95	96	96	96	97
0,4	82	84	85	86	86	87	88	89	89	90	90	91	92	92	92	93
0,6	74	76	77	79	80	81	82	83	84	85	86	87	87	88	89	89
0,8	66	68	70	72	74	75	76	78	79	80	81	82	83	84	85	86
1,0	58	61	63	65	67	69	71	73	74	76	77	78	78	80	81	82
1,2	50	54	56	59	61	63	66	68	69	71	73	74	75	77	78	79
1,4	43	46	50	53	55	58	61	63	65	67	69	70	72	73	74	76
1,6	36	40	43	47	50	52	56	58	61	63	65	67	68	70	72	73
1,8	29	33	37	41	44	47	51	54	56	59	61	63	65	66	68	70
2,0	22	26	31	35	39	42	46	49	52	55	57	59	61	63	65	67
2,2	15	21	25	30	34	38	41	45	48	51	53	55	58	60	62	64
2,4	9	15	20	24	29	33	37	40	44	47	50	52	55	57	60	61
2,6	3	9	14	19	24	28	33	36	40	43	46	49	52	54	56	58
2,8	4	4	9	14	19	24	28	32	36	40	43	46	48	51	53	56
3,0	4	4	9	15	20	24	28	32	36	40	43	46	48	51	53	56
3,2	5	10	16	20	25	29	33	36	40	43	46	48	51	53	56	59
3,4	6	12	17	22	27	32	36	40	44	48	51	54	57	60	63	66
3,6	2	8	13	18	22	26	30	33	37	40	43	46	48	51	54	57
3,8	4	10	14	19	24	28	32	36	40	43	46	48	51	54	57	60

TABLA V.—TABLA SICROMÉTRICA (de cero a +14°).

Diferencia entre los termómetros seco y mojado.	Temperatura del termómetro mojado sobre cero.														
	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
0,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,2	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98
0,4	92	93	93	93	93	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95
0,6	88	89	89	90	90	91	91	91	92	92	93	93	93	93	93
0,8	85	85	86	87	87	88	88	89	89	89	90	90	90	91	91
1,0	81	82	83	83	84	85	85	86	86	86	86	87	88	89	89
1,2	78	79	80	80	81	82	83	83	84	84	85	86	86	86	87
1,4	74	75	76	77	78	79	80	81	81	82	83	83	84	84	85
1,6	71	72	73	74	75	77	77	78	79	80	80	81	82	82	83
1,8	67	69	70	71	73	74	75	76	76	77	78	79	80	80	81
2,0	64	66	67	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	78	79
2,2	61	63	65	66	67	69	70	71	72	73	74	75	76	76	77
2,4	58	60	62	63	65	66	67	69	70	71	72	73	74	75	75
2,6	55	57	59	61	62	64	65	66	68	69	70	71	72	73	73
2,8	52	54	56	58	60	61	63	64	65	67	68	69	70	71	72
3,0	50	52	54	56	57	59	61	62	63	65	66	67	68	69	70
3,2	47	49	51	53	55	57	58	60	61	63	64	65	66	67	68
3,4	44	47	49	51	53	55	56	58	59	61	62	63	64	66	67
3,6	41	44	46	49	51	52	54	56	57	59	60	61	62	64	65
3,8	39	42	44	46	48	50	52	54	56	57	58	60	61	63	63

Temperatura del termómetro mojado sobre cero.

Diferencia entre los termómetros seco i mojado.	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
0															
4,0	36	39	42	44	46	48	50	52	54	55	57	58	59	61	62
4,2	34	37	39	42	44	46	48	50	52	53	55	56	58	59	60
4,4	32	35	37	40	42	44	46	48	50	52	53	55	56	57	59
4,6	29	32	35	38	40	42	44	46	48	50	52	53	55	56	57
4,8	27	30	33	36	38	40	43	45	47	48	50	52	53	55	56
5,0	25	28	31	34	36	39	41	43	45	47	48	50	52	53	54
5,2	23	26	29	32	34	37	39	41	43	45	47	49	50	52	53
5,4	21	24	27	30	33	35	37	40	42	44	45	47	49	50	51
5,6	19	22	25	28	31	33	36	38	40	42	44	46	47	49	50
5,8	17	20	23	26	29	32	34	36	39	41	42	44	46	47	49
6,0	15	18	22	25	28	30	33	35	37	39	41	43	44	46	47
6,2	13	16	20	23	26	28	31	33	35	38	40	41	43	45	46
6,4	11	15	18	21	24	27	29	32	34	36	38	40	42	43	45
6,6	9	13	16	19	23	25	28	30	33	35	37	39	41	42	44
6,8	8	11	15	18	21	24	26	29	31	33	35	37	39	41	43
7,0	6	10	13	16	19	22	25	28	30	32	34	36	38	40	41
7,2	4	8	12	15	18	21	24	26	29	31	33	35	37	39	40
7,4	3	7	10	13	16	19	23	25	27	30	32	34	36	37	39
7,6	1	5	9	12	15	18	21	24	26	28	30	32	34	36	38
7,8		4	7	11	14	17	20	22	25	27	29	31	33	36	37

Temperatura del termómetro mojado sobre cero.

Diferencia entre los termómetros seco i mojado.	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
8,0		2	6	9	13	16	18	21	24	26	28	30	32	34	36
8,2		1	4	8	11	14	17	20	22	25	27	29	31	33	35
8,4			3	7	10	13	16	19	21	24	26	28	30	32	34
8,6			2	5	9	12	15	17	20	23	25	27	29	31	33
8,8			1	4	8	11	14	16	19	21	24	26	28	30	32
9,0				3	6	10	13	15	18	20	23	25	27	29	31
9,2				2	5	8	12	14	17	19	22	24	26	28	30
9,4				1	4	7	10	13	16	18	21	23	25	27	29
9,6					3	6	9	12	15	17	20	22	24	26	28
9,8					2	5	8	11	14	16	19	21	23	25	27
10,0						4	7	10	13	16	18	20	22	25	28
10,2						3	6	9	12	15	17	19	22	24	25
10,4						2	5	8	11	14	16	18	21	23	25
10,6						1	4	7	10	13	15	18	20	22	24
10,8							3	6	9	12	14	17	19	21	23
11,0							2	5	8	11	14	16	18	20	22
11,2							1	4	7	10	13	15	17	19	21
11,4								3	6	9	12	14	16	18	20
11,6								2	5	8	11	14	16	18	20
11,8								1	4	7	10	13	15	17	19

Observaciones del Observatorio de Santiago del 1864.



TABLA V (Continuacion).—TABLA SICROMÉTRICA (de +15° a +30°)

Diferencia entre los termómetros seco i mojado.	Temperatura del termómetro mojado sobre cero.															
	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,0	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
0,2	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
0,4	93	94	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95
0,6	91	92	92	92	92	92	92	93	93	93	93	93	93	93	93	93
0,8	89	90	90	90	91	91	91	91	91	92	92	92	92	92	92	92
1,0	87	88	88	88	89	89	89	90	90	90	90	90	90	91	91	91
1,2	85	86	86	87	87	87	88	88	88	88	89	89	89	89	90	90
1,4	83	84	84	85	85	86	86	86	87	87	87	87	88	88	88	89
1,6	81	82	83	83	83	84	84	85	85	85	86	86	86	87	87	87
1,8	80	80	81	81	82	82	83	83	83	84	84	85	85	85	85	86
2,0	78	78	79	80	80	81	81	82	82	82	83	83	83	84	84	84
2,2	76	77	77	78	78	79	80	80	80	81	81	82	82	83	83	83
2,4	74	75	76	76	77	77	78	79	79	79	80	80	81	81	81	82
2,6	72	73	74	75	75	76	77	77	78	78	79	79	79	80	80	81
2,8	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	77	78	78	79	79	80
3,0	69	70	71	72	72	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	79
3,2	67	68	69	70	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77
3,4	66	67	68	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
3,6	64	65	66	67	68	69	69	70	71	71	72	72	73	74	74	75
3,8	64	65	67	67	68	69	69	70	71	71	72	72	73	74	74	75

Temperatura del termómetro mojado sobre cero.

Diferencia

entre los

termómetros

seco y mojado.

	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
0	63	64	65	66	66	67	68	69	69	70	71	71	72	72	73	73
1	61	62	63	64	65	66	67	68	68	69	70	70	71	71	72	72
2	60	61	62	63	64	65	66	67	67	68	68	69	70	70	71	71
3	58	59	60	61	62	63	64	65	66	66	67	68	68	69	70	70
4	57	58	59	60	61	62	63	64	65	65	66	67	67	68	69	69
5	55	57	58	59	60	61	62	63	63	64	65	65	66	67	68	68
6	54	55	56	58	59	60	60	61	62	63	64	64	65	66	67	68
7	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	63	64	65	66	66
8	51	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	62	63	64	65	65
9	50	51	52	53	54	55	57	58	59	60	60	61	62	63	64	64
10	49	50	52	53	54	55	56	57	58	59	59	60	61	62	63	63
11	48	49	50	51	53	54	55	56	57	58	58	59	60	61	62	63
12	46	48	49	50	51	53	54	55	56	57	58	58	59	60	61	62
13	45	47	48	49	50	52	53	54	55	55	56	57	58	59	60	61
14	44	45	47	48	49	50	52	53	54	54	55	56	57	58	59	60
15	44	44	46	47	48	49	51	52	53	53	54	55	56	57	58	59
16	43	43	45	46	47	48	50	51	52	52	53	54	55	56	57	58
17	42	42	44	45	46	47	49	50	51	52	52	53	54	55	56	57
18	41	42	44	45	46	47	49	49	50	51	52	52	53	54	55	56
19	40	41	43	44	45	46	48	49	50	51	52	52	53	54	55	56
20	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
21	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56

339 74.8  
7.6  
7.8

Diferencia entre los termómetros seco i mojado.	Temperatura del termómetro mojado sobre cero.															
	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
0	37	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50	51	51	52	53	54
8,2	36	38	39	41	42	43	45	46	47	48	49	50	50	51	52	53
8,4	35	37	39	40	41	43	44	45	46	47	48	49	49	50	51	52
8,6	34	36	38	39	40	42	43	44	45	46	47	48	48	49	50	51
8,8	33	35	37	38	39	41	42	43	44	45	46	47	47	48	49	50
9,0	33	34	36	37	39	40	41	42	43	44	45	46	46	47	48	49
9,2	32	33	35	36	38	39	40	41	42	44	45	46	46	47	48	49
9,4	31	32	34	35	37	38	40	41	42	43	44	45	45	47	48	49
9,6	30	31	33	35	36	37	39	40	41	42	43	44	45	46	48	48
9,8	29	31	32	34	35	36	38	39	40	41	42	43	44	45	47	48
10,0	28	30	31	33	34	36	37	38	39	40	42	43	44	45	46	47
10,2	27	29	31	32	33	35	36	37	39	39	41	42	43	44	45	46
10,4	26	28	30	31	33	34	35	37	38	38	40	41	43	43	44	45
10,6	26	27	29	30	32	33	35	36	37	37	40	41	42	43	44	44
10,8	25	27	28	29	31	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	44
11,0	24	26	27	29	30	32	33	34	36	37	38	39	40	41	42	43
11,2	23	25	27	28	30	31	32	34	35	37	38	38	40	41	42	43
11,4	22	24	26	27	29	30	32	33	34	36	37	37	39	40	41	42
11,6	22	23	25	27	28	30	31	32	34	35	36	37	38	39	40	41
11,8	21	22	24	26	28	29	30	32	33	34	36	37	38	39	40	41

Temperatura del termómetro mojado sobre cero.

Diferencia entre los termómetros seco i mojado.

	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
0																
12,0	20	22	24	25	27	28	30	31	32	34	35	36	37	38	39	40
12,2	21	21	23	25	26	28	29	30	32	33	34	36	37	38	38	39
12,4	19	21	22	24	26	27	28	30	31	33	34	35	36	37	38	39
12,6	18	20	22	23	25	26	28	29	31	32	33	34	35	37	37	38
12,8	18	19	21	23	25	26	27	28	30	31	33	34	35	36	37	38
13,0	17	19	21	22	24	25	27	28	30	31	32	33	34	35	36	37
13,2	16	18	20	22	23	25	27	28	29	30	31	33	33	35	35	36
13,4	16	18	19	21	22	24	26	27	29	30	31	32	33	34	35	36
13,6	15	17	19	20	22	23	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35
13,8	15	16	18	20	21	23	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35
14,0	14	16	18	19	21	22	24	26	27	28	29	30	31	32	33	34
14,2	14	16	17	19	21	22	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34
14,4	13	15	17	19	20	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33
14,6	13	15	16	18	20	21	23	24	25	26	28	29	30	31	32	33
14,8	12	14	16	18	19	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31	32
15,0	12	14	15	17	19	20	22	23	24	25	27	27	29	30	31	32
15,2	11	13	15	16	18	20	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31
15,4	11	13	14	16	18	19	20	22	23	25	26	27	28	29	30	31
15,6	10	12	14	16	17	19	20	21	23	24	25	26	27	28	29	30
15,8	10	12	13	15	17	18	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30
16,0	9	11	13	14	16	18	19	21	22	23	24	25	26	27	28	29