sobre su velocidad hasta muchos centenares de metros de altura. La capa atmosférica inferior tiende siempre á deslizarse á lo largo de los rios y de los valles. Mis observaciones sobre este particular son numerosas y están todas de acuerdo: Vancouleurs, Beaugency, Meulan, etc.

VELOCIDAD DEL VIENTO.

Viento sensible..	1 metro	por	segundo, ó	3½	kilómetros	por hora.
— moderado..	2 —	—		7	—	—
— algo fuerte.	6 —	—		21	—	—
— fuerte.....	10 —	—		36	—	—
— muy fuerte.	15 —	—		54	—	—
— violento....	20 —	—		72	—	—
Tempestad.....	25 —	—		90	—	—
Huracan.....	36 —	—		130	—	—

Aun cuando el viento sea muy débil en la superficie del terreno, las nubes y los aerostatos marchan con una velocidad media de 10 á 15 metros por segundo, ó de 36 á 54 kilómetros por hora.

IV.

VARIACION DE LA TEMPERATURA SEGUN LAS ALTURAS.

El descenso de la temperatura del aire, que tan importante papel desempeña en la formacion de las nubes y en los elementos de la meteorología, está muy distante de seguir una ley regular y constante, puesto que varía segun las horas, las estaciones, la transparencia del cielo, el orígen de los vientos, el estado del vapor de agua, etc. Unicamente por medio de un gran número de observaciones se podrá llegar á establecer una regla determinada, puesto que es preciso, ante

todo, conocer y eliminar infinitas causas secundarias cuya accion obra incesantemente.

Resulta de 650 observaciones aerostáticas, efectuadas en el seno de estas condiciones tan discordantes, y por lo tanto, ménos defectuosas que las condiciones de las observaciones llevadas á cabo en las montañas, que el descenso de la temperatura del aire difiere primeramente segun esté el cielo despejado ó cubierto; es más rápido cuando el cielo está despejado y más lento cuando el cielo está cubierto.

Con el cielo nublado, el descenso de la temperatura es de 3° para los 500 primeros metros; de 6° para 1.000 metros; de 9° para 1.500 metros, y de 11°,5 para 2.000 metros. Pasada esta altura se sale de la capa de nubes inferiores. Término medio: un grado para cada 174 metros.

Con cielo despejado, el descenso medio de la temperatura es de 4° para los 500 primeros metros, á partir de la superficie del terreno; de 7° para 1.000 metros; de 10°,5 para 1.500 metros; de 13° para 2.000 metros; de 15° para 2.500 metros; de 17° para 3.000 metros, y de 19° para 3.500 metros. Si tomamos como término medio los 2.000 primeros metros, para compararlo con el precedente, hallamos un grado para 154 metros: por tanto, el descenso es más rápido.

Durante el dia, la temperatura de las nubes es superior á la del aire de encima y de debajo de ellas.

El descenso es más rápido en las regiones próximas á la superficie del terreno, y se va deteniendo á medida que se eleva la observacion.

El descenso es más rápido por la tarde que por la mañana, y durante los dias cálidos que durante los dias frios.

Se hallan con frecuencia en la atmósfera regiones más calientes ó más frias que el término medio de la altura, y que atraviesan la atmósfera como *rios aéreos*. Estas inversiones de temperatura se manifiestan principalmente en los dias frios ó en invierno.

Como ya hemos visto en el párrafo segundo, la diferencia entre las indicaciones del termómetro de la sombra y las del termómetro del sol, aumenta á medida que el observador se eleva en las alturas de la atmósfera.

V.

NUBES.—FORMAS, DIMENSIONES, ESTADO HIGROMÉTRICO Y CALORÍFICO, ETC.

La multitud de formas que revisten las nubes pueden reducirse á dos principales: los *cúmulos* ó nubes ordinarias, que parecen enormes humaredas de vapores blancos, ó balas de algodon más ó ménos irregulares y que viajan con el viento sobre nuestros campos; los *cirros*, ó nubecillas blancas, perdidas en las alturas del azur, que forman á veces esas vedijas tan sueltas. Los primeros son siempre los más bajos, y de ellos cae la lluvia cuando se condensan en extensas capas. Entónces se llaman *estratos*, y *nimbos* cuando la lluvia cae.

Los primeros, los cúmulos, se hallan situados á una distancia media de 1.000 á 1.500 metros de tierra, áun cuando suelen á veces encontrarse encima ó debajo de estos límites.

Los segundos, los cirros, no se hallan nunca á una

altura inferior á cinco veces la distancia media de los primeros. Yo no los he alcanzado jamás.

La superficie superior de los cúmulos está formada por mamelones ó montañas blancas que tienen el aspecto de la lana recien cardada, hasta el extremo de aparecer á la vista como masas sólidas.

Estas nubes no son más húmedas ni más pesadas que el aire; están constituidas por un estado *visible* del vapor de agua, que existe en igual cantidad debajo de ellas como dentro de ellas, aunque invisible. Este vapor se hace visible cuando el aire, saturado de humedad, se enfria. La diferencia de temperatura es sensible, sin embargo, en la base de la nube, y el calor aumenta con bastante rapidez á medida que el observador se eleva en la nube misma.

Durante el dia 23 de Junio de 1867 estuvo el tiempo cubierto, extendiéndose las nubes como una inmensa capa gris formada de vastos cúmulos-estratos. A las cinco de la tarde llegamos á la superficie inferior de aquella capa, á la altura de 630 metros. La superficie superior estaba á 810 metros. Así, pues, estas nubes, que no dejaban pasar los rayos del sol, no tenian 200 metros de espesor.

El máximum de humedad relativa se manifiesta bajo la superficie inferior de las nubes. El higrómetro, que marca allí 90°, señala 89 á 650 metros, 88 á 680, 87 á 720, 86 á 800 y 85 á 840, sobre la superficie superior de las nubes, continuando despues decreciendo.

En cambio el calor aumenta á medida que el observador se eleva en el seno de las nubes. El termómetro, que marcaba 20° al nivel del terreno, desciende hasta 15 á 600 metros. Al entrar en la nube se eleva á 16 á

650 metros, á 17 á 700, á 18 á 750 y á 19 á 810; despues decrece á la sombra y continúa subiendo al sol.

El dia de la ascension de que hablo, y durante el cual estuve cerca de doce horas en la atmósfera, pude repetir muchas veces los experimentos relativos al nivel superior é inferior de las nubes. Dos horas despues de la observacion más arriba detallada, es decir, á las siete, la superficie superior bajó á 760 metros y la superficie inferior á 590.

A las ocho, ántes de ponerse el sol, estaba la superficie superior á 700 metros y la inferior á 550.

A las nueve, las nubes, que se cernian á la misma altura media, se hallaban extendidas en capas ligeras.

Antes de ponerse el sol son ménos densas y más transparentes, pudiendo á veces distinguir la tierra á través de ellas.

Cuando se hace de noche sobre la tierra, se goza, al subir sobre las nubes, de una claridad relativa que permite leer y escribir muy fácilmente.

Las vesículas de las nubes, que miden por término medio dos céntimos de milímetro de diámetro, deben estar huecas, y sin duda no son más pesadas que el aire en que flotan, porque el aire caliente que encierran debe compensar la diferencia entre el peso de la cubierta líquida y el del aire, por lo ménos durante el dia. Tienen tambien un estado eléctrico especial.

El 15 de Julio de 1867, al salir el sol, he podido observar cómodamente la formacion de las nubes sobre la cuenca del Rhin. Vemos salir el sol á las tres y cuarenta minutos, flotando el aerostato á 2.000 metros de altura sobre Aix-la-Chapelle. A las cuatro y veinticinco minutos comienzan las nubes á formarse por debajo de nosotros, en una zona situada á la mitad de

nuestra altura próximamente. La tierra, que hasta este momento habia permanecido visible, queda oculta en diferentes puntos por inmensos copos.

Airosamente suspendidas en el seno de la atmósfera se disipan las nubes sobre un punto y se agrupan sobre otro con asombrosa facilidad. Los trozos ó retazos sueltos que flotan dispersos por uno y otro lado, se aproximan y se funden *como por atraccion eléctrica*.

El sol se hace más ardiente á medida que se eleva sobre el horizonte, y hace subir el aerostato. El mismo efecto se produce sobre las nubes, que se elevan sensiblemente, y relativamente con más rapidez que nosotros. En una hora ascienden 800 metros, y su superficie superior llega casi hasta nuestra barquilla.

Poco á poco se funden con la misma facilidad con que han aparecido; las últimas que quedan errando dispersas desaparecen muy pronto.

El termómetro marca 2°.

El higrómetro se inclina á la sequedad, pasando de 82 á 62° de 1.900 á 2.400 metros. Al operar algo más tarde nuestro movimiento de descenso, hemos hallado 90° á 1.600 metros, 98 á 1.100, 90 á 706, 84 á 240 y 82 en la superficie del terreno.

La nubes se funden con frecuencia por su parte superior y se hacen más densas por la inferior.

Cuando se boga encima de esta region de las nubes inferiores (cúmulos-estratos), y los cirros se ciernen en el cielo, parecen estos últimos tan elevados sobre el observador como si éste no hubiera abandonado la tierra y se hallara entre dos cielos muy diferentes. Al llegar á 4.000 metros, el cielo de los cirros pierde su concavidad y el de los cúmulos-estratos se ahueca. Cuando la atmósfera está despejada se produce el mis-

mo efecto respecto de la tierra, quedando sorprendido el observador al ver bajo sus plantas una superficie cóncava en vez de una superficie convexa. El horizonte sensible sube con nosotros y se mantiene siempre á la altura de la vista.

Lo que parece resultar de todas las observaciones hechas sobre este punto es que las nubes se deben á la condensacion de la *humedad relativa* del aire: corrientes ascendentes se exhalan de una region húmeda y atraviesan una zona determinada que hace visible su vapor invisible. Un dia que pasábamos en globo sobre la selva de Villers-Cotterets, quedamos sorprendidos al ver durante más de veinte minutos una nubecilla que podria tener 200 metros de largo por 150 de ancho, y que se hallaba suspendida *inmóvil* á 80 metros próximamente sobre los árboles. Al aproximarnos vimos cinco ó seis más pequeñas, diseminadas é igualmente inmóviles. Sin embargo, el aire marchaba á razon de 8 metros por segundo: ¿qué ancla invisible retenia aquellas nubecillas? Al llegar encima de ellas reconocimos que la principal estaba suspendida sobre un estanque y que las otras marcaban el curso de un riachuelo.

Respecto á la formacion de las nieblas, cuando se llega en globo, al romper la aurora, sobre paisajes desconocidos, se distinguen fácilmente los valles de las mesetas segun sus matices; miéntras las mesetas continúan negras los valles blanquean. El vapor de agua está visiblemente condensado y el aire es más frio que sobre las mesetas. Esta observacion la precisé especialmente el 19 de Junio de 1867, á las tres de la mañana, al descender en el valle de la Touque (Orne). El termómetro descendió de 11° á 6, desde 400 metros

hasta el nivel de la tierra; y el 24 de Junio, á las cuatro de la mañana, descendiendo en el valle del Charente, bajó el termómetro de 16° á 14 desde 300 metros hasta el nivel del terreno. En estas dos circunstancias habia un máximum de humedad en la superficie, sin perjuicio del máximum general señalado precedentemente.

En resúmen, la altura media de las dos capas principales de nubes es la que ya he señalado. El máximum de humedad no está en su seno, sino en el plano de su superficie inferior. La temperatura á la sombra es más elevada en las nubes cúmulos que debajo de ellas. Estas nubes no son otra cosa que un estado visible del vapor de agua distribuido en el aire en una forma ordinariamente invisible. Marchan con el aire y pueden hacerse de nuevo invisibles al atravesar ciertas regiones. Su altura varía segun las horas; la más elevada suele ser á medio dia.

VI.

EXPERIMENTOS DIVERSOS.

A. *Trasmision del sonido, intensidad, velocidad.*— La intensidad de los sonidos emitidos en la superficie de la tierra, se propaga sin extinguirse hasta grandes alturas en la atmósfera. Citaremos algunos ejemplos: el silbato de una locomotora se oye á 3.000 metros de altura; el ruido de un tren á 2.500 metros; los ladridos hasta 1.800 metros; un tiro se percibe á la misma distancia; los gritos de una poblacion se transmiten á veces hasta 1.600 metros, y á la misma distancia se dis-

tingue igualmente bien el canto del gallo y el sonido de una campana. A 1.400 metros se oye distintamente el tambor y todos los sonidos de una orquesta. A 1.200 metros es perceptible el ruido de los carruajes sobre el empedrado. A 1.000 metros se entiende la llamada de la voz humana, y durante el silencio de la noche, el curso de un arroyo ó de un rio algo rápido produce á la misma altura el efecto de sonoras cascadas. A 900 metros se aprecia distintamente el canto quejumbroso de las ranas, y hasta el *cri-cri* del grillo se oye á 800 metros de altura.

No sucede lo mismo con los sonidos dirigidos de alto á bajo. Miéntras que oimos una voz que nos habla á 500 metros debajo de nosotros, no se entienden con claridad nuestras palabras á más de 200 metros.

El dia que más me sorprendió esta asombrosa trasmision de los sonidos, siguiendo la vertical de abajo arriba, fué durante mi ascension del 23 de Junio de 1867. Sumergidos hacía algunos minutos en el seno de las nubes, nos hallábamos envueltos en aquel velo blanco y opaco que nos ocultaba el cielo y la tierra, examinando yo con asombro el aumento singular de luz que se efectuaba á nuestro alrededor, cuando repentinamente hirieron nuestros oidos los sonidos de una melodiosa orquesta. Oimos la pieza ejecutada tan distinta y perfectamente como si la orquesta estuviera en la nube misma, á algunos metros de nosotros. Estábamos entónces sobre Antony (Seine-et-Oise). Habiendo relatado el hecho un periódico, recibí con placer algunos dias despues una carta del presidente de la Sociedad filarmónica de aquella poblacion, diciéndome que, reunida dicha Sociedad en el patio de la Casa municipal, habia percibido el aerostato por una clara y

nos habia dedicado una de sus piezas más delicadamente matizadas, en la esperanza de que nos serviria para nuestros experimentos de acústica. En verdad que no podia haber tenido mejor inspiracion.

El aerostato flotaba á 900 metros del sitio del concierto y casi en su zenit. A 1.000 metros, 1.200 y áun 1.400, continuamos apreciando distintamente los compases. Esta observacion se ha renovado en cinco circunstancias diferentes, y siempre he comprobado la permanencia de la intensidad de los sonidos, y de *todos* los sonidos, que marchan con la misma velocidad, llevando la pieza musical en toda su integridad.

Las nubes no oponen obstáculo alguno á la transmision del sonido. Por el contrario, *son mejores conductores que el aire puro.*

En cuanto á la velocidad, no he podido hacer experimentos más que con ayuda del eco, con un buen cronómetro. Las velocidades medias que he obtenido, compuestas de la doble marcha del sonido desde la barquilla á tierra y desde tierra á la barquilla, están entre 333 y 340 metros.

La mejor superficie para devolver el eco es la de una agua tranquila. Acontece á veces que un lago devuelve distintamente una primera mitad de frase, miéntras que la segunda parte se termina difícilmente por la superficie irregular del terreno de las orillas.

B. *Optica.—Sombra luminosa del globo.—Aureola de colores.*—Al mismo tiempo que boga el globo, llevado por la corriente, viaja su sombra, bien sobre la campiña, bien sobre las nubes. Esta sombra es ordinariamente negra, como todas; pero acontece con frecuencia que se destaca clara sobre el fondo del terreno, y parece de este modo luminosa.

Al examinar esta sombra con un anteojo, se nota que se compone de un núcleo oscuro y de una penumbra en forma de aureola. Esta, frecuentemente muy ancha con relacion al diámetro del núcleo central, se eclipsa á la simple vista, de suerte, que la sombra entera parece como una nebulosa circular proyectándose en amarillo sobre el fondo verde de los bosques y las praderas. He notado que, en general, esta sombra luminosa es tanto más acentuada cuanto mayor es la humedad en la superficie del terreno.

Esta sombra presenta á veces sobre las nubes un extraño aspecto. Me ha acontecido muchas veces, al salir del seno de las nubes y llegar al cielo puro, percibir repentinamente, á 20 ó 30 metros de mí, un segundo aerostato perfectamente dibujado, destacándose en gris sobre el fondo blanco de las nubes. Este fenómeno se manifiesta en el momento en que vuelve á verse el sol distinguiéndose los más ligeros detalles de la armadura de la barquilla, reproduciendo nuestras sombras todos nuestros movimientos.

La sombra del globo aparece á veces rodeada de círculos concéntricos de colores, de los cuales forma el centro la barquilla, que se destaca admirablemente sobre un fondo blanco amarillento. Un círculo azul pálido ciñe este fondo y la barquilla en forma de anillo. Alrededor de este anillo se dibuja un segundo amarillento; despues hay una zona gris; y por último, como circunferencia exterior, un ligero matiz violeta que se funde insensiblemente con los tonos grises de las nubes.

Estas causas no se deben únicamente á un efecto de contraste, y la teoría de las aureolas accidentales no explica enteramente su produccion. Hay aquí un fenómeno de anthelio producido por *la difraccion de la luz sobre las vesículas de las nubes.*

C. *Fotometría.—Claridad de la aurora.—Luz de la luna y de las estrellas.*—En la época del solsticio de estío, cuando la atmósfera está serena y la luna ausente, una elevacion de 200 metros, á media noche, fuera de la bruma inferior, es suficiente para observar al Norte la claridad del crepúsculo.

Cuando la luna brilla en su plenitud, es fácil seguir la comparacion de su luz con la de la aurora. Esto es lo que he efectuado, entre otras veces, durante la noche del 18 al 19 de Junio de 1867. Comparando simultáneamente la luz de la luna, que acababa de pasar por el meridiano, con la de la aurora, y siguiendo el crecimiento de ésta, he reconocido que las dos claridades han llegado á ser iguales á las dos y cuarenta y cinco minutos de la madrugada, una hora y trece minutos ántes de la salida del sol. A partir de este instante fué sobreponiéndose la luz de la aurora á la de la luna.

Lo que más nos sorprendió en este experimento fué el descubrir que la blancura legendaria de la luz de la luna no es blanca sino por comparacion con nuestras luces artificiales, puesto que enrojece ante la aurora como la del gas ante la de la luna.

Una diferencia notable distingue igualmente la luz de la aurora de la de la luna. Aun ántes de que la primera alcance la intensidad de la segunda, *penetra* la de la aurora los objetos de la naturaleza, miéntras que la de la luna *se desliza* por su superficie y los esfuma vagamente.

Aun con el cielo más despejado, parecen desde arriba las regiones próximas á la tierra veladas siempre por vapores.

El centelleo de las estrellas es más débil en las alturas de la atmósfera que en la superficie de la tierra.

D. *Color y trasparencia del cielo.* — Al pasar de 3.000 metros de altura parece el cielo oscuro é impenetrable. Su color es un gris azulado oscuro en las regiones cercanas al zenit, azul en la zona elevada de 40 á 50°, y azul pálido y blanquecino al aproximarse al horizonte. La oscuridad del cielo superior es ordinariamente proporcional á la disminucion de la humedad. Cuando la atmósfera es muy pura, parece que se interpone un tenue y trasparente velo azul por debajo de nosotros, entre la barquilla y las intensas coloraciones de la superficie terrestre.

E. *Influencia aparente de la luna sobre la condensacion del vapor de agua.* — Nos ha acontecido con frecuencia, hácia media noche, y hallándonos debajo de ligeros nublados, verlos fundirse insensiblemente ante la luz de la luna, y desaparecer completamente, como sucede en más vasta escala, durante el dia, bajo la accion del sol. Es suficiente pasar dos horas hácia la época del pleniluuio, en el seno de la atmósfera, para apercibirse de que ciertas ligeras nubecillas se disuelven al mismo tiempo que se va elevando la luna. ¿Es una sencilla coincidencia? ¿Es verdaderamente la influencia directa de la luna?

Tales son las principales series de observaciones que me ha sido posible efectuar en mis doce viajes aeronáuticos. Otras hay que no están bastante adelantadas para ser expuestas ahora, y por tanto me detengo aquí. Todos los resultados que he diseñado en este trabajo no deben considerarse como absolutos y definitivos; pero deseo ofrecerlos como jalones útiles á los que se entregan al estudio de la meteorología, y tengo la esperanza

de que cierto número de mis observaciones podrán servir para la fundacion de esta ciencia.

Termino estos trabajos haciendo votos porque estas especies de observaciones y de estudios se multipliquen en nuestro país. El objeto de la meteorología debe ser, interpretando una asercion de Humboldt, «reconocer la unidad en la inmensa variedad de los fenómenos, y descubrir, por el libre ejercicio del pensamiento y por la combinacion de las observaciones, la constancia de los fenómenos á pesar de sus cambios aparentes.» El mundo atmosférico está aún velado para la ciencia, y únicamente por el número y valor de nuestras investigaciones conseguiremos arrancar á la naturaleza algunos de sus secretos.