

era impetuoso, y lo arrebató. El ancla no se hincaba en ninguna parte, y la navecilla se arrastraba por el campo: los cuerpos de mis desgraciados amigos sufrían terribles sacudidas; á cada momento esperaba verlos lanzados fuera de la barquilla. Pude sin embargo asir la cuerda de la válvula, y el globo se vació al poco rato, destrozándose despues contra un árbol. Eran las cuatro.

»Al poner el pié en tierra me sentí poseído de una excitación febril, violenta, poniéndome lívido y como si estuviese agobiado. Creí que iba á reunirme con mis amigos en el otro mundo. Sin embargo, me repuse poco á poco, y me acerqué á mis desgraciados compañeros que estaban yertos y rígidos, haciendo que trasladaran sus cadáveres á una granja cercana: los sollozos me ahogaban, como me ahogan todavía.

»Estoy en Ciron, cerca de Blanc (Indre), donde he hallado una cordial hospitalidad. He tenido calentura toda la noche, y como no he tomado alimento, me encuentro muy débil.—Os abraza

GASTON TISSANDIER.»

A los detalles que se dan en la carta anterior, podemos añadir algunos relativos al descenso en que M. Tissandier demostró

un valor y una serenidad á toda prueba. Cuando este aeronauta vió que no había remedio para sus amigos, y que el globo bajaba con vertiginosa rapidez, reunió todas sus fuerzas y arrojó el ancla. En aquel momento las llanuras de la Brenne desfilaban como si las impulsara un poder infernal; la máquina se acercó al río Creuse, pero entonces, despues de rozar los árboles del parque de la Barre, fué á dar contra un olmo: la sacudida fué terrible, mas el atrevido viajero no se intimida; sube por las cuerdas, y desgarró la cubierta del globo. Arroja nuevamente el ancla, y viendo muchos hombres que corren en su auxilio, se precipita de la barquilla para darles mas fácilmente instrucciones; aquellos cogen las cuerdas, y trasladan el *Zénit* á Neraux, partido de Ciron.

Al subir á la region en que el enrarecimiento del aire impide que se produzca la oxigenación de la sangre con la energía suficiente para sostener el calor normal del organismo, los desdichados Sivel y Crocé sucumbieron antes de poder servirse de los aparatos de inhalación de que se habían provisto, cumpliéndose el presentimiento del primero que dijo á M. Tissandier al remontarse: ¡Dichoso aquel de nosotros tres que vuelva á tierra!

LIBRO SEGUNDO

LA LUZ Y LOS FENÓMENOS ÓPTICOS DEL AIRE

CAPÍTULO I

EL DÍA

Hemos visto que la Atmósfera desempeña en nuestro planeta el papel fundamental de organizadora de la vida, y que todos los seres, así vegetales como animales, están constituidos para respirar en su seno y para construir, con el auxilio de sus moléculas fluidicas, el tejido sólido de sus organismos: ahora vamos á contemplar en ella la gran alegría de la naturaleza; á conocer que no solo se debe á su presencia el fondo, sino la forma; que sin ella el mundo se arrastraría trabajosamente en el espacio, triste é incoloro, cuando merced á ella atraviesa placenteramente los campos del cielo, en medio de las brisas y de los perfumes, sobre una capa etérea de púrpura y azul y bajo el esplendoroso brillo de una sonrisa eterna.

Bóveda cerúlea de un cielo tranquilo y puro, dulce coloración de los astros, inflamadas magnificencias de los crepúsculos, encantadora belleza de los paisajes solitarios, perspectivas vaporosas de las campiñas, y vosotros, lagos que desde el limpio espejo de vuestras cristalinas línfas sorreis melancólicamente al cielo reflejando la imponente mole de las nieves eternas,

sabed que á ese fluido ligero y poderoso, extendido sobre el globo terrestre, sois deudores de vuestra existencia y de vuestra belleza. Sin él, no existiría ninguna de esas perspectivas, ninguno de esos matices. En lugar de un azulado cielo, solo tendríamos un espacio negro, insondable; en vez de los sublimes ortos y ocasos del sol, se sucederian bruscamente el día y la noche; en lugar de esas medias tintas que difunden una luz suave allí donde Febo no lanza directamente sus deslumbradores rayos, no habría claridad sino en los puntos iluminados por el refulgente astro, dominando la oscuridad en los demás: nuestro planeta no ofrecería en suma ninguna morada habitable.

El cielo, ya esté despejado ó cubierto, se presenta siempre á nuestros ojos bajo el aspecto de una bóveda rebajada. Léjos de ofrecer la forma de una circunferencia, parece extendido, aplanado sobre nuestras cabezas, y se prolonga insensiblemente descendiendo poco á poco hasta el horizonte. Los antiguos creían formalmente que la forma del cielo era en efecto la de una bóveda, pero, como dice Voltaire, esta creen-

cia era tan precisa é inteligente como si un gusano de seda tomara su capullo por los límites del universo. Los astrónomos griegos la representaban como si estuviera formada de una sustancia sólida, y hasta los tiempos de Copérnico han creído otros muchos que era tan sólida como el vidrio fundido y endurecido. Los poetas latinos colocaron sobre dicha bóveda, mas allá de los planetas y de las estrellas fijas, las divinidades del Olimpo y la elegante corte mitológica. Antes de saber que la Tierra está en el cielo, y el cielo en todas partes, los teólogos habían instalado en el empuje la Trinidad, el cuerpo glorificado de Jesucristo, el de la virgen Maria, las jerarquías angélicas, los santos y toda la milicia celestial.... Un interesante misionero de la edad media se permite referir que en uno de sus viajes en busca del Paraíso terrestre, llegó al horizonte en que el cielo y la tierra se tocan, y que descubrió cierto punto en donde no estaban soldados, por el cual pasó doblando el cuerpo bajo la cubierta de los cielos.... Y sin embargo, esa magnífica bóveda no existe! Yo he tenido ocasión de elevarme en globo mas alto que el olimpo griego, sin haber llegado jamás á tropezar con ese techo que huye á medida que se le persigue, como las manzanas de Tántalo.

Pero entonces, ¿qué es ese azul que existe sin duda alguna, y cuyo velo nos oculta las estrellas durante el día?

Esa bóveda, que contemplan nuestras miradas, está formada por las capas atmosféricas que reflejando la luz emanada del Sol, interponen entre el espacio y nosotros una especie de velo fluido que varía en intensidad y altura según la densidad variable de las zonas aéreas. Mucho tiempo ha transcurrido antes de que se desechara aquella ilusión, y de averiguarse que la forma y las dimensiones de la bóveda celeste cambian con la constitución de la Atmósfera, con su estado de transparencia, y con su grado de iluminación.

El aire absorbe una parte de los rayos luminosos enviados por el Sol á nuestro planeta, y refleja la otra; sin embargo, el aire no obra del mismo modo con respecto á todos los rayos coloreados de que se compone la luz blanca; sino que, semejante á un cristal raspado, deja pasar los de la extremidad roja del espectro solar, y refleja por el contrario los azules, aunque esta diferencia no es sensible sino cuando la luz atraviesa grandes masas de aire. De Saussure ha demostrado que el color azul del cielo se debe á la reflexión de la luz y no á un color peculiar de las partículas aéreas. Si el aire fuese azul, dice, las montañas lejanas y cubiertas de nieve deberian parecer azules, lo cual no sucede. Un experimento de Hassenfratz prueba también que el rayo azul se refleja con mas fuerza. En efecto, cuanto mas espesa es la capa atmosférica atravesada por un rayo, mas pronto desaparecen los azules cediendo el puesto á los rojos: por consiguiente, cuando el Sol está cerca del horizonte, el rayo recorre mayor espesor de aire, siendo esta la causa de que dicho astro nos parezca entonces rojo, purpúreo ó amarillo, y de que los rayos azules falten á menudo en los arco-iris que aparecen poco tiempo antes de la puesta del Sol.

Mas adelante veremos que el vapor de agua difundido por el aire es el que desempeña el principal papel en la reflexión de la luz, á la que se debe el color azul del cielo y la claridad difusa del día.

El sábio profesor inglés John Tyndall ha reproducido recientemente el color azul del cielo y la tinta de las nubes en un experimento hecho en el Instituto real. Para ello, se introduce en un tubo de vidrio algun vapor de diversas sustancias, ya sea de nitrito de butilo, ya de benzina, ó de sulfuro de carbono. Despues se hace pasar á través de dicho vapor un haz de luz eléctrica, y se aumenta según se quiera la condensación y la rarefacción del mismo. En todos los casos en que los vapores emplea-

dos, cualquiera que sea su naturaleza, están suficientemente atenuados, la reflexión de la luz se manifiesta desde luego por la formación de una nubecilla azul celeste. Esta nubecilla, despues de haber presentado la tinta azul, se condensa y blanquea, y al espesarse, se hace enteramente semejante á las verdaderas nubes, ofreciendo á la polarización la misma variedad de fenómenos.

El aire atmosférico es uno de los cuerpos mas transparentes que se conocen: cuando no está cargado de nieblas ú oscurecido por otros cuerpos, podemos ver los objetos colocados á una distancia muy grande, y las montañas no desaparecen de nuestra vista sino cuando se hallan debajo del horizonte. Mas, á pesar de su débil poder absorbente, el aire no es transparente en absoluto. Sus moléculas absorben una porción de la luz que reciben, dejan pasar otra parte y reflejan la tercera; de aquí resulta que den nacimiento á una bóveda aparente, que iluminen los objetos terrestres no alumbrados directamente por el Sol, y que determinen una transición insensible entre el día y la noche.

Es fácil cerciorarse haciendo observaciones diarias de que la luz solar se debilita al pasar al través de la Atmósfera. Si se considera por espacio de muchos días el mismo objeto situado cerca del horizonte, se advierte que tan pronto es muy visible como lo es mucho menos, y que la distancia á que desaparecen los detalles aumenta ó disminuye alternativamente, siendo fácil convencerse de ello tomando medidas directas, y expresando la transparencia del aire por medio de números, como lo ha hecho de Saussure con su *diafanómetro*.

La distancia á que desaparecen los objetos no depende únicamente del ángulo visual, sino también del modo cómo están iluminados y del contraste de su color con los objetos que los rodean. Esto nos explica por qué las estrellas son tan visibles en la bóveda del cielo, á pesar de su pequeño diámetro. Lo mismo sucede con los objetos

terrestres; cuesta trabajo distinguir un hombre cuando se proyecta sobre campos ó superficies negras, pero es muy visible cuando se halla colocado sobre una elevación de modo que se proyecte sobre un cielo radiante; de aquí esas ilusiones de óptica tan frecuentes en los países montañosos. Mientras que la cadena de los Alpes vista desde el llano á una gran distancia es claramente visible aun en sus menores contornos, el espectador colocado en una de sus cimas no distingue casi nada en el llano. Todos los que han pasado algunos meses en los lagos y montañas de Suiza han hecho las mismas observaciones.

De Saussure ha inventado el *cianómetro* para medir la intensidad del color azul, cuyo instrumento se compone simplemente de una tira de papel dividida en 30 rectángulos, el primero de los cuales es de un azul cobalto muy oscuro, y el último casi blanco; los rectángulos intermedios ofrecen todos los matices imaginables entre el azul oscuro y el blanco. Si se vé que el azul de uno de dichos rectángulos es idéntico al del cielo, entonces se expresa esta identidad con un número correspondiente á uno de los rectángulos, y todo se reduce á levantar la escala del instrumento.

Humboldt ha perfeccionado el aparato de Saussure, poniéndolo en disposición de dar medidas muy delicadas del color azul.

La sola contemplación del cielo nos prueba ya que su color no es el mismo en todos los puntos de una vertical, sino que por lo general es mas oscuro en el zénit, y despues se va aclarando hácia el horizonte, donde á menudo es enteramente blanco. El contraste es aun mas marcado usando el *cianómetro*, advirtiéndose á veces que el color corresponde al número 23 en la proximidad del zénit y al 4 cerca del horizonte. Pero el color de una misma parte del cielo cambia con bastante regularidad durante el día, pues se presenta mas oscuro desde la salida del sol hasta el medio día, y se vuelve mas claro desde este momento hasta el anoche-

cer. En nuestros climas, el cielo tiene un color azul de los mas oscuros cuando, despues de una lluvia de muchos dias, el viento del Este disipa las nubes.

El color del cielo está modificado por la combinacion de tres tintas: la azul, que reflejan las partículas aéreas; la negra del espacio infinito, que forma el fondo de la Atmósfera, y, por último, la blanca de las vesículas de niebla y de los copos de nieve que flotan en las alturas. Cuando nos elevamos á una gran distancia en la Atmósfera, queda por debajo de nosotros una gran parte de las vesículas de vapor, asi es que los rayos blancos llegan á la vista en menor proporcion y el color del cielo es mas oscuro porque no le cubren tantas partículas que reflejan la luz. «A mas de 3,000 metros de altura, decia yo en una comunicacion al Instituto (julio de 1868) sobre mis estudios meteorológicos hechos en globo, el cielo parece oscuro é impenetrable; su matiz es de un gris azulado oscuro en las regiones inmediatas al zénit; de un azul mas claro en la zona comprendida entre 40 y 50 grados, y azul pálido y blanquizco cerca del horizonte. Cuando la Atmósfera es muy pura, parece que un ligero velo azul trasparente se interpone debajo de nosotros, entre la navecilla y las intensas coloraciones de la superficie terrestre.» De Saussure afirma, por lo que le han dicho los guías, que á veces se ven estrellas durante el dia en la cima del Monte Blanco.»

La naturaleza del terreno influye notablemente en estos efectos de reflexion y de transparencia atmosférica.

En las regiones donde existen vastas superficies casi desnudas de vegetacion, como por ejemplo, en el Africa, el aire es muy seco y pierde una parte de su transparencia, principalmente á causa del polvo levantado por el viento y de la falta de copiosas lluvias para limpiar el aire. En las demás partes de la zona intertropical, en el Atlántico, en el continente americano, en las islas del mar del Sur y en ciertas regiones de la In-

dia, se halla abundantemente mezclado con el aire el vapor de agua en estado de gas transparente, presentando el cielo, en vez del color azul agrisado que tiene en nuestros climas y en los desiertos arenosos, un tinte de azul ultramar vigorosamente pronunciado, que le dá un caracter especial en la region del zénit, y á veces hasta en el horizonte.

Siendo la superficie curva que limita la Atmósfera paralela á la de la Tierra, y su espesor nulo, comparado con la masa del esferoide terrestre, podemos admitir que el plano de la porcion de Atmósfera que puede abarcar la vista es sensiblemente paralelo al horizonte. Si el sol estuviese en el zénit, sus rayos recorrerian el camino mas corto para llegar hasta nosotros; cuanto mas se acerca aquel al horizonte, mas considerable es el espesor aéreo que sus rayos tienen que recorrer y por consiguiente, más se debilita el brillo de los mismos, como la experiencia lo demuestra diariamente. La luz del sol ó de la luna, al paso del astro por el meridiano, es deslumbradora, mientras que pueden contemplarse dichos astros á la simple vista cuando están próximos al horizonte; por esta misma razon, las regiones situadas cerca de él parecen siempre desprovistas de estrellas.

Explicase pues el color del cielo por la reflexion de la luz en las moléculas del vapor de agua invisiblemente difundido en el aire. Mas ¿cómo esplicaremos la forma sensible de bóveda rebajada que ofrece el cielo, lo mismo si está cubierto como enteramente despejado?

Por mi parte, encuentro la esplicacion en un simple efecto de perspectiva.

Supongo que tenemos ante nosotros una alameda de chopos de igual altura (fig. 62). Todo el mundo sabe que esta altura va disminuyendo al parecer segun la distancia, y que los chopos del extremo de la alameda llegarán á confundirse con la superficie general del suelo.

Los piés de dichos árboles quedan sobre

una superficie horizontal porque estamos en el suelo, así es que la inclinacion hácia él tiene lugar *por la línea de la cima*; pero si estuviésemos encaramados en el primer árbol, como sus cimas quedarian al nivel

de nuestros ojos, la disminucion perspectiva se verificaria *por abajo* (fig. 63).

El mismo raciocinio puede aplicarse á las nubes. A partir de las que están en nuestro zénit, perpendicularmente sobre nuestras

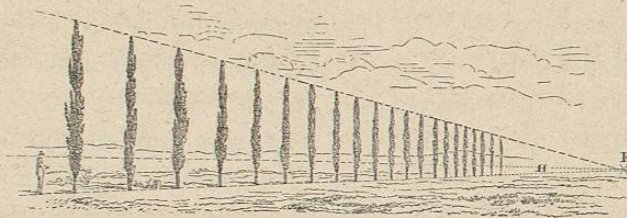


Fig. 62.—PRIMER EFECTO DE PERSPECTIVA

cabezas, van descendiendo progresivamente segun sus distancias hasta el horizonte.

Cuando se ha pasado en un globo mas allá de las nubes, no se las vé bajarse como una bóveda sobre la tierra, sino que se ex-

tienden como la superficie plana de un inmenso océano de nieve.

Cuando se llega á una altura de unos cuantos kilómetros sobre ellas, se las vé encorvadas en sentido contrario.

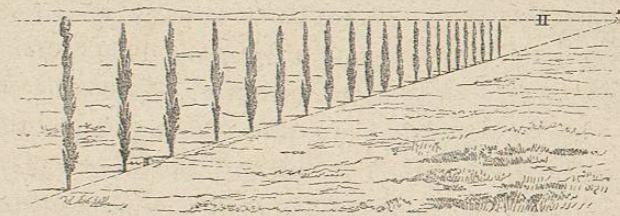


Fig. 63.—SEGUNDO EFECTO DE PERSPECTIVA

La superficie de la tierra, vista desde una gran altura en un dia sereno, parece hueca debajo de la navecilla y como si se levantara lentamente en torno suyo hasta el horizonte circular. Léjos de parecer combada como podría esperarse, suponiendo que á una gran altura en la Atmósfera se debiera advertir ya la esfericidad del globo, la superficie del suelo se ahueca debajo de nosotros para irse elevando hasta el horizonte que parece continuar siempre á la altura de nuestra vista. Esta ilusion se explica del mismo modo que la precedente.

Supongamos un centenar de globos, sujeto cada uno de ellos por medio de un cable á igual altura (por ejemplo, mil metros) y que nos hallemos colocados en el primero de dichos aeróstatos puestos en fila. Todos se mantienen á la altura de nuestros ojos, pero las líneas que los unen

á la tierra van disminuyendo de longitud aparente segun las distancias á que se hallen de nosotros. El cable situado á dos kilómetros nos parecerá la mitad mas pequeño que el situado á uno; por consiguiente, las longitudes disminuirán mas y mas *por abajo*, puesto que todos los aeróstatos se hallan al nivel de nuestra vista; y como el raciocinio es aplicable á cualquiera direccion, se vé que la superficie entera de la tierra se levanta por la perspectiva hasta el plano horizontal que pasa por el ojo del observador.

El aspecto que ofrece la tierra ahuecándose en forma de cubeta me sorprendió extraordinariamente la primera vez que lo observé desde un globo, porque á la altura en que me encontraba creia verla combada.

Así pues, la declinacion de la bóveda aparente del cielo sobre nuestras cabezas se