

tancia. El más débil murmullo de la voz se percibía á dicha distancia, y la detonacion de una pistola en uno de los extremos del tubo apagaba una bugía colocada en el otro extremo.

Los ecos dependen en gran parte de la compresibilidad y elasticidad del aire. Hemos dicho que la onda sonora se propaga indefinidamente y acaba por perderse en el espacio, pero si tropieza con un cuerpo capaz de oponérsele, sufre una reaccion semejante á la de la luz que cae sobre un cuerpo bruñido; para que el eco se produzca con limpieza, debe haber una distancia de un décimo de segundo, ó de 17 metros por lo menos, entre el observador y la superficie reflectora. Cuando la distancia es muy corta, sustituye al eco una resonancia confusa que en ciertos edificios no permite oír la voz de los oradores.

Los sonidos, ya sean agudos ó graves, tienen igual velocidad, y recorren 340 metros por segundo, en el aire, á 16 grados. A la mitad de esta distancia, el eco repite cuatro sílabas pronunciadas rápidamente; á mayor alejamiento, puede reflejar claramente mayor número de sílabas y hasta frases enteras. El eco del parque de Woodstock, en Inglaterra, repite diez y siete sílabas de día, y veinte de noche. Según Plinio, en Olimpia se habia construido un pórtico que repetía los sonidos veinte veces. El eco del castillo de Simonetti repetía, según se dice, cuarenta veces la misma palabra. La teoría no difiere por lo que hace á los ecos múltiples que resultan de superficies reflectoras opuestas, en las que se trasmite la onda aérea muchas veces de unas á otras como un rayo de luz entre dos espejos paralelos.

Los sonidos perceptibles están comprendidos entre los límites de 60 y 40,000 vibraciones simples por segundo, límites que tal vez retrocedan por uno y otro extremo para oídos escepcionalmente sensibles. Las ondulaciones del éter que producen la luz y el calor son infinitamente más rápidas. El

color oscuro empieza á 65 billones de vibraciones; los colores visibles están comprendidos entre 400 y 900 billones, y los rayos químicos llegan á los 1000 billones. ¿Qué sucede con las vibraciones cuyo campo se extiende desde 40,000 hasta 400 billones, y que son muy rápidas para ser sonoras y demasiado lentas para hacerse sentir como luz?

El organismo humano es comparable á un arpa de dos cuerdas, que son el nervio auditivo y el nervio óptico. El primero percibe los movimientos vibratorios de la naturaleza comprendidos entre 60 y 40,000. El segundo percibe los comprendidos entre 400 y 900 billones. Por lo que hace á los



demás movimientos, no encuentran en nosotros nervio susceptible de sentirlos; de donde resulta que, de la naturaleza que nos rodea sólo conocemos dos órdenes de hechos muy limitados, y que en la Tierra misma, á nuestro lado, es fácil que exista una gran cantidad de cosas que no pudiendo ser vistas ni oídas, se agitarán probablemente sin que nos sea posible saberlo.

En el conjunto de los sonidos perceptibles, los límites extremos de la voz humana son el último *fa* de 87 y el *do* más elevado de 4,200 vibraciones.

El sonido tiene cuatro propiedades fundamentales: la duración, el tono, la intensidad y el timbre. Las tres primeras se definen con las palabras que sirven para expresarlas; en cuanto al timbre, es esa resonancia peculiar á cada instrumento, á cada voz, que hace que distingamos sin trabajo los sonidos de un violín de los de un clarinete ó de una flauta, y que conozcamos las personas al oírlas hablar ó cantar.

El *timbre* de los sonidos ha sido por espacio de mucho tiempo un enigma insoluble

para los físicos y los fisiólogos, y aun no hace muchos años que los interesantes experimentos de M. Helmholtz demostraron que depende del número de los sonidos armónicos que se producen al mismo tiempo que el sonido fundamental, así como de su intensidad relativa.

La intensidad de los sonidos emitidos en la superficie de la tierra se propaga de abajo arriba mucho más fácilmente que en cualquiera otra dirección, y se transmite sin extinguirse á grandes alturas en la atmósfera. Para citar algunos ejemplos recogidos en mis viajes aeronáuticos manifestaré desde luego que á tres ó cuatrocientos metros sobre París reina constantemente un ruido inmenso, colosal, indescriptible. Después de elevarse desde un jardín relativamente silencioso, como por ejemplo, desde el Observatorio ó desde el Conservatorio, causa sorpresa penetrar en un caos de sonidos y de mil rumores diversos. En el Apéndice (1) se encontrarán algunos detalles que permitirán apreciar mejor esta ascension del sonido.

La mejor superficie para transmitir el sonido es la de un agua tranquila. A veces sucede que un lago transmite la primera mitad de una frase, mientras que la superficie irregular del terreno de la ribera acaba difícilmente la otra mitad.

He tenido ocasión de observar particularmente la reflexión del sonido por diversas superficies y estudiar su propagación en la vertical, á través de capas de diferente densidad. Cuando el observador se cierne á una altura respetable (3,000 metros), percibe un sonido violento transmitido por la tierra con un timbre tan particular que no parece proceder de abajo, asemejándose más bien á un acento venido de otro mundo. Cuando desde una pequeña altura (300 á 500 metros) se lanza hácia la tierra un grito monosilábico, se comprueba que la superficie de las aguas tranquilas es la me-

jor para la reflexión del sonido. El agua agitada por una brisa, aun cuando esta sea muy leve, trasmite ya el sonido con alguna confusión. La superficie de las praderas y de las campiñas es todavía peor para este efecto. He hecho estas averiguaciones con sumo cuidado, y provisto de un cronómetro, especialmente en mi viaje del 18 de junio de 1867 pasando por encima del lago de San Huberto, cerca del bosque de Rambouillet. La superficie elástica de un agua tranquila trasmite íntegramente las ondas sonoras con una fidelidad análoga á la de un espejo con respecto á la luz.

Cuando el sonido ha cesado, continúa reinando en el aire un movimiento que puede hacer vibrar las membranas dispuestas para recibir y traducir esta impresión. M. Regnault ha medido estas *ondas silenciosas*, y determinado los límites de la longitud en que se detiene la onda sonora, así como el trayecto de la onda silenciosa que la sigue. En una cañería de gas de 3 decímetros de diámetro se oía el disparo de una pistola cargada con un gramo de pólvora á 1,905 metros, distancia del otro extremo, y cerrando el tubo con una plancha de palastro, el eco de dicho disparo era perceptible en el punto de partida, poniendo mucha atención; por consiguiente, el límite del alcance de la onda sonora era en este caso de 3,810 metros. El alcance de las *ondas silenciosas* es mucho mayor. Cuando dejan de afectar el oído, ponen en vibración las membranas que pueda haber mucho más allá del punto donde se detienen las ondas sonoras. En el caso citado, el alcance de las silenciosas era de 11,834 metros, es decir, tres veces mayor, habiéndose observado que han recorrido en otras ocasiones trayectos bastante más considerables.

Debo añadir que el mismo sábio verificó hace algunos años una nueva determinación de la velocidad del sonido en el aire. Para medirla, empleó el método de que se sirvieron sus predecesores, es decir, los cañonazos disparados recíprocamente por

(1) Véase la nota 1, al final del tomo.

observadores colocados en dos puntos distantes, habiéndose cambiado con este objeto algunos disparos de cañon en la llanura de Satory, á todas las horas del dia y de la noche y á diferentes temperaturas. Estos experimentos no hicieron mas que confir-

mar la exactitud de las cifras indicadas anteriormente.

El aire es, al mismo tiempo que el vehiculo del sonido, el de los olores y de todas las emanaciones exhaladas de la superficie terrestre, mas aquellos no están constitui-

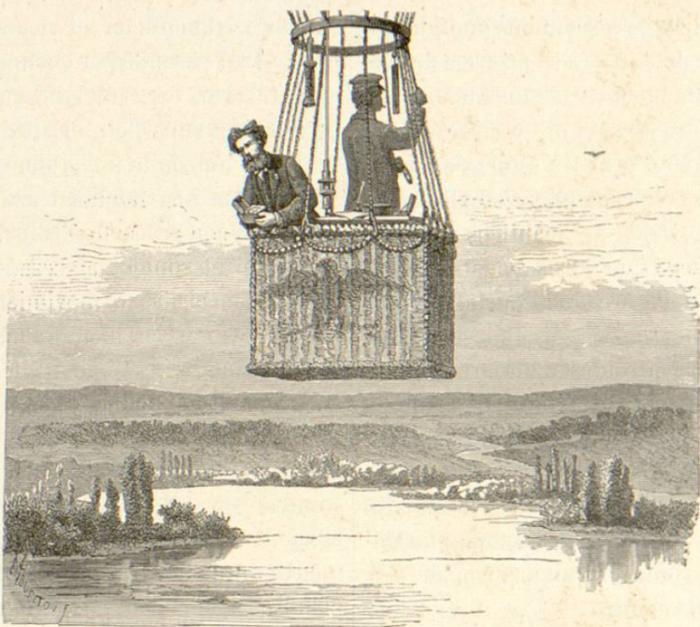


Fig. 42.—ESTUDIO DE LA REFLEXION DEL SONIDO EN LAS AGUAS TRANQUILAS

dos por un movimiento vibratorio, como el sonido y la luz: Foureroy ha sido el primero en demostrar que las emanaciones odoríferas se deben á la volatilidad de los vegetales y de las sustancias inmediatas, y que los olores están formados por verdaderas moléculas suspendidas en el aire, partículas materiales sumamente ténues y volatilizadas en la atmósfera.

Nada puede dar una idea mas exacta de la divisibilidad de la materia que la difusion de los olores. Cinco centigramos de almizcle colocados en una habitacion desprenden un olor muy fuerte, por espacio de muchos años, sin perder sensiblemente de su peso, y la caja que los ha contenido conserva casi indefinidamente su perfume. Recuerdo haber comprado en un baratillo, hace doce años, un folleto de Reichenbach so-

bre el *Od*, que tenia un fuerte olor de almizcle. Probablemente habria estado allí muchos meses, expuesto al viento, al sol y á la lluvia; despues se quedó en un estante de mi biblioteca, expuesto también al aire, y en este momento, en que por casualidad le acabo de hojear, huele á almizcle mas que nunca.

Los olores son llevados por el aire á distancias considerables. Un perro conoce desde muy léjos, por el olfato, la proximidad de su amo: asegúrase que á diez leguas de las costas de Ceilan se perciben los deliciosos perfumes de sus embalsamadas flores, transportados á tan gran distancia en alas del viento. Tanto estos dulces perfumes, como la armonía y la actividad de la superficie terrestre, los debemos á la presencia de la Atmósfera.

CAPÍTULO VIII

ASCENSIONES AERONÁUTICAS

ASCENSION Á LAS MONTAÑAS.—DISMINUCION DE LAS CONDICIONES DE LA VIDA SEGUN LA ALTURA

Siendo el aire un flúido de cierta densidad, análogo al agua en cuanto al principio de la presion, pero incomparablemente mas ligero, como ya hemos visto, creemos que bastará un instante de reflexion para que se comprenda que si se coloca en el aire un objeto mas ligero todavía que él, este objeto se elevará á las regiones superiores, del mismo modo que un cuerpo mas ligero que el agua, como la madera ó el corcho, echado al fondo, se eleva inmediatamente á la superficie, en atencion á su ligereza específica.

Si la Atmósfera formara sobre la superficie del globo un océano homogéneo, igualmente denso en toda su profundidad, y terminado, como el mar, por una superficie plana definida, todo cuerpo cuya densidad fuese menor que la densidad homogénea de este océano aéreo se elevaria, cuando quedara abandonado á si mismo, en virtud de la fuerza ascensional de un empuje igual á su diferencia de densidad, é iria á flotar en la superficie de dicha Atmósfera. Así lo habian supuesto muchos predecesores de Montgolfier, y entre otros el buen P. Galien en su fantástico proyecto de navegacion aérea publicado en 1755. Su famoso barco podia contener «54 veces mas peso que el arca de Noé;» sus dimensiones eran las de

la ciudad de Aviñon, y debia pasar 83 toesas de su línea de flotacion, porque la laboriosa hipótesis de aquel excelente religioso declaraba que este enorme buque flotaria en la Atmósfera en virtud de los mismos principios que un navio de línea en el Océano!

Pero como la densidad de las capas atmosféricas disminuye á medida que estas se elevan, resulta que todo objeto mas ligero que las inferiores se remonta simplemente hasta la region de densidad igual al peso del volumen de aire que desaloja, lo cual no tarda en suceder, en atencion á que los objetos mas ligeros que han podido construirse hasta el dia (los globos henchidos de hidrógeno puro) no presentan mas diferencia con el peso del volumen de aire que desalojan sino una igual á la que separa la densidad de las capas inferiores de las que se hallan situadas á una altura relativamente pequeña (de 10 á 15000 metros como máximo, á no ser que se trate de un globo de dimensiones colosales).

Arquimedes formuló un principio relativo á los líquidos que podemos aplicar exactamente al fluido atmosférico, enunciándolo así: Todo cuerpo situado en la Atmósfera pierde una parte de su peso absoluto, igual al del aire que desaloja.

Háse demostrado esta pérdida real de pe-