

no oye nada. El tic-tac de un reloj de bolsillo colgado del extremo de un tubo metálico se oye distintamente en el otro extremo, sin que las personas más inmediatas perciban ruido alguno. "Habiendo bajado Hassenfratz á una de las canteras situadas debajo de París, encargó á otra persona que diese martillazos en una masa de piedra que forma la pared de una de las galerías subterráneas. Él se iba alejando en tanto del sitio donde los martillazos se descargaban, aplicando un oído á la masa de piedra; y en breve distinguió dos sonidos, uno de ellos transmitido por la piedra y el otro por el aire. El primero llegaba á sus oídos más pronto que el otro, pero en cambio se debilitaba con mayor rapidez á medida que se alejaba el observador, hasta el punto de que dejó de percibirse á los ciento treinta y cuatro pasos de distancia, mientras que el sonido al cual servía el aire de vehículo no se extinguió sino á los 400 pasos., (Hauy.)

Otros experimentos por el estilo ejecutados con largas barras de madera ó de hierro produjeron el mismo resultado en cuanto á la superioridad de la velocidad, pero un efecto totalmente contrario con respecto á la intensidad. Más adelante citaremos el curioso experimento de Wheatstone, reproducido por Tyndall, merced al cual varias personas situadas en el segundo piso de una casa oyeron, por intermedio de varas de abeto, el concierto que se daba en la planta baja ó en el sótano del edificio. Así pues, la madera es excelente conductora del sonido.

Describiendo Humboldt los ruidos sordos que casi siempre acompañan á los terremotos, cita un hecho que prueba la facilidad con que los cuerpos sólidos transmiten los sonidos á largas distancias. "En Caracas, dice, en los llanos de Calabozo y en las orillas del río Apure, afluente del Orinoco, es decir, en una extensión de 130,000 kilómetros cuadrados, se oyó una detonación formidable, pero sin que hubiera sacudidas, en el momento en que vomitaba un torrente de lavas el volcán de San Vicente, situado en las Antillas á 1,200 kilómetros de distancia. Con relación á esta distancia, viene á ser como si se oyera en el Norte de Francia una erupción del Vesubio. Cuando la gran erupción del Cotopaxi en 1744, se oyeron detonaciones subterráneas en Honda, á orillas del Magdalena; y eso que entre ambos puntos median 810 kilómetros de distancia, su diferencia de nivel es de 5,500 metros, y están separados por las montañas colosales de Quito, de Pasto y de Popayán, y por valles y barrancos sin cuento. Es indudable que el aire no transmitió el ruido, sino que lo propagó la tierra á gran profundidad. El día del terremoto de Nueva Granada, en febrero de 1835, ocurrieron los mismos fenómenos en Popayán, en Bogotá, en Santa Marta, en Caracas, donde el fragor duró siete horas enteras, en Haití, en la Jamaica y á orillas del lago Nicaragua., (Cosmos, I.)

En resumen, la transmisión del sonido desde el cuerpo sonoro al oído puede efectuarse por medio de los cuerpos sólidos, de los líquidos y de los gases; pero su vehículo más común es la atmósfera.

De aquí resulta que el sonido no traspasa los límites de la atmósfera, y así, por ejemplo, el ruido de las explosiones volcánicas no puede propagarse hasta la Luna, del propio modo que hasta los habitantes de la Tierra no llega el rumor de los sonidos que tal vez se produzcan en los espacios celestes (1), y por consiguiente, las detonaciones

(1) Los pitagóricos creían en una armonía producida por el movimiento de las esferas. Los siete planetas formaban un concierto perfecto, y si los oídos humanos no percibían esos sonidos de origen celestial, no atribuían esta impotencia á falta de un medio capaz de propagarlos, sino que la achacaban á que estamos ya acostumbrados á ellos desde que nacemos, y que para distinguir dicha armonía hubiera sido menester el contraste del silencio. Aristóteles combate la hipótesis pitagórica valiéndose de argumentos que no valen mucho más que ella.

de los aerolitos indican que estos cuerpos han penetrado ya en nuestra atmósfera en el momento en que dichas detonaciones ocurren, lo cual puede servirnos de dato para calcular los límites de la capa gaseosa que rodea á nuestro planeta. En las altas montañas, el enrarecimiento del aire es causa de que los sonidos se debiliten sobre manera. Según de Saussure y todos los exploradores posteriores á él, un pistoletazo disparado en la cumbre del monte Blanco hace menos ruido que un cohete. "He hecho muchas veces esta prueba, dice Tyndall, la primera con un cañoncito de estaño, y las otras con pistolas, y lo que más me llamó la atención fué la falta de esa plenitud y de esa limpieza de sonido características de los pistoletazos que se disparan á menos altura; el estampido producía el efecto del tapón de una botella de Champagne, á pesar de lo cual el sonido no dejaba de ser aún bastante intenso., Describiendo C. Martins una tormenta de que fué testigo en tan elevadas regiones, dice que "los truenos no producían un fragor continuado, sino golpes secos como el estampido de un arma de fuego., Gay-Lussac observó en su célebre ascensión en globo, que el sonido de su voz se amortiguaba considerablemente á los 7,000 metros de altura á que había llegado.

En suma, de todos los hechos que acabamos de enumerar debe deducirse lo siguiente:

El sonido tiene su origen en ciertos movimientos impresos á las masas ó á las moléculas de los cuerpos elásticos: la percusión, el roce, la pulsación, la acción del calor y de la electricidad y las combinaciones bruscas que son causa de las explosiones químicas, son otros tantos modos de producirse el sonido;

Los cuerpos sonoros son los cuerpos elásticos: pueden ser sólidos, líquidos ó gaseosos;

Pero no basta que el movimiento que engendra el sonido se produzca en los cuerpos sonoros para que el oído perciba su sensación, sino que también se requiere que entre el origen del sonido y el órgano auditivo haya una serie no interrumpida de cuerpos, una sucesión de medios ponderables;

El aire es el vehículo más común del sonido: pero los cuerpos sólidos, los líquidos y los varios gases son también aptos para transmitir el movimiento particular que lo constituye;

Por último, en el vacío no se transmite el sonido.

## CAPÍTULO II

### LA VELOCIDAD DEL SONIDO

#### I

##### LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE. — ANTIGUOS EXPERIMENTOS

El sonido no se transmite instantáneamente desde el cuerpo sonoro al oído, como nadie ignora. Basta, en efecto, una corta distancia para advertir que media un intervalo apreciable entre el instante en que el ojo ve el movimiento que da origen al sonido y aquel en que el oído percibe su primera impresión.

Así pues, el sonido se propaga sucesivamente al través de los medios ponderables. —¿Cuáles son las leyes de este movimiento? ¿Con qué velocidad se propaga el sonido?

¿Es constante esta velocidad ó varía con la distancia? ¿Es diferente según el medio, mayor ó menor en los líquidos y en los sólidos que en el aire ó en los gases, en direcciones varias, horizontales, oblicuas, verticales, en las montañas mayor que en las llanuras? ¿La aumentan ó la disminuyen los movimientos de transporte del aire, el viento?

Por estas preguntas podrá verse cuán compleja es la cuestión; pero los primeros físicos que de ella se ocuparon, empezaron naturalmente por considerarla bajo su aspecto más sencillo, habiéndose limitado á medir rudimentariamente la velocidad de propagación del sonido en el aire, y prescindiendo de las demás circunstancias que acabamos de enumerar.

En general, toda medida de velocidad del sonido está basada en la diferencia que existe entre la velocidad de la luz y el sonido mismo; y á decir verdad, en todos los experimentos hechos hasta estos últimos años jamás se ha determinado otra cosa sino dicha diferencia. Hemos visto que Séneca había ya consignado este hecho, y hoy todos sabemos que no se incurre en error alguno apreciable considerando la velocidad de la luz como infinita.

He aquí el procedimiento que se debe seguir: Se mide con toda la precisión posible una distancia, á cuyos dos extremos se sitúan dos observadores. Uno de ellos produce un sonido valiéndose de algún medio que sea visible en lontananza, por ejemplo de la detonación de un arma de fuego, cuyo fogonazo marca, en el momento de divisarlo el segundo observador, el instante preciso en que comienza la conmoción sonora. Provisito este segundo observador de un instrumento á propósito para valuar el tiempo, verbigracia de un reloj de segundos, anota el instante de la aparición de la señal luminosa y luego aquel en que llega á su oído la primera impresión del sonido: el intervalo indicará en segundos y fracciones de segundo el tiempo transcurrido entre las dos fases del fenómeno. Claro está que dividiendo la distancia de una á otra estación por el número que indica este intervalo, se tendrá el espacio cruzado por el sonido en un segundo, ó lo que es lo mismo, su velocidad. Esto supone ciertamente que la velocidad del sonido es constante, lo cual se puede comprobar aproximadamente variando la distancia de las estaciones extremas, ó instalando puntos de observación intermedios.

Antes de describir los experimentos recientes más exactos, reseñemos sucintamente las pruebas que hicieron los antiguos para medir la velocidad del sonido.

Estas pruebas distan mucho de concordar entre sí, como veremos; lo cual no es de extrañar si se tiene en cuenta la poca precisión de los primeros procedimientos adoptados.

Según parece, los académicos de Florencia fueron los que efectuaron en 1660 el experimento más antiguo de que se tiene noticia, de cual resultó que el sonido tiene una velocidad de 1,148 pies, es decir, de 372<sup>m</sup>,90. El P. Mersenne había averiguado ya indirectamente esta velocidad, basándose en el fenómeno del eco ó de la reflexión del sonido, deduciendo que aquélla era de 972 pies (ó unos 316 metros) por segundo. La primera de las indicadas cifras era muy alta y la segunda demasiado baja. Las demás mediciones distaban todavía más de la verdad (1). Conviene decir que semejantes resultados apenas pueden inspirar confianza por la razón siguiente:

(1) La *Enciclopedia* da como velocidad del sonido en el aire las cifras siguientes, deducidas por varios físicos del siglo XVII; muchas de ellas no concuerdan con las que encontramos en otras publicaciones antiguas, lo cual no sabemos si consistirá tal vez en que los experimentos hechos por ciertos observadores fueron múltiples y dieron resultados divergentes. He aquí el párrafo en cuestión, que por cierto no indica las circunstancias en que se hicieron las mediciones: "La velocidad del sonido varía según los diferentes autores

Ante todo, y por lo general, se conocían imperfectamente las distancias de las estaciones extremas: primera causa de error. Otra, más grave aún, consistía en la escasa precisión con que se medía el tiempo. El P. Mersenne, por ejemplo, reconoció que la voz podía pronunciar en un segundo siete sílabas distintas y que un eco, distante 81 toesas, las reflejaba en su totalidad en el segundo siguiente. Cada uno de los sonidos que componían las siete sílabas había recorrido por lo tanto en un segundo el doble de la distancia del eco, ó sea 972 pies, lo cual es una imperfecta aproximación y no una medida exacta.

Para comparar los resultados obtenidos, sería preciso además tener en cuenta el estado termométrico ó higrométrico de la atmósfera, y también la fuerza, dirección y velocidad del viento. Más adelante veremos cómo influyen estas circunstancias tan variables en la mayor ó menor rapidez de la conmoción sonora. Pues bien, en los experimentos hechos por los antiguos no se tenían ni remotamente en consideración dichas influencias.

## II

### VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE: EXPERIMENTOS RECIENTES

Los primeros experimentos precisos datan del año 1738 y los hizo la Academia de Ciencias de Francia. Una comisión compuesta de tres sabios franceses, Lacaille, Cassini de Thury y Maraldi, escogió para estaciones de observación los puntos siguientes: en París, el Observatorio y la pirámide de Montmartre; en los alrededores, el molino de Fontenay-aux-Roses, Dammartin y el castillo de Lay en Monthéry. Por desgracia, no se midió el tiempo sino con medio segundo de diferencia; la mayor parte de los cañonazos no fueron recíprocos, ni se calculó la velocidad del viento; por último, la temperatura sólo se indicó de un modo vago. Véanse los resultados que dieron los experimentos del 14 y 16 de marzo. El 14, día en que llovía con alguna fuerza, el sonido recorrió 11,756 toesas entre Monthéry y el Observatorio en 68 segundos, promedio de los dos intervalos de ida y vuelta: esto equivale á 172'9 toesas por segundo. El 16, el promedio de los dos cañonazos recíprocos entre las mismas estaciones fué de 68<sup>s</sup>,25, y por consiguiente la velocidad del sonido de 172',25.

Entonces se reconoció la influencia del viento. Si sopla en la misma dirección en que se propaga el sonido, aumenta la velocidad de éste; si en sentido contrario, la aminora otro tanto, y esto es lo que explica la necesidad de los disparos recíprocos. Luego veremos lo que dice Arago acerca de este punto. Por último, si el viento sopla en dirección oblicua, la velocidad del sonido aumenta ó disminuye según el ángulo que su dirección forma con la del viento. La influencia de éste no es nula sino en el caso de que sople en ángulo recto entre las dos estaciones extremas.

Los mismos experimentos dieron á conocer que la velocidad del sonido en el aire

que la determinan. Recorre el espacio de 968 pies en un segundo, según Isaac Newton; 1,300 según Robert; 1,200 según Boyle; 1,300 según el doctor Walker; 1,474 según Marsenne; 1,142 según Flamsteed y el doctor Halley; 1,148 según la Academia de Florencia, y 1,172 según los antiguos experimentos de la Academia de Ciencias de París. Derham pretende que la causa de esta variedad dimana en parte de que no mediaba la suficiente distancia entre el cuerpo sonoro y el punto de observación, y en parte de que no se tuvo en cuenta el viento. No hacemos mención de estos resultados sino para demostrar la incertidumbre que hace dos siglos reinaba entre los físicos acerca de este punto de la ciencia.

es independiente de la presión atmosférica, y que es uniforme, es decir, que el sonido recorre un espacio doble, triple, etc., en un intervalo doble, triple, etc. Las estaciones intermedias sirvieron para comprobarlo así.

Las pruebas hechas por los académicos franceses fueron el punto de partida de muchas mediciones efectuadas en 1739 por Lacaille y Cassini en Aguas-Muertas, en 1740 y 1744 por La Condamine en Quito y Cayena, en 1778 y 1791 por Kœstner y Müller en Gotinga, y finalmente, en Santiago de Chile por Espinosa y Bauzá.

En 1809 y 1811 Benzenberg hizo junto á Dusseldorf varias series de mediciones de la velocidad del sonido entre dos estaciones distantes 9,072 metros. Como los disparos no fueron recíprocos, no se eliminó tampoco la influencia del viento, pero la atmósfera estaba tranquila y los observadores provistos de relojes de terceros. Los resultados fueron los siguientes: velocidad del sonido á 2° sobre cero, 335<sup>m</sup>,2 por segundo; á 28°, 350<sup>m</sup>,78.

Siguen á continuación los experimentos hechos en Madrás por el astrónomo inglés Goldingham. Resultados: velocidad del sonido á 27°,56, igual á 347<sup>m</sup>,57. Es un promedio de 800 observaciones; se disparaban los cañonazos desde los dos fuertes de San Jorge y Santo Tomás, y se oían en una estación distante del primero 4,246<sup>m</sup>,5 y del segundo 9,059<sup>m</sup>, 2.

Llegamos ahora por orden de fechas á los experimentos que mandó hacer en 1822 la Oficina de Longitudes, á propuesta de Laplace. Componíase la comisión de cuatro individuos de esta corporación, Arago, de Prony, Bouvard y Mathieu, á los cuales se agregaron Gay-Lussac y Humboldt. También fué Montlhéry una de las estaciones elegidas, como en 1738; mas para evitar el trayecto del sonido al través de la atmósfera de una gran ciudad, en lugar de Montmartre ó del Observatorio, se escogió como segunda estación otro punto de las cercanías, Villejuif. Para evaluar el tiempo se llevaban cronómetros de detención proporcionados por Bréguet, los cuales marcaban décimos y hasta uno de ellos sexagésimos de segundo. Arago, de Prony y Mathieu se instalaron en Villejuif; Gay-Lussac, Humboldt y Bouvard en Montlhéry.

En cada una de las estaciones se habían situado dos cañones de á 6 cargados con cartuchos de peso igual (1<sup>k</sup> y 1<sup>k</sup>,5).

Las pruebas empezaron en 21 de junio de 1822 á las diez y media y continuaron el día siguiente á las once de la noche, estando el cielo despejado y la atmósfera casi tranquila. Cada noche se dispararon, en una y otra estación y á una señal dada, doce cañonazos alternados de 10 en 10 minutos, y cada grupo de observadores anotó el número de segundos que transcurrían entre la aparición de la luz y la percepción del sonido.

Desde Villejuif se oían perfectamente los cañonazos disparados en Montlhéry, mientras que los disparos de aquella estación apenas se percibían en ésta. Sin embargo, dice Arago, "el poco viento que hacía soplar de Villejuif á Montlhéry, ó mejor dicho, del N. N. O. al S. S. E., Combinando los disparos recíprocos oídos por una y otra parte, se reconoció que el sonido había invertido por término medio 54 segundos 6 décimos en cruzar la distancia que mediaba entre ambas estaciones. La temperatura era de 15°,9 y el higrómetro marcaba 72°. Siendo la distancia total de 18,612<sup>m</sup>,52, la velocidad del sonido había sido de 340<sup>m</sup>,88 por segundo. Arago calculaba en 1<sup>m</sup>,317 el error probable que podía proceder de la incertidumbre de la medida de las distancias y de la valuación del tiempo.

Hemos visto que para compensar la influencia del viento se observan disparos reci-

procos, pero esta reciprocidad no es siempre rigurosamente simultánea; entre los cañonazos combinados y disparados en Montlhéry y Villejuif mediaban intervalos de cinco minutos. Pues bien, dice Arago, "si se tiene en cuenta que el viento es siempre intermitente, y que entre dos ráfagas fuertes hay con frecuencia momentos de calma completa, no parecerán excesivos los intervalos de cinco minutos que hemos debido combinar, en nuestro concepto, para los disparos correspondientes. Lejos de pretender amenguar estas objeciones, añadiré, si se quiere, que en ciertos casos podrían hacerse los disparos al mismo tiempo en las dos estaciones, sin que la semi-suma de los dos tiempos de propagación fuese independiente del viento. Supongamos, en efecto, que

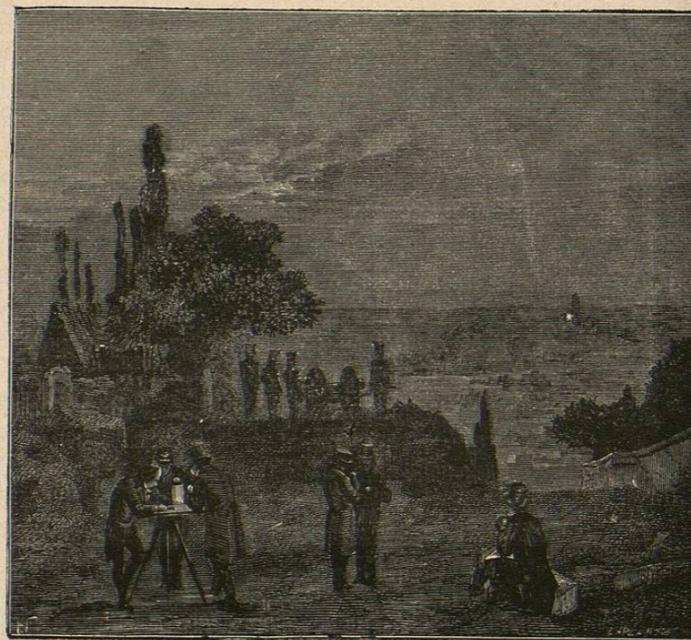


Fig. 250.—Experimentos hechos por la Oficina de Longitudes sobre la velocidad del sonido

el 21 de junio, por ejemplo, hubiera empezado á soplar una ráfaga del Norte en el instante de disparar un cañonazo en Villejuif; el sonido, más rápido que el viento, se habría propagado desde dicha estación á la de Montlhéry como en una atmósfera tranquila, al paso que el ruido partido de Montlhéry en el mismo segundo habría encontrado el viento contrario ó del Norte antes de llegar á Villejuif, sufriendo por consiguiente mayor ó menor retraso en su marcha. ¿Y qué debemos deducir de aquí, sino que es absolutamente necesario que la atmósfera esté tranquila y serena para hacer semejantes experimentos?,"

Por este último concepto, los experimentos de 1822 fueron tan satisfactorios como era posible, y quedó además probado que la velocidad de propagación del sonido es independiente de la carga del cañón, y por consiguiente de la intensidad del sonido.

Los físicos holandeses Moll y Van Beek hicieron en 1823 en Amersfoort una serie de experimentos encaminados principalmente á estudiar la influencia del viento, cuya dirección y velocidad las indicaban buenos anemómetros. Dicha velocidad, reducida á 0° y al aire seco, resultó ser de 332<sup>m</sup>,05.

Otros dos sabios austriacos, Stámpfer y Myrbach, obtuvieron en 1822 la cifra de  $332^m,44$ .

Antes de llegar á los experimentos contemporáneos, hagamos también mención de los que efectuaron Bravais y Martins en 1844, de los cuales resultó la cifra de  $332^m,37$  á la temperatura del hielo fundente y al aire seco.

## III

## CONDICIONES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE

La velocidad del sonido en el aire se puede calcular teóricamente. Siendo el sonido, como más adelante veremos, un movimiento vibratorio que se propaga en los medios elásticos, se prueba que su velocidad depende á la vez de la elasticidad y de la densidad del medio fluido en que se mueve. Cuando la presión á que dicho gas está sometido y por consiguiente su elasticidad continúan siendo las mismas, la velocidad del sonido está en razón inversa de la densidad del gas; si, por el contrario, la presión varía sin que cambie la densidad, la elasticidad es la que varía, y la velocidad del sonido es tanto mayor cuanto más lo sea la elasticidad. Débese á Newton la primera demostración teórica de estos principios, que acabamos de enunciar sin formularlos rigurosamente.

En el aire atmosférico, la presión y densidad varían precisamente en la misma relación, siempre que la temperatura sea constante y la velocidad del sonido no varíe sino con ella. La experiencia confirma esta previsión de la teoría.

Síguese de aquí que, para que sean comparables los resultados de los diferentes experimentos hechos por los físicos sobre la velocidad del sonido en la atmósfera, deben referirse todos á una misma temperatura. También es preciso hacer una corrección relativa al estado higrométrico del aire. Por lo común se refiere la velocidad observada á la que tendría el sonido en el aire seco y á la temperatura de  $0^{\circ}$  centígrados ó del hielo fundente. Recíprocamente, dada la velocidad del sonido en estas circunstancias, se puede averiguar la que tendría á mayor ó menor temperatura. La corrección que se ha de hacer es de  $0^m,626$  por cada grado centesimal, debiéndose añadir esta cantidad si la temperatura sube, y deducirla si baja.

Discutiendo M. Roux las condiciones de los varios experimentos anteriormente mencionados, ha calculado el siguiente cuadro de la velocidad del sonido á  $0^{\circ}$ .

1738.	Academia de Ciencias. . . . .	$332^m,60$
1811.	Benzenberg. . . . .	$332^m,33$
1821.	Goldingham. . . . .	$331^m,10$
1822.	Oficina de Longitudes. . . . .	$330^m,64$
1822.	Stámpfer y Myrbach. . . . .	$332^m,44$
1823.	Moll y Van Beek. . . . .	$332^m,25$
1844.	Bravais y Martins. . . . .	$332^m,37$

De estos siete experimentos, cinco dan á corta diferencia 332 metros como velocidad de la propagación del sonido: de los otros dos resulta una cifra un poco menor. Pero no hay que olvidar que las distancias recorridas eran muy desiguales, las temperaturas observadas las de los puntos extremos, y la influencia del viento no siempre estaba corregida por los disparos recíprocos. Por consiguiente, no es de extrañar la di-

ferencia de  $1^m,80$  entre los resultados más divergentes, la cual se explica por las diferencias probables de las condiciones en que se hallaban las capas de aire atravesadas por el sonido en el momento en que se hicieron los experimentos correspondientes.

En todos los que acabamos de mencionar, excepto en los hechos por Bravais y Martins, y por Stámpfer y Myrbach, la dirección del sonido era poco menos que horizontal, y por lo tanto las velocidades observadas se refieren únicamente á esta dirección. Pero cuando el sonido se propaga esféricamente alrededor de un centro de conmoción, ¿conser va tanto á la ida como á la vuelta la misma velocidad en una dirección oblicua al horizonte? Más claro; la propagación de una conmoción sonora entre dos puntos de altitud diferente, ¿debe efectuarse en el mismo espacio de tiempo, tanto si va el sonido de arriba abajo como de abajo arriba? La teoría indica que no debe haber diferencia. De una estación baja á otra elevada, la presión barométrica ó la elasticidad del aire disminuye; pero su densidad varía en la misma proporción: la temperatura es lo único que cambia, y ya sabemos que la velocidad del sonido depende de ella y que va disminuyendo á medida que las capas de aire son más frías. Por tanto, un sonido que parta de la estación baja marchará hacia la elevada recorriendo espacios cada vez más pequeños á cada segundo del trayecto. A la vuelta sucederá lo contrario: la propagación sonora vuelve á pasar en sentido inverso por las mismas velocidades, que entonces son crecientes; de suerte que la duración del trayecto debe ser la misma en uno ú otro caso.

Con objeto de comprobar estas deducciones del raciocinio, hicieron Stámpfer y Myrbach en 1822, en Salzburgo (Tirol), los experimentos cuyos resultados hemos indicado. La diferencia de nivel de las estaciones era de 1,364 metros; la velocidad del sonido ascendente resultó igual á la del descendente; pero como este resultado era debido á una sola observación, los físicos franceses A. Bravais y Martins consideraron oportuno repetir las en septiembre de 1844. Las estaciones elegidas estaban situadas, la una en la cumbre del Faulhorn, en los Alpes berneses, y la otra en la aldea de Tracht, cerca de Brienz y á orillas del lago de este nombre. La diferencia de altitud de ambas estaciones era de 2,100 metros, y la distancia oblicua recorrida por el sonido de 9,650. Hízose uso con tal objeto de dos cañoncitos de hierro, y los observadores estaban provistos de excelentes contadores y relojes de segundos. El sonido invirtió por término medio  $28^s,55$  segundos en recorrer la distancia oblicua de las estaciones: la temperatura media era  $8^{\circ},2$ ; por lo tanto la velocidad era de  $338^m,01$ ; y suponiendo que la temperatura hubiese disminuído con regularidad de una estación á otra, he aquí cómo los observadores formularon el resultado que su experimento les dió:

“*Velocidad igual de los sonidos ascendentes y descendentes, á razón de  $332^m,4$  en el aire seco á la temperatura del hielo fundente.*”

La influencia de la temperatura en la velocidad del sonido es evidente, como lo comprueba el solo examen de los resultados obtenidos por todos los experimentadores, que han observado á temperaturas comprendidas entre  $1^{\circ}$  ó  $2^{\circ}$  y  $30^{\circ}$  centígrados. Pero esta misma influencia, demostrada también por la teoría, ¿se manifiesta durante los grandes fríos ó los grandes calores, es decir, á temperaturas extremas? Como ejemplo de velocidades del sonido medidas á temperaturas notablemente inferiores al hielo fundente se cita la del teniente Kandalle en la América del Norte, que dió por resultado  $313^m,9$  á  $-40^{\circ}$ , y la del capitán Parry en las mismas regiones, cuyo resultado fué  $309^m,2$  á  $-38^{\circ},5$ . Reducidas estas velocidades á  $0^{\circ}$ , dan  $339^m,3$  y  $333^m,2$ : la discordancia que entre ambas se nota puede consistir en la influencia del viento, pues los disparos no fueron recíprocos.