

lentamente, lucen por *fluorescencia*, como descubrió Stokes. Mas en ambos casos se llega muy pronto al límite, no bastando ningun artificio y quedando todo oscuro como en el ojo cerrado, porque aún cuando no faltasen elementos sensitivos, las partes transparentes del ojo no serían suficientemente permeables para los rayos de vibracion más lenta como para los de vibracion más rápida.

El camino que el movimiento vibratorio recorre durante el tiempo que emplea una vibracion, es decir, la longitud de la onda, habiendo sido medida con exactitud, suministra un medio cómodo de expresar los diferentes colores en fracciones de milímetros en vez de palabras y de fijar números para aquellos límites. Tomando estos límites tan amplios como sea posible, resulta que todo lo visible en este mundo está comprendido entre las longitudes ondulatorias de 0,0003 y 0,0009 (tres y nueve diezmilésimas partes de un) milímetro, es decir, que todo lo que envía al ojo rayos de ménos de tres y de más de nueve diezmilésimas partes de un milímetro, no se ve, sino que parece tan oscuro como el fondo negro del ojo cerrado. Mas aún dentro de este intervalo, la facultad de distinguir las transiciones de los colores está limitada. Los matices que se diferencian más fácilmente son los del amarillo y amarillo verdoso, siendo aquí el límite extremo alcanzado hasta hoy de 1,000 á 1,001, es decir, que dos colores igualmente puros é intensos, se perciben todavía como diferentes, cuando uno hace 549%, billones de vibraciones en un segundo y el otro 550%, billones. Esto se refiere solamente al amarillo; para los demas colores nuestra capacidad distintiva es mucho menor, especialmente para el rojo. También la mezcla de los colores entre sí y con el blanco alcanza pronto un punto en que ya no es posible distinguir una de las partes constitutivas. Mezclando un color puro con mucho blanco ó aumentando considerablemente su claridad, césase de conocerlo.

Siendo, pues, toda sensacion luminosa limitada en todas las direcciones, resulta evidentemente que el número de las clases de sensaciones coloras no es infinito, si bien es muy grande; sus elementos se dejan contar.

Lo mismo puede decirse con respecto al sonido; todos sus elementos simples, los tonos, son contables, dando los más bajos de 16 á 24 vibraciones por segundo como puede comprobarse con el diapason. Para semejantes determinaciones de límites conviene emplear solamente vibraciones simples de péndulo pero muy enérgicas. Cuando las vibraciones son más lentas aún, de 8 á 15 por segundo, pero muy fuertes, no se oye nunca un tono simple, puro, sino que se percibe un ruido expiratorio de roce compuesto de golpes de aire cortos y repetidos con regularidad. Estos ruidos bajos intermitentes son para el oído lo que para el ojo las oscilaciones rítmicas de una llama de gas, y no son abo-

nados para avanzar al límite inferior de las sensaciones acústicas. También en el sentido opuesto el oído nos da higa cuando el tono simple hace más de 41,000 oscilaciones dobles por segundo; para muchas personas el límite se halla alcanzado ya con 16,000 oscilaciones. Este tono es doloroso para los más de los que lo perciben claramente; los tonos de siete ú ocho rayas, es decir, los de 20,000 oscilaciones arriba, son muy desagradables y afectan mucho á un oído sensible. Hasta ahora no se ha logrado acortar el diapason más pequeño hasta el punto de ejecutar más de 40,960 oscilaciones al *mi* con ocho rayas (8.ª octava) y es dudoso si en tal caso se oiría algo porque tal vez las partes del oído no serían bastante flexibles para responder, ya que de hecho el límite está mucho más bajo para los oídos buenos.

Tanto los músicos como los fisiólogos se han ejercitado en distinguir las diferencias entre los tonos de diferente agudeza. Para los más el límite se expresa por la relacion de 1,000 á 1,001, es decir, dos tonos de los que uno verifica 1,000 vibraciones por segundo y el otro 1,001, se distinguen aún del unison si resuenan uno despues del otro. Algunos experimentadores han traspasado este límite. *Seebeck* encontró que todavía podía distinguir con certeza dos diapasones que ejecutaban 440 vibraciones el uno y 439 $\frac{1}{2}$, el otro, lo que da la relacion de 1,209 á 1,210. *Reyer* repitió el experimento y confirmó el resultado. Mas un oído práctico y fino distingue siempre perfectamente dos sonidos homogéneos de igual intensidad cuando el uno hace 1,000 vibraciones por segundo y el otro 1,000 $\frac{1}{2}$, siendo, pues, la relacion de 2,000 á 2,001. Pero este no es aún el límite extremo de nuestra facultad distintiva, pues, no experimentando con tonos tan agudos, podemos distinguir diferencias más finas. En los tonos agudos como en los graves no se perciben las diferencias con tanta exactitud como en los tonos medios; siendo la susceptibilidad distintiva mayor en el intervalo de los pocos tonos que tienen comunes todas las voces de canto humanas, siendo privilegiados entre ellos los tonos de la primera octava fácilmente alcanzables por el baritono y el tenor y difícilmente por el bajo de un lado y el tiple de otro lado. Una cosa análoga sucede en los colores, puesto que los matices amarillos y verdes ocupan también el medio de la serie natural de los colores usuales y son precisamente los que ofrecen mayor facilidad para la distincion de las diferencias.

Más claramente aún resulta esta relacion cuando se trata de apreciar diferencias de temperatura. En el alcance de la temperatura ordinaria de la piel que no se llama caliente ni fría, y todavía un poco más allá es posible distinguir un décimo de grado del termómetro; pero por debajo como por arriba de esta temperatura media la percepcion de las diferencias es poco certera. El agua

de 4° no parece más fría que la de 6°; la de 49° parece tan caliente como la de 50°, causando las dos dolor. Aún ménos capaz es el tacto de distinguir entre un pedazo de hielo de -10° y otro de -15°, ó entre agua de 90° y de 95°, prescindiendo aún del hecho que el sentido de la temperatura es muy desigualmente desarrollada en los diferentes puntos de la piel, hallándose el minimum en la piel del dorso. Las determinaciones resultan más exactas sumergiendo en el agua de diferente temperatura uno ó dos dedos, y es sorprendente la gran influencia de la práctica ya al cabo de pocos ensayos.

Con respecto á los sentidos del gusto y del olfato son aún muy escasos los experimentos; pero ya parece verosímil que en la cata de lo salado se acierta á distinguir diferencias más pequeñas que en lo agrio y lo dulce, siendo más basto aún el gusto de lo amargo. Mas cuando no se trata de distinguir disoluciones de diferente concentracion y diverso sabor, sino de apreciar las cantidades mínimas necesarias para provocar una sensacion sávida, los ácidos y los amargos ocupan el primer puesto y los dulces el último. La estriquina comunica su sabor amargo á más de un millon de veces su peso de agua, el ácido sulfúrico se nota en cien mil partes de agua, miéntras que la sal disuelta en quinientas partes de agua, ó sea dos gramos por litro, ya no se percibe y el azúcar apénas da un sabor dulce á cincuenta partes de agua, por mucha que sea la cantidad que se cate.

Concerniente al compañero constante del gusto con el cual es confundido muchísimas veces, el olfato, no es posible indicar las cantidades mínimas.

Para que un cuerpo afecte el gusto basta que se halle en estado líquido, pero solo los cuerpos corporales, los que se *gasifican*, huelen, y las cantidades mínimas todavía perceptibles de estos cuerpos son tan sumamente pequeñas que se ha afirmado seriamente que serían infinitesimales ó que sería imposible determinar las cantidades mínimas de sustancia olorosa por ser demasiado pequeñas. Ciertamente si se considera que solamente por el olor pueden distinguirse al instante los diferentes años de vinos viejos, así como las numerosas variedades de rosas, parece natural la conclusion, que aquí no cabe pensar en número. Mas habiéndose averiguado ya el límite en varios casos, no puede admitirse científicamente que el límite sea indeterminable en caso alguno.

Resumiendo lo dicho con respecto á todos los sentidos, resulta evidentemente que la parte que en toda percepcion corresponde á la sensacion pura está encerrada en límites congénitos. Está probado que *la sensacion pura no es infinita en intensidad ni en calidad*. Vamos á considerar la cuestion bajo el otro punto de vista de toda percepcion, el del espacio y del tiempo.

Hallándose limitado el número de los géneros y de los grados de intensidad de toda sensacion, la gran variedad de lo que sentimos, la abundancia

abrumadora de los fenómenos que percibimos no puede depender más que de la repeticion irregularmente distribuída del material de las sensaciones en el tiempo y el espacio. Efectivamente no cabe duda que toda la gran realidad variable y con ella el interes de cada individuo en la vida depende, en última análisis, de la repeticion de sensaciones simples en un órden siempre variado, en distribucion local y temporal cada vez diferente.

Mas admitir esta incertidumbre en el órden local y temporal no es decir nada acerca de la percepcion misma del espacio y del tiempo. El pensamiento es, á la verdad, incomensurable, mas la experiencia comun y la observancia científica enseñan que nuestros sentidos se quedan siempre muy atras. En todas partes y en todo tiempo las cosas son limitadas en la experiencia del mundo real, y sin embargo, la idea de lo infinito y eterno se nos presenta siempre desde el momento que los tiempos y espacio son muy grandes ó muy pequeños. ¿Cuán pequeños y cuán grandes son los tiempos y espacios más pequeños y más grandes que nos es dable medir?

Para medir el tiempo, afortunadamente ya no nos hallamos reducidos á la apreciacion individual muy equívoca ni al contar los latidos cardíacos ó los movimientos respiratorios; hoy empleamos preferentemente el péndulo y la rotacion de la tierra para la division del tiempo. Mas aún los mejores instrumentos no dan sino una aproximacion, no una precision cabal. Para medir el tiempo que la bala de cañon emplea en recorrer el trecho entre el punto de carga y la boca del cañon, se han construído relojes que indican un millonésimo de segundo. Hace treinta años ya Wheatstone (*Witston*) determinó directamente, con su cronoscopio el electromagnético, el tiempo que una bala necesita para caer de la altura de una pulgada; conocemos la duracion de la chispa eléctrica que varia segun la intensidad entre 7 y 29 millonésimas de segundo; hasta la duracion del pensamiento se ha determinado; pero todas estas mediciones no tienen más que una exactitud aproximada como todas las mediciones que se practican efectivamente. Nada nos autoriza á presumir que se conseguirá medir exactamente partículas de tiempo cada vez más pequeñas sin que se pueda prever el límite. Tal opinion es insostenible por dos razones.

En primer lugar no se conseguirá jamas construir instrumentos perfectamente matemáticos, es decir, libres de todo defecto, porque de las mismas condiciones de la construccion de todo reloj resultan inevitablemente defectos corregibles solo imperfectamente, con más ó ménos aproximacion. El influjo de la temperatura, de la humedad, del roce, de las sacudidas se deja eliminar en gran parte, pero no del todo, aún suponiendo que realmente se conocen todas las fuentes de error. Un reloj perfecto existe solamente en la imaginacion.

Mas aún cuando existiese un cronoscopio que indicase con exactitud absoluta un trillonésimo de segundo, las observaciones hechas con el tal instrumento no resultarían exactas, porque los que manejan el instrumento no dejarán de ser hombres. Aún suponiendo la mayor destreza posible, nadie es capaz de dominar los músculos de su brazo y ojo con la perfección que exigiría semejante aparato. El ojo, el oído y la mano, instrumentos admirables por cierto, distan mucho de ser perfectos é infalibles. La observación y el ajuste del reloj serán errados por causa del observador mismo, resultando los errores más grandes que la fracción de tiempo que hay que medir, cuando ésta es muy pequeña. Si se trata de comparar dos tiempos con precisión, es indispensable que ni el reloj ni el observador se alteren por el trabajo, porque, de lo contrario, no funcionarían con uniformidad y exactitud. Aún cuando despues de la primera medición el aparato permaneciese inalterado, el observador no dejaría de cambiar lo bastante para hacer imposible la percepción directa de tiempos tan pequeños como, v. gr., la duración de una vibración luminosa. Estos tiempos mínimos se dejan computar con gran aproximación y se puede calcular con ellos, pero no es dable observarlos directamente como la oscilación del péndulo de segundo. Tampoco nos permite la distinción de partes mínimas del tiempo, sin instrumentos, el verdadero sentido del tiempo, el oído que observa admirablemente el compás y el ritmo, pero cuya capacidad distintiva tiene un límite insalvable. Lo mismo puede decirse del ojo que no acierta siquiera á percibir como distintos dos relámpagos cuando uno parece $\frac{1}{100}$ de segundo más tarde que el otro.

Esta incertidumbre en la medición de los tiempos pequeños no es compensada por una certeza mayor en la determinación de épocas lejanas. Pues aún cuando los cálculos astronómicos son muy exactos y certeros, sabiéndose, v. gr., que infaliblemente todos los futuros tránsitos de Vénus hasta el quinto milenario ocurrirán solamente en los meses de junio y diciembre, sin embargo, tales cálculos no pueden extenderse con igual certeza á millones de años, porque no tenemos ninguna garantía que en tanto tiempo no se presenten alteraciones desconocidas; sea que se produzcan de nuevo, sea que, existentes ya, resulten perceptibles solamente al cabo de miles de años. La historia de la astronomía es suficiente testimonio de la falta de esta garantía. Por esta razón todas las profecías humanas sobre la suerte del mundo y aún de la tierra, por respetables que sean en el mundo científico los nombres de sus autores, no dejan de ser castillos en el aire. Hay infusorios que en una sola tarde pueden multiplicarse cien mil veces; si uno de estos seres, nacido en el crepúsculo, estuviese dotado de inteligencia humana, concluiría de la creciente oscuridad durante la

media hora que dura su vida de esta manera: habiendo observado yo y todos mis contemporáneos y mis antepasados, que va oscureciendo cada vez más, el mundo no puede tardar en hallarse envuelto en una noche eterna. Semejante conclusión que hace caso omiso del sol que vuelve á salir, es análoga á la que presume que en cierto porvenir todos los cuerpos del mundo tendrán la misma temperatura, lo que equivaldría á la muerte universal. Las pocas decenas de siglos que se han hecho observaciones no autorizan á prejuzgar por millones de siglos ni es justificable la aplicación al universo inmenso de lo que pasa en el reducido campo de nuestra observación.

Pues las mismas reflexiones son aplicables al *espacio* en sus dimensiones mínimas y máximas. Hombres muy ingeniosos han creído que el perfeccionamiento cada vez mayor de las lentes de aumento conduciría asimismo á la perceptibilidad de cosas cada vez más pequeñas ó lejanas. Efectivamente, los resultados admirables que han dado en los últimos decenios los microscopios perfeccionados y los telescopios gigantesos parecían confirmar semejante esperanza. Mas la teoría de los instrumentos ópticos que no ha progresado ménos que la técnica, ha demostrado recientemente, no solamente que existen límites del aumento, sino aún cuáles son. *Abbe* ha averiguado que el aumento útil ha sido traspasado ya en muchos casos, porque lo que se ve con certidumbre con un aumento de dos mil diámetros, se ve también con solo ochocientos, y lo que se presume distinguir más en el primer caso, no es imagen del objeto investigado, es efecto de la inflexión de la luz. *Helmholtz* ha confirmado este descubrimiento y declara terminantemente que la oscuridad é inflexión de la luz, creciendo en la misma proporción que el aumento, constituye una valla insuperable para la observación microscópica. Los dos investigadores encontraron que no es posible ir más allá que la distinción de dos puntos cuya distancia es igual á la longitud de onda luminosa con la luz directa y la mitad de la longitud con la luz oblicua. Es decir, que mientras quede en pié la óptica, no hay esperanza de ver con el microscopio distancias más pequeñas que $\frac{1}{1000}$ de milímetro. Todo lo que va más allá es ilusión. Este hecho es de importancia enorme, pues claro es que todas las mediciones de la gravedad, del calor, del magnetismo, de la electricidad; en fin, todo cuanto se pretenda medir con el ojo, son perfeccionables solo hasta un punto determinado. La esperanza que se soñaba antiguamente de ver algún día los corpúsculos primitivos, simples, indivisibles, se ha evaporado por completo, puesto que las máquinas partitivas casi han llegado más allá de la perceptibilidad, ya que *Nobert* ha sabido tallar en cristal con el diamante diez mil rayas en el espacio de una línea de París, ó sea 2,25 milímetros, es decir, más de 4,000 divisiones por milímetro.