

59

17159
~~17159~~

25

282

II

33

4

6

11

0

Escuela de las Ciencias Médicas.

TRATADO DE FISILOGIA.

1000

Tesoro de las Ciencias Médicas.

TRATADO DE FISILOGIA.

Tratado de las Ciencias Médicas

Esta obra es propiedad de la
casa de D. Ignacio Boix, Editor
en Madrid.

TRATADO DE FISILOGIA.

TRATADO
DE
FISIOLOGIA,

POR J. MULLER,

**Profesor de anatomía y de fisiología en la universidad
de Berlín, etc.**

Traducido de la cuarta edición alemana, y anotada

POR A. J. L. JOURDAN.

Y del francés al castellano

por los Redactores del **Tesoro de las Ciencias Médicas.**

TOMO QUINTO.

MADRID.

—
IMPRENTA Y LIBRERIA DE D. IGNACIO BOIX, EDITOR.

CALLE DE CARRETAS, NUMERO 27.

—
1846.

TRATADO

DE

FISIOLOGIA

DE J. WAGNER.

Exposición de anatomía y de fisiología en la universidad
de Berlin, etc.

Traducción de la obra original alemana, y añadidos

POR A. E. JORDAN.

Y del resto de la obra

por los Redactores del *Tercer de las Ciencias Médicas*

JORG GARRIDO.

MADRID.

IMPRESA Y LIBRERIA DE D. IGNACIO BOIX, EDITOR.

CALLE DE CARRIVAS, NÚMERO 27.

1848

TRATADO

DE

FISIOLOGIA.



CONTINUACION DEL LIBRO CUARTO.

CAPITULO II.

DE LA VOZ, DEL ORGANISMO VOCAL, Y DE OTROS ORGANOS PRODUCTORES
DEL SONIDO EN EL HOMBRE Y LOS ANIMALES.

Las investigaciones que preceden nos suministran una base para apreciar los medios por los cuales se producen la voz humana, y los demás sonidos que se observan en nuestra especie y en los animales. Examinaremos el modo de formarse tres especies de sonidos musicales, y la voz humana y de los mamíferos, los que se producen en la boca del hombre y en los pájaros. En efecto, en estos tres casos, la producción del sonido se efectúa por medios diversos y en diferentes lugares. Los sonidos de la voz en los mamíferos nacen de la laringe, y se modifican un poco, respecto al timbre y tono por las partes situadas delante del órgano que el aire atraviesa. La facultad de silbar pone al hombre en posesión de otro registro para el sonido, cuyo origen está en los labios y el aire de la boca. La voz de las aves se forma en otro sitio, no en la laringe superior sino en la inferior, la que ocupa la bifurcación de la traquearteria. Fórmase la voz de otros vertebrados que la poseen en la laringe, como en el hombre y mamíferos; tal es por ejemplo la de las ranas, sapos &c. También exis-

ten en ciertos animales, aun de las clases inferiores, aparatos productores del sonido, de los cuales no me ocuparé aquí, porque me separarian demasiado de mi objeto (1).

I. VOZ HUMANA.

A. Organó vocal del hombre en general.

Si hay en la teoría de la voz humana una cuestion á que se puede contestar inmediatamente, es la del sitio de las vias aéreas donde se forma la voz. Las observaciones hechas en el vivo, y los experimentos sobre la laringe humana demuestran que se forma en la misma glotis, ni mas arriba, ni mas abajo. Cuando existe una abertura accidental en la tráquea de un hombre, ó practicamos una en la de un animal, cesa la voz, y vuelve á aparecer tan pronto como se cierra dicha abertura. Este experimento que se ha hecho con mucha frecuencia, nunca ha sido desmentido. Por el contrario una abertura practicada en la parte superior de las vias aéreas por encima de la glotis no

(1) *Cons.* sobre la voz del hombre á DODART, en las *Mém. de l'Acad. des sc.*, años 1700, 1706, 1707.—FERREIN, *ibid.* 1741.—MAGENDIE, *Précis élémentaire de Physiologie*, Paris, 1836, t. I, p. 264, y *Dict. de med. et de chir. prat.*, art. BÉGAIMENT, t. IV, p. 63.—DUTROCHET, *Mém. pour servir à l'hist. anat. et phys. des anim. et des végét.* Paris, 1837, t. II, p. 519 y sig.—BIOT, *Traité de Physique*, t. II, p. 190.—SAVART, en los *Annales de chimie*, t. XXX, p. 64.—LISCIVIVS, *Theorie der Stimme*. Léipzig, 1814.—CHLANO-I, en los *Annales de Gilbert*, t. CXVI, p. 187.—MAYER, en los *Archives de Meckel*, 1826.—BENNATI, *Recherches sur le mécanisme de la voix humaine*, Paris, 1832.—MUNCKE, en el *Dict. de phys. de Gehler*, t. VII, p. 373.—MAYO, en los *Outlines of human physiology*, 1833.—CH. BELL en los *Phylas. Trans.*, 1832.—MALGAIGNE, en los *Archives générales de médecine*, 1831, t. XXV.—WILLIS, en los *Transact. of the Cambridge phil. Soc.*, 1833.—BISHOP, en *Lond. and Edinb. phil. Magaz.*, 1836.—LEHFELDT, *Diss. de vocis formatione*. Berlin, 1835.—C. E. NOEGGERATH, *De voce, lingua, respiratione, deglutitione observationes quædam*. Bonn, 1841.—F. DESPINEY, *Physiologie de la voix et du chant*. Bourgs 1841.

suprime la voz. Magendie y Longet (1), se han convenido tambien de que la voz subsiste á pesar de la lesion de la epiglottis, ligamentos superiores de la glottis, y vértice de los cartilagos aritenoides. Magendie ha observado además, en animales vivos cuya glottis se habia descubierto, que los ligamentos que rodean esta última entran en vibracion cuando el animal deja escapar algunos sonidos. Tambien se sabe que la lesion de los nervios laríngeos, bajo cuya dependencia estan los musculitos que cambian la configuracion de la glottis y distienden las cuerdas vocales estingue la facultad de formar sonidos, y que en esta parte la parálisis es completa cuando los dos nervios laríngeos se han cortado en ambos lados. Que se intente producir sonidos en un cadáver humano, soplando por la traquearteria, lo que puede conseguir el mas torpe con tal que los ligamentos inferiores de la glottis esten un poco tensos, y esta estrechada, pues en efecto se obtienen, importando poco que la porcion de tráquea por la cual soplamos sea corta ó larga; puede muy bien no existir ni aun huella, y no dejará de ser igual el resultado con tal que soplemos por la estremidad inferior de la laringe. Separado este órgano del cuerpo, y despojado de todas las partes situadas por delante de la glottis, epiglottis, ligamentos superiores, ventrículos comprendidos entre dichos ligamentos y las cuerdas vocales, y aun de la mayor parte del vértice de los cartilagos aritenoides, con tal que la hendidura entre los ligamentos inferiores subsista todavía y que sea estrecha, dicho órgano dará sonidos puros, tan luego como soplemos por la traquearteria. De todo esto se deduce que la causa esencial de la voz reside en la glottis, que la tráquea se conduce como la embocadura de los instrumentos de viento, y que el tubo situado delante de la glottis, con la parte superior de la cavidad laríngea entre los ventrículos de Morgagni, ligamentos inferiores y superiores, y la epiglottis hasta las cavidades nasal y bucal, corresponden á los tubos de este instrumento, que modifica el sonido pero que no le produce. Punto en el que difiere el órgano vocal del hombre y mamíferos del de las aves.

(1) MAGENDIE, *Elém. de Phys.*, p. 105.—LONGET, *Anat. du syst. uer.*, t. II, p. 278.

En estas se forma la voz en una laringe especial situada en la bifurcacion de los bronquios; la laringe superior carece de ligamentos vocales, y no podemos producir ningun sonido, mientras que la inferior continúa determinándolos despues de la abertura ó seccion de la tráquea que le sobrepaja, y que tambien los ocasiona cuando soplamos por los bronquios, como sucede en los hombres cuando lo hacemos por la tráquea. Así en las aves solo los bronquios pueden ser considerados como la embocadura; la traquearteria entera, desde la laringe inferior, constituye parte de un tubo, juntamente con la superior, y las cavidades oral y nasal.

Los límites de la glotis (cuerdas vocales en el hombre), merecen fijar primeramente nuestra atencion. Estos ligamentos son elásticos: el movimiento del cartilago tiroideos hácia el cricoides por medio de los músculos crico-tiroideos (1), y el de los cartilagos aritenoides por medio de los músculos crico-aritenoides posteriores que tiran de ellos hácia atrás al mismo tiempo que los músculos aritenoides, aproximándolos uno á otro, hacen á las cuerdas vocales susceptibles de una tension diversa, ya sea que los últimos fijen los cartilagos aritenoides y los otros los distiendan, ó ya que estos fijen y aquellos distiendan. La glotis se hace mas larga ó mas corta segun el grado de esta tension. La aproximacion de los cartilagos aritenoides por los músculos aritenoides la estrecha, y su separacion por los crico-aritenoides la ensancha. La elasticidad de las cuerdas vocales las hace aptas para vibraciones regulares y análogas bajo este punto de vista á membranas tirantes por sus dos extremos: depende del tejido elástico particular que entra en su composicion y que se encuentra tambien en otras muchas partes del cuerpo ani-

(1) Para determinar la influencia de los músculos *crico-tiroideos* en la fonacion, le ocurrió á Longet (*Mém. sur le larynx*, en *Gaz. méd.*, 1841) la idea de cortar en varios perros los ramillos que animan á estos músculos, inmediatamente sobrevino una *ronquera* de la voz muy considerable, debida á la falta de tension de las cuerdas vocales, ronquera que Longet hacia desaparecer aproximando por medio de unas pinzas el crico hioides al tiroides, reemplazando de este modo la accion de los músculos crico-tiroideos. (N. del T. F.)

mal. Este tejido difiere de todos los demás, no solo por su color amarillo, sino tambien por la disposicion de sus fibras únicas conocidas hasta ahora que se dividen y anastomosan como nos lo han demostrado las observaciones de Laüth y de Schwann. Su estructura es la misma respecto á los puntos esenciales en todas las partes donde se encuentra. En el ligamento cervical de los mamíferos, los ligamentos amarillos de los arcos vertebrales, las fibras longitudinales amarillas de la traquearteria del hombre y de los mamíferos, el ligamento estilo-hioideo, el ligamento elástico de la piel del ala de las aves, el saco gular del pelicano, los ligamentos elásticos de la falange unguinal de los gatos &c., finalmente las arterias, donde constituye la túnica media, son los órganos en que mas generalmente está esparcido en todos los animales vertebrados. Sus propiedades químicas son las mismas en todas partes. Eulemberg (1) ha reconocido que no da un poco de cola sino con mucha dificultad y solamente despues de una coccion continuada por muchos dias; esta cola difiere de la ordinaria y se parece á la que he obtenido de los cartílagos y del cuerno, que es precipitable por el alumbre, el ácido acético, el acetato de plomo, y el sulfato de hierro. Se parece á los tejidos inferiores ó que dan cola (tejido celular, tejido seroso, piel, tejido tendinoso, cartílagos) en que su disolucion ácida no es precipitada por el cianuro de hierro y de potasio, al paso que la materia de los tejidos de base albuminosa es precipitada de su disolucion ácida por esta sal, como lo ha descubierto Berzelius. La elasticidad del tejido elástico es tan considerable y duradera, que no se pierde á pesar de permanecer dias enteros en ebullicion y estar sumergido en alcohol durante algunos años, como he podido convencerme de ello.

Las cuerdas vocales no son las únicas partes de la laringe en que se encuentra tejido elástico; desde muy antiguo se sabe ya que los ligamentos hioteroideos y cricotiroideo estan medio formados de esta sustancia. El último de estos ligamentos, aun sin el concurso del músculo cricotiroideo, debe mantener aproximados uno á otro los bordes correspondientes del cartilago tiroides y del cricoides;

(1) *De tela elastica*. Berlin, 1836.

resultando de aquí que el movimiento hácia atrás de los cartílagos aritenoides por la acción de los músculos en el caso de tensión de las cuerdas vocales tienen también que combatir en cierto modo la acción de este ligamento, y que cuando los cartílagos aritenoides se encuentran fijos, los ligamentos de la glotis deben experimentar ya alguna tensión por el solo hecho de la aproximación que establece entre las partes anteriores, tiroides y cricoides. Sin embargo, Lauth (1) ha descubierto que el tejido elástico está mucho más esparcido todavía en el interior de la laringe. La mayor proporción de este tejido nace de la mitad inferior del ángulo tiroides, entre las inserciones de los músculos aritenoides, de donde irradian las fibras de arriba abajo oblicuamente y de delante atrás y un poco de abajo arriba, formando una membrana coherente que se fija á todo el borde superior del cartilago cricoides, excepto el punto en que se articulan los cartílagos aritenoides. En este último punto las fibras elásticas se fijan en el ángulo anterior de la base de los cartílagos aritenoides y en su borde anterior. La membrana radiante tiene tres manojos de refuerzo que son el ligamento crico-tiroides medio y los ligamentos tiro-aritenoides inferiores. Forma también las cuerdas vocales superiores é inferiores. Los ligamentos superiores é inferiores de la glotis, están unidos entre sí por una capa sumamente delgada de tejido elástico que reviste el ventrículo de Morgagni. El ligamento hiotiroideo lateral, es también elástico y el mismo tejido existe igualmente en los ligamentos tiro-epiglótico, hio-epiglótico, y glosa-epiglótico. Si á esto se añaden las fibras longitudinales elásticas que se encuentran en la parte membranosa de la traquearteria, y en los bronquios, se tendrá una idea de la grande extensión de las paredes susceptibles de vibraciones y de resonancia que rodean al órgano de la voz.

Nuestra atención debe dirigirse en seguida sobre las formas posibles de la glotis, y sobre las que toma realmente cuando produce sonidos. Según Lauth, en el estado de reposo y cuando no suena, la glotis tiene una forma lanceolada. Sábese que se ensancha durante la inspiración, y que

(1) *Mém. de l'Académie royale de médecine*, Paris, 1835, t. IV, p. 95.

se estrecha en la espiración. Sus lados están formados posteriormente por la cara interna y la apófisis anterior de la base de los cartílagos aritenoides, y por delante y en su mayor parte por las cuerdas vocales que se fijan en esta apófisis. En una glotis de once líneas de largo y abierta en sus dos extremos la parte posterior tiene cuatro de largo y siete la anterior. Cuando la glotis está lo más ensanchada posible (músculos crico-aritenoides posteriores), representa un triángulo, cuyo ángulo posterior está truncado.

Los ángulos laterales corresponden á las apófisis precisadas de los cartílagos aritenoides, cuya distancia de uno á otro puede llegar hasta cinco líneas y tres cuartos. En el estado de estrechez, la glotis puede afectar tres formas: ó solamente hay aproximación de las apófisis anteriores de las bases de los cartílagos aritenoides por efecto de los músculos crico-aritenoides laterales, y cuando estas apófisis se tocan la glotis es doble (1), ó bien la glotis estrechada está abierta en toda su longitud, ó en fin su parte posterior se cierra enteramente porque los cartílagos aritenoides se aproximan hasta sus apófisis anteriores, á las cuales están fijadas las cuerdas vocales; este último efecto es el resultado de la acción reunida de los músculos aritenoides y crico-aritenoides laterales; la glotis se encuentra reducida entonces al espacio comprendido entre sus bordes elásticos y cortantes; su forma está prolongada en punta tanto hacia delante, como hacia atrás; su longitud y latitud varían también mucho según que las cuerdas vocales están simultáneamente tirantes ó no. La relajación y el acortamiento

(1) Longet (*Rech. Exp. sur les fonctions des muscles et des nerfs du larynx*, en la *Gazette médicale* 1841), se ha arreglado directamente por el experimento, galvanizando en varias laringes de buey y de caballo únicamente los filetes del nervio recurrente que van á los nervios crico-aritenoides laterales, de que estos músculos al contraerse estrechaban solamente la parte anterior de la glotis, y aproximaban las dos cuerdas vocales una á otra en toda su longitud. Así que, dividiendo esta abertura en glotis *intermuscular* y en glotis *intercartilaginosa* ó *interaritenoidica*, hace á los músculos crico-aritenoides laterales constrictores de la primera, y al músculo aritenoides constrictor de la segunda. (*N. del T. P.*)

de los ligamentos inferiores de la glotis, son debidos á los músculos tiro-aritenoideos que estrechan tambien el espacio situado encima y debajo de las cuerdas vocales.

Todavía no se conoce bien en el hombre vivo la forma de la glotis que produce sonidos, y solamente se sabe que se halla entonces estrechada. Como no hay mas que su parte anterior, rodeada de bordes elásticos y cortantes, que sea susceptible de entrar primitivamente en vibracion, y por consiguiente no hay que ocuparse de su parte posterior en lo concerniente á la voz, la abertura de esta parte no podria menos de ser una ocasion de desórden agrandando considerablemente la estension de la glotis en su superficie. Mayo (1) ha observado la glotis en un hombre que en una tentativa de suicidio se habia cortado la garganta inmediatamente por encima de las cuerdas vocales; la herida dirigida oblicuamente interesaba una de las cuerdas, y uno de los cartilagos aritenoides; cuando el sugeto respiraba tranquilamente, la glotis era triangular: cuando queria formar un sonido, los ligamentos se hacian casi paralelos, y la glotis linear. A juzgar por la figura parece que la parte posterior de esta hendidura no estaba cerrada. Otro individuo se cortó el cuello por encima del cartilago tiroides de modo que se podia ver la parte superior de los cartilagos aritenoides: cuando producía un sonido, estos cartilagos se hallaban colocados absolutamente lo mismo que si la glotis hubiera sido cerrada en totalidad.

Kempelen dice que basta que la glotis se abra una duodécima, ó todo lo mas una décima, para que la voz pueda salir todavía (2), y Rudolphi (3) confirma esta asercion apoyado en el hecho de un hombre en quien la pérdida de la nariz hacia tan accesible á la vista la cavidad faríngea que muy bien se podia ver abrirse y cerrarse la glotis.

Magendie no comprende en la glotis el espacio interceptado entre los cartilagos aritenoides, que, segun las observaciones hechas por él en varios animales, se aplican inmediatamente uno á otro durante la salida de los sonidos. Malgaigne dice tambien que la parte posterior de la

(1) *Outlines of human physiology*, Londres, 1833.

(2) *Mechanismus der menschlichen Sprache*, p. 81.

(3) *Physiologie*, Berlin, 1828, t. II, P. I, p. 370.

glotis está cerrada cuando se producen sonidos. En efecto, es posible que sea esta la regla; porque en la laringe humana separada del cuerpo los sonidos salen con dificultad cuando la parte posterior de la glotis no está cerrada. He reconocido sin embargo que esta oclusión no es de una necesidad absoluta, pues á pesar de haber tenido abierta la glotis en toda su longitud he obtenido algunas veces sonidos con solo estirar un poco los ligamentos y estrechar la abertura.

Hechos relativos á los cambios de los sonidos del órgano vocal y á sus causas.

Los experimentos en los animales vivos no han contribuido mucho hasta ahora á ilustrar la teoría de la voz humana, aunque no carecen de mérito las investigaciones de Magendie y Malgaigne. El primero de estos autores descubrió la glotis de un perro por medio de una seccion practicada entre el cartilago tiroides y el hioides, y observó que las cuerdas vocales vibraban en toda su longitud durante los sonidos graves, mientras que la porcion de la glotis comprendida entre los cartilagos aritenoides estaba cerrada. Segun él, en los sonidos muy elevados las vibraciones no son sensibles sino en la parte mas posterior de las cuerdas vocales, y el aire no sale tampoco sino por la parte mas posterior de la glotis; es difícil entrever por qué ha de verificarse la oclusión de la glotis en su parte anterior (1). Tampoco es posible producir una corriente semejante en la laringe humana, mientras se consigue fácilmente sin variar la tension acortar un poco la parte posterior de la glotis aproximando mas una á otra las apófisis anteriores de las bases de los cartilagos aritenoides, en las cuales se fijan las cuerdas vocales. De los experimentos hechos en la laringe humana es de donde debemos esperar mas resultados. Al empezar se encuentran muchas dificultades: siendo todo movable, ¿cómo dar á las partes el grado necesario de tension sostenida y á los cartilagos una posicion determinada é igual, condicion necesaria á la precision de los experimen-

(1) Segun Longet es producida por la accion de los dos músculos crico-aritenoides laterales. (N. del T. F.)

tos, y cómo cambiar fácilmente esta posición para llenar objetos determinados? Sin embargo, llega á conseguirse con un poco de arte. Trátase desde luego de obtener un punto fijo en la laringe. La mayor parte de la pared anterior y la parte superior de la posterior son movibles. El cartilago tiroides puede moverse sobre el cricoides, y los cartílagos aritenoides son igualmente movibles sobre este último, unos y otros cambian la tensión de las cuerdas vocales. Como los cartílagos aritenoides son las partes más movibles, aquellas cuyas diferencias de situación pueden inducir más fácilmente á error en los experimentos, he procurado desde luego darles una situación fija. Se toma una laringe que todavía tenga un pedazo de traquearteria y se la coloca por su pared posterior sobre una laminilla á la cual se fija sólidamente el cartilago cricoides, igualmente que los cartílagos aritenoides. El mejor medio de conseguir esto es el siguiente: introduzco oblicuamente al través de la parte inferior de los cartílagos aritenoides una aguja sobre la cual se los fija inmediatamente uno al lado de otro. Debe hacerse con mucho cuidado la perforación para que cuando después se tire del cartilago tiroides, experimenten las cuerdas vocales una tensión igual. Es preciso también que se verifique de modo que, cuando los cartílagos se apliquen uno á otro, se toquen las apófisis anteriores de sus bases. Sobre esta aguja se pueden dar á los cartílagos todas las situaciones que se crean convenientes, y se las puede separar un poco, de modo que la parte posterior no resonante de la glotis quede abierta; también se los puede poner en contacto perfecto y fijarlos de un modo inamovible por medio de cordones en esta situación, en que la parte posterior de la glotis se encuentra cerrada. Cuando la laringe así preparada está fija sobre la laminilla por su pared posterior, hay que fijar igualmente sobre la madera la parte de esta pared que está formada por los cartílagos aritenoides; lo cual es fácil por medio de cordones que mantengan inmóvil la aguja. Fija de este modo la pared posterior de la laringe, se pueden dar á las cuerdas vocales todos los grados de tensión imaginables y rigurosamente medibles tirando de la pared anterior formada por el cartilago tiroides. Para destruir una resistencia de parte de la inserción del cartilago tiroides al cricoides, conviene cortar con cuidado dicha inserción en totalidad; en cuyo caso á beneficio de un cordón fijo en el

ángulo del cartilago tiroides inmediatamente por encima de la insercion de las cuerdas vocales, se puede atraer este cartilago hácia sí, aumentando la distancia entre la pared anterior movible y la posterior fija de la laringe cuanto lo permiten las cuerdas vocales estendidas entre estas paredes; cuanto mayor es la traccion mas se distienden las cuerdas. Hago pasar el cordon sobre una polea y le ató á una balanza; poniendo pesos en esta, puedo variar la tension de las cuerdas vocales de un modo rigurosamente medible. Como no son esenciales á la produccion de la voz la epiglottis, los ligamentos superiores de la glotis, los ventriculos de Morgagni, los cartilagos de Santorini, los ligamentos ariteno-epiglóticos, y aun la parte superior del cartilago tiroides, hasta la insercion de las cuerdas vocales, corto todas estas partes hasta inmediatamente por encima de los ligamentos inferiores, para poder ver mejor estos últimos cuando vibran, y la glotis. Por lo demás, es necesario empezar por conocer lo que los ligamentos inferiores de la glotis pueden producir por sí mismos, dejando para mas adelante el exámen de la influencia de los ventriculos situados por encima de ellos. Se introduce en la traquearteria un tubo de madera para soplar, con cuyo aparato he repetido muchas veces los experimentos. He aquí los hechos que he observado:

I. *Los ligamentos inferiores, hallándose estrecha la glotis, dan sonidos llenos y puros cuando se sopla por la traquearteria.*

Estos sonidos se parecen mucho á los de la voz humana, y tienen grande analogía con los que se producen soplando sobre cintas húmedas de túnica elástica de arteria estendida en la estremidad de un tubo. De este último modo es como se construye la mejor laringe artificial. Las cintas de túnica elástica de arteria estan formadas del mismo tejido que las cuerdas vocales y tienen las mismas propiedades físicas. Se las puede sustituir con otras cintas secas de goma elástica, y los sonidos no son muy diferentes. Las cintas estan tirantes por los dos extremos, pero tapan la estremidad del tubo dejando solo una pequeña hendidura entre ellas. Las cintas elásticas humanas tienen sobre las de goma elástica la ventaja de dar sonidos puros, como el órgano vocal del hombre, aun cuando sean muy pequeñas, de suerte que la diferencia observada por Cagniard-Latour

entre las cintas de goma elástica y las cuerdas vocales no existen en realidad.

II. *Estos sonidos difieren de los que se obtienen cuando se han dejado subsistir los ventrículos de Morgagni, los ligamentos superiores, y la epiglotis, en que son menos fuertes.*

En efecto, estas partes resuenan simultáneamente con fuerza tan bien como la pared posterior de la traquearteria.

III. *Las cuerdas vocales suenan con mas facilidad sobre todo cuando la parte posterior de la glotis, entre los cartilagos aritenoides, está cerrada.*

Sin embargo, esta no es una condicion de absoluta necesidad. Muchas veces, pero no siempre, la voz se hace oír aun cuando la glotis esté abierta, con tal que la abertura sea bastante estrecha. Por este aspecto estoy en contradiccion hasta cierto punto con Morgagni, y Malgaigne. Pero estos sonidos son difíciles de producir y mas débiles (1).

IV. *Cuando las cuerdas vocales tienen una tension sostenida, el sonido permanece el mismo respecto á la elevacion, esté abierta ó no la parte posterior de la glotis.*

Es necesario sin embargo que la oclusion de la parte posterior de la glotis por la union de los cartilagos aritenoides no se estienda mas allá del punto de insercion de las cuerdas vocales. Ya se ve claramente segun esto que las vibraciones de las cuerdas vocales son las que determinan

(1) Longet ha hecho la observacion interesante que en los mamíferos jóvenes la glotis interaritenoidea es infinitamente menor, relativamente á la glotis intermuscular, que en los mamíferos adultos, lo cual es debido á la falta casi completa de las apósis anteriores de los cartilagos aritenoides en la primera edad. Habiendo oido Longet que los perros jóvenes daban ahullidos todavía despues de la seccion de los dos nervios laríngeos inferiores al paso que los adultos quedaban afónicos, mira la amplitud de la glotis interaritenoidea en estos últimos como un obstáculo á la produccion de los gritos agudos, opinion, cuya exactitud demuestra por otra parte con experimentos directos.

el sonido y que no es el aire el que primero vibra al atravesar la glotis; porque de lo contrario, el sonido producido por una glotis abierta en toda su longitud debia ser mucho mas grave que el de una glotis de la longitud de las cuerdas vocales.

V. *Si la parte posterior de la glotis, entre los cartilagos aritenoides, no se cierra completamente, si las apófisis anteriores de las bases de estos cartilagos aunque se toquen, dejan una aberturita detrás de ellas, no se produce segundo sonido por esta abertura.*

A veces el aire solamente resuena al atravesar la abertura que queda entre los cartilagos y la pared posterior por la cual estan unidos.

VI. *A igualdad de tension de las cuerdas vocales, la mayor ó menor estrechez de la glotis no ejerce influencia notable en la elevacion del sonido.*

El sonido sale con dificultad solo cuando la glotis es mas ancha, y es menos claro, porque al mismo tiempo se oye el ruido causado por el paso del aire. Lo mismo absolutamente sucede con la laringe artificial de cuerdas de goma elástica; en lo cual vemos por segunda vez que no puede ser el aire quien primero vibra, como creian Dodart y Liscovius, segun cuya hipótesis los ligamentos entraban simultáneamente en vibracion, porque entonces la gravedad del sonido deberia crecer con la amplitud de la glotis. Las cuerdas vocales se conducen pues bajo este aspecto como las lengüetas membranosas y metálicas, en las cuales una abertura mas ancha hace mas difícil la produccion del sonido pero en nada altera su elevacion. Ferrein habia ya notado que una amplitud mayor de la glotis no produce sonidos mas graves.

VII. *Cuando es desigual la tension de las cuerdas vocales, no dan en general mas que un sonido, y solo en casos raros hacen oír dos.*

En estos se conducen tambien lo mismo que las cuerdas de goma elástica en la laringe artificial. Anteriormente he demostrado que cuando la tension de estas últimas es desigual, el sonido puede provenir de una de ellas al mismo tiempo que la otra resuena muchas veces de un modo débil, y que no siempre hay compensacion de los acordes diferentes de las dos. Muchas veces se pueden observar tambien en la laringe las vibraciones de una sola de las

dos cuerdas vocales, sobre todo cuando estas no se encuentran en el mismo plano; pero el hecho que en el caso de desigualdad de tensión de las cuerdas vocales solo suena por lo común una, y que rara vez sucede oír dos sonidos, prueba además que las fibras sonoras parten primitivamente de las cuerdas y no del aire.

VIII. *Permaneciendo la misma la tensión de las cuerdas vocales, sucede algunas veces que en lugar de su sonido fundamental se percibe otro mucho más alto, sobre todo cuando al vibrar frotan en una parte de su longitud.*

Este fenómeno se explica por la formación de nodos de vibración, sucediendo en ocasiones un efecto semejante con las cintas de goma elástica.

IX. *Se pueden producir sonidos, tanto cuando las cuerdas vocales dejan entre sí una abertura estrecha, como cuando se tocan enteramente.*

En este último caso los sonidos se producen con facilidad, sobre todo cuando las cuerdas vocales están muy flojas; entonces sus vibraciones son muy fuertes porque pasando el aire con más dificultad choca contra ellas y las separa unas de otras con más fuerza. Lo mismo exactamente sucede con las lengüetas membranosas de goma elástica, porque muchas veces se produce aquí el sonido cuando las cintas están aproximadas hasta el punto de tocarse, y mejor todavía cuando el borde de una se apoya en la otra, ó cuando no se emplea más que una cinta, y se extiende su borde sobre el de una tablita delgada de madera. El efecto es el mismo que en las lengüetas que no vibran. La abertura se encuentra cerrada de tiempo en tiempo y la corriente de aire interrumpe por intervalos.

X. *Los sonidos que se producen cuando las cuerdas vocales poco tirantes se tocan, difieren con respecto á su claridad de los que tienen lugar cuando la glotis presenta una hendidura estrecha.*

El sonido es más fuerte y lleno en el primer caso, más débil y sordo en el segundo.

XI. *Cuando las cuerdas vocales tienen una longitud determinada y una tensión débil que permenezca la misma, la elevación del sonido no varía, ya se toquen, ya dejen entre sí una abertura estrecha.*

XII. *Todavía se pueden producir muy bien sonidos, aunque las cuerdas vocales estén enteramente relajadas, con tal*

que la glotis se encuentre al mismo tiempo muy acortada.

Para obtener este acortamiento se comprime la parte posterior de la glotis entre las ramas de unas pinzas. Aunque la hendidura quede reducida á dos líneas, se producen sonidos si las cuerdas vocales estan relajadas y se tocan por sus bordes. Esta propiedad de las cuerdas vocales no se observa en las láminas elásticas secas, tales como las cintas de goma elástica, sino mas bien en las cuerdas de tejido elástico húmedo, por ejemplo la túnica arterial. Por lo demás, el tejido elástico, aun cuando no esté tirante, no pierde su propiedad de reaccionar contra la corriente de aire, porque este, cuando el paso es muy corto y las cuerdas vocales estan aplicadas una á otra las distiende hasta tal punto que recobran la facultad de reaccionar en virtud de su elasticidad; de suerte que la glotis está alternativamente abierta y cerrada por las vibraciones; sin embargo, no es necesario que la elasticidad de las cuerdas vocales distendidas por la corriente de aire sea bastante considerable para cerrar la glotis; dichas cuerdas pueden vibrar todavía sin que la glotis se cierre periódicamente del mismo modo que una lengüeta de goma elástica ligeramente tirante vibra sin volver á la línea recta en sus vibraciones retrógradas.

XIII. *Se pueden producir sonidos graves con una glotis aunque sea muy corta, lo mismo que con una larga, y sonidos agudos con una glotis larga que con una corta, con tal que, cuando se trata de sonidos agudos, las cuerdas vocales de la glotis larga esten mucho mas tirantes, y cuando se trata de los sonidos graves, las de la glotis muy corta esten enteramente distendidas, tocándose los labios de la abertura.*

Sin variar nada la tension se puede acortar á voluntad la glotis comprimiendo sus labios con unas pinzas en el espacio situado delante de las apófisis anteriores de los cartilagos aritenoides; tambien se pueden distender á voluntad las cuerdas vocales comprimiendo de delante atrás el cartilago tiroides, con cuyos procedimientos se obtienen los resultados que se acaban de enunciar.

XIV. *Cuando las cuerdas vocales vibran de lleno desde el ángulo del cartilago tiroides hasta las apófisis anteriores, aplicadas inmediatamente una á otra, de los cartilagos aritenoides, y lo hacen sin tocarse con un incremento*

gradual de tension, el cambio de elevacion de los sonidos no es enteramente el mismo que en las cuerdas y las membranas tirantes en sus dos estremidades.

Quando se aumentá la tension de las cuerdas vocales, los sonidos quedan la mayor parte de veces algunos semitonos ó tonos enteros inferiores á la altura que la teoría indica en semejante caso. Nunca son mas agudos de lo que esta permite á no ser que la tension de las cuerdas sea desigual y que al vibrar se toquen en una parte de su longitud, resultando nodos de vibracion que cuando menos se espera pueden dar lugar á sonidos muy elevados, por analogía con los que se llaman flautados. Sábese que en las cuerdas los sonidos ó números de vibraciones crecen en razon directa de las longitudes de estas cuerdas, é inversa de las raices cuadradas de los pesos que las distienden. Si por ejemplo una cuerda tirante por un peso de cuatro loth (1) da *do*, con un peso de diez y seis loth dará la octava de este *do*, y con un peso de sesenta y cuatro loth su doble octava. Echando mano del aparato que he descrito mas arriba se pueden hacer ensayos comparativos sobre las cuerdas vocales. Es cierto que cuadrando los pesos puestos en el platillo de la balanza no se obtienen generalmente octavas sino la mayor parte de veces sonidos de un semitono, de un tono entero, de tono y medio, de dos tonos ó tres tonos inferiores á las octavas. Sin embargo, la analogía es siempre bastante grande y por lo menos se puede demostrar con estas especies de experimentos que los sonidos producidos por una tension que crece en la proporcion de 4, 16, 64, se aproximan hasta cierto punto á la série de los números 1, 2, 4. Luego esta circunstancia basta para probar que los sonidos del órgano vocal del hombre en tanto que nacen de la glotis y sus inmediaciones son análogas á los de las cuerdas y de las lengüetas membranosas. Los experimentos no salen bien si no estan las cuerdas vocales en una tension muy igual y se evita que se toque en partes alícuotas de su longitud; porque, como ya he dicho, este contacto, en lugar de los sonidos que se buscan, produce muchas veces otros mucho mas elevados y chillones. Hay ciertas laringes que no se pueden usar por

(1) *El loth vale media onza.*

la imposibilidad de evitar esta transición repentina á otro registro cuando la tension es mas considerable; las mejoras en general son las de individuos del sexo masculino que tienen cuerdas vocales mas largas. Es preciso repetir muchas veces los esperimentos para encontrar uno que permita evitar los sonidos chillones. Voy á citar muchos ejemplos de laringe en que han salido perfectamente. Es un inconveniente el que no se puedan distender las cuerdas vocales en una direccion recta por medio de pesos, sin que otras partes opongan cierta resistencia. Cuando se las distiende tirando del cartilago tiroides, el tejido elástico comprendido entre este cartilago y el cricoides opone un obstáculo en un lado y aparta la tension de la direccion recta; bien se le pudiera cortar, pero la articulacion entre los dos cartilagos estorba todavía, y aun cuando se separe esta articulacion, los sonidos que se obtienen, aumentando la tension casi siempre son inferiores á los que se buscan cuando se quiere evitar el falsete. En los esperimentos que cito, por ejemplo la tension tuvo lugar en sentidos un poco diferentes, unas veces segun la direccion de la longitud de las cuerdas vocales, y otras en una que se separaba un poco de esta por delante ó por detrás para conocer la estension de las anomalías que ocurren en los esperimentos de este género; concíbese que el sonido fundamental de las cuerdas vocales debe variar un poco segun la direccion diferente en que obra el cordón estirado por pesos. Otro inconveniente está en la imposibilidad que hay de obtener siempre un soplo de igual fuerza, pues los sonidos son mas agudos cuando este es mas fuerte. Lo mejor es tomar por punto de comparacion los sonidos que produce el soplo mas débil ó los fundamentales de las cuerdas vocales.

- 1.^{er} *Esperimento.* Sonido fundamental de las cuerdas vocales, por un peso de 4 loth, do_3 .
- | | | | |
|---------|--------|---------|------------------|
| Tension | 4 loth | 16 loth | 64 loth |
| Sonidos | do_3 | la_3 | $sol_{\#4}^{\#}$ |
- 2.^o *Esperimento.* Tension 4 loth 16 loth 64 loth
- | | | | |
|---------|-----------------|--------|------------------------|
| Sonidos | $do_{\#8}^{\#}$ | si_8 | $la_{\#4}^{\#} - la_4$ |
|---------|-----------------|--------|------------------------|
- 3.^{er} *Esperimento.* Tension 4 loth 16 loth 64 loth
- | | | | |
|---------|------------------|--------|--------|
| Sonidos | $sol_{\#3}^{\#}$ | do_4 | do_5 |
|---------|------------------|--------|--------|

4.º <i>Experimento.</i>	Tension	4 loth	16 loth	64 loth.
	Sonidos	la ₃	re ₄	do ₅
5.º <i>Experimento.</i>	Tension	4 loth	16 loth	64 loth.
	Sonidos	la ₂	fa ₃	sol ₄
6.º <i>Experimento.</i>	Tension	4 loth	16 loth	64 loth.
	Sonidos	la ₂	sol ₃	sol ₄
7.º <i>Experimento.</i>	Tension	4 loth	16 loth	64 loth.
	Sonidos	re ₃	do ₄	la ₄
8.º <i>Experimento.</i>	Tension	4 loth	16 loth	64 loth.
	Sonidos	re ₈	si ₉	la ₄
9.º <i>Experimento.</i>	Tension	4 loth	16 loth	64 loth.
	Sonidos	sol ₂	sol ₃	sol ₄

Las dos últimas octavas carecen de claridad.

Los sonidos han sido producidos cada vez por una persona diferente en un piano bien templado.

XV. *Las cuerdas vocales aisladas de la laringe y tirantes no se conducen sino aproximadamente como las cuerdas con las cuales están acordes las lengüetas membranosas que vibran sin cuadro por efecto de una corriente de aire.*

Cuando se sigue el método que he indicado más arriba para producir vibraciones y sonidos con cintas de goma elástica estendidas libremente sin bastidor por medio de una corriente de aire enfilada por un tubo delgado, tampoco es difícil obtenerlas con una cuerda vocal aislada y estendida soplando por encima. Yo separo una cuerda vocal de modo que dejo unido á ella por delante un pedazo del ángulo del cartilago tiroides, y por detrás otro del cartilago aritenoides. Fijo entonces sobre una lámina uno de los extremos y ato al otro un hilo que pasa sobre una polea, y que se puede hacer descender por medio de pesos en un platillo de balanza. Si entonces soplo hácia el borde de la cuerda vocal con un tubo delgado, obtengo el sonido fundamental débil y confuso. En este caso los sonidos quedan también inferiores á los números que exige la teoría. Una cuerda vocal estendida con un peso de diez y seis loth dió la₁₁; reduciendo el peso á 4 loth, el sonido bajó á re;

pero reemplazando el peso de diez y seis loth, la cuerda volvió á dar $la^{\frac{4}{7}}$.

XVI. *Variando la tension sin modificar la direccion, los sonidos de la laringe pueden cambiar en la estension casi dos octavas; pero si la tension es mas considerable, se producen sonidos desagradables, mas altos, sibilantes ó chillones.*

Cuando no se trata como en los casos anteriores de distender las cuerdas vocales por pesos que tiren segun la direccion de las mismas cuerdas, el medio mas fácil de producir la tension consiste en emplear aquel cuya naturaleza no la hace variar, es decir, que no baja el cartilago tiroides hácia el cricoides estando fijos los cartilagos aritenoides. El cartilago cricoides obra entonces como una palanca cuyo punto de apoyo es su articulacion lateral con el cartilago cricoides. Los experimentos siguientes han sido practicados de este modo. Se empieza por fijar los cartilagos aritenoides sobre una aguja y atarlos entre sí, de modo que no quede mas que la hendidura comprendida entre las cuerdas vocales. En seguida se los ata á una tablita estrecha, en la cual está fija la laringe. La tablilla está puesta perpendicularmente sobre un pie. En el ángulo anterior del cartilago tiroides, inmediatamente por encima de la insercion de las cuerdas vocales, se encuentra atado el hilo con un platillo pequeño de balanza pendiente verticalmente. Añadiendo pesos, el cartilago tiroides se baja hácia el cricoides, y se hace mas estrecho el espacio lleno por el ligamento crico-tiroideo medio; las cuerdas vocales estan tirantes en la misma proporcion; con lo cual se imita el efecto de los músculos crico-tiroideos. En el hombre vivo el espacio comprendido entre los cartilagos tiroides y cricoides se hace tambien cada vez mas estrecho durante el canto desde el sonido mas grave hasta el mas agudo; cada uno puede convencerse por sí mismo de este fenómeno, apoyando el extremo del dedo en este intervalo. En los experimentos de que voy á hablar un peso de medio loth poco mas ó menos bastaba, cuando el sonido era grave, para elevarle medio tono. Cuando la tension era mas considerable, se necesitaban mas pesos, y finalmente hasta tres loth para producir un cambio de medio tono. Concibese que el peso obra de diferente modo á proporcion que varia la situacion

del cartilago tiroides; por otra parte, cuando las cuerdas vocales estan tirantes por mucho tiempo, su elasticidad sufre tambien ligeras variaciones. No he tomado por término de comparacion mas que los sonidos apreciables producidos por el soplo mas débil posible; soplando con mas fuerza, el sonido se eleva. Síguese de aquí que la determinacion del sonido fundamental de las cuerdas vocales á un grado dado de tension jamás puede ser perfectamente rigurosa. Sin embargo me parece cierto que los errores que de aquí resultan no pueden subir hasta medio tono, puesto que nunca se admitian sino los tonos mas graves. En suma, estos errores se compensan. La falta de pureza de los sonidos producidos por los ligamentos tirantes con pesos era un poco sensible al oido de un cantor que los determinaba todos en el piano. Los dos esperimentos fueron practicados uno despues de otro en la misma laringe. La elevacion extraordinaria producida por la tension era mas notable cuando la laringe pertenecia á un individuo del sexo masculino.

PRIMER ESPERIMENTO.		SEGUNDO ESPERIMENTO.		PRIMER ESPERIMENTO.		SEGUNDO ESPERIMENTO.	
Pesos.	Sonidos.	Pesos.	Sonidos	Pesos.	Sonidos.	Pesos.	Sonidos.
<i>Loth.</i>		<i>Loth.</i>		<i>Loth.</i>		<i>Loth.</i>	
4/2	la ^h ₃	4/2	si ₃	8 4/2	re ₄	44	mi ₄
4	si ₃	4	do ₃	9 7/10	re ^h ₄	42	fa ₄
4 1/2	do ₃	4 1/2	do ^h ₃	10 7/10	mi ₄	43	fa ^h ₄
2	do ^h ₃	2	re ₃	11 7/10	fa ₄	45	sol ₄
2 1/2	re ₃	2 1/2	re ^h ₃	13	fa ^h ₃	47 1/2	sol ^h ₄
2 8/10	re ^h ₃	3	mi ₃	15	sol ₄	48 1/2	la ₄
3	mi ₃	3 1/2	fa ₃	17	sol ^h ₄	20	la ^h ₄
3 1/2	fa ₃	4	fa ^h ₃	19	la ₄	22	si ₄
4	fa ^h ₃	4 1/2	sol ₃ ⁺	22	la ^h ₄	26	do ₅
4 1/2	sol ₃	5	sol ^h ₃	25	si ₄	29	do ^h ₅
5	sol ^h ₃	5 1/2	la ₃	28	do ₅	32	re ₅
5 1/2	la ₃	6	la ^h ₃	31	do ^h ₅	37	re ^h ₅
6	la ^h ₃	6 1/2	si ₃	35	re ₅		Mas soni- do.
6 1/2	si ₃	7 1/2	do ₄	37	re ₅		
7	si ₃ - do ₄	8 3/10	do ^h ₄		re ^h ₅		
7 1/2	do ₄	9	re ₄		Mas son.		
8	do ^h ₄	10	re ^h ₄				

Despues del primer experimento las cuerdas vocales habian sufrido un cambio tal que en lugar de $la_{\frac{1}{11}}$ daban *si* con un peso de medio loth.

De estos experimentos se sigue que una fuerza muscular de una libra poco mas ó menos puede producir los sonidos en la estension de dos octavas.

XVII. Cuando la parte posterior de la glotis está cer-

rada y fijos los cartilagos aritenoides, de modo que las cuerdas vocales esten muy poco tirantes por la sola elasticidad del ligamento crico-tiroideo medio, se pueden producir sonidos mas graves todavia destruyendo la tension producida por este ligamento y relajando enteramente las cuerdas.

En este caso se determina una relajacion mas considerable todavia por medio de un cordon cargado de pesos que parte del ángulo del cartilago tiroides en su parte posterior, pasa sobre una polea y aproxima por consiguiente dicho cartilago á los aritenoides que estan fijos. Este mecanismo explica el efecto del músculo tiro-aritenoides. La laringe está dispuesta verticalmente y se sopla por la parte inferior á beneficio de un tubo encorvado. Para esta clase de experimentos siempre se necesitan muchas personas: uno sopla, otro pone los pesos en el platillo de la balanza, y otro determina los sonidos en el piano. En el ejemplo que cito el sonido de donde partia era $re_{\frac{1}{11}3}$

con una relajacion producida por un contrapeso de $\frac{3}{10}$ de loth, aumentando los pesos de relajacion, los sonidos bajaron del modo siguiente:

Sonidos.	$la_{\frac{1}{7}3}$	la_3	$do_{\frac{1}{11}3}$	do_3	si_3	$la_{\frac{1}{11}3}$	la_3	mi_2 y $so_{\frac{1}{11}2}$
								Uno despues de otro.
Loth.	$-\frac{3}{10}$	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{3}{10}$	$1\frac{4}{10}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{7}{10}$	$2\frac{2}{10}$,
Sonidos.	mi_3	$re_{\frac{1}{7}3}$	re_3	$do_{\frac{1}{11}3}$	si_1			
Loth.	$-2\frac{4}{10}$	$2\frac{6}{10}$	$2\frac{8}{10}$	$3\frac{5}{10}$	$3\frac{8}{10}$.			

De este modo, relajando cada vez mas las cuerdas vocales por una accion que imite á la del músculo tiro-aritenoides, se conseguian los tonos mas bajos de la voz de pecho.

XVIII. *En la laringe desprendida del cuerpo se pueden producir dos registros de sonidos enteramente distintos por medio de una tension muy debil de las cuerdas vocales, á saber: sonidos en general mas graves que tienen la mayor analogia con los de la voz de pecho, y otros en general los mas agudos de todos, que se parecen completamente á los de la voz, de falsete. Estos sonidos diferentes pueden ser producidos*

por una misma tension dada. Permaneciendo la misma la tension, es á veces el sonido de la voz de pecho el que sale y tambien suele salir el de la voz de falsete. Cuando las cuerdas vocales tienen cierto grado de tension, los sonidos tienen siempre el carácter del falsete, ya se sople suavemente ó con fuerza. Cuando la relajacion es un poco considerable, tienen el de la voz de pecho, cualquiera que sea el grado de fuerza del soplo. Siendo la tension muy débil depende del modo de soplar el que salga una ú otra especie de sonido. Los sonidos de falsete se producen mas fácilmente cuando se sopla con mucha suavidad. Los dos sonidos pueden estar bastante distantes uno de otro, hasta una octava entera.

Para estos experimentos conviene tomar laringes de individuos de sexo masculino, cuidando siempre de cerrar la parte posterior de la glotis y fijar los cartilagos aritenoides, así como toda la laringe por los medios que ya quedan indicados. Cuando los cartilagos aritenoides se fijan perpendicularmente, la sola tension de las cuerdas vocales por el ligamento crico-tiroideo medio basta para dar lugar á los fenómenos en cuestion; si se aumenta mas la tension por medios artificiales, ya no sale ningun sonido de la voz de pecho. Liscovius es el primero que ha descubierto que las cuerdas vocales se relajan en la voz de pecho, y se distienden en la de cabeza ó de falsete. Sin embargo, con cierto grado de relajacion y vibrando el soplo, se pueden obtener sonidos de pecho igualmente que de falsete, y por lo concerniente á los primeros, su elevacion no depende de la estrechez de la glotis, sino de la mayor ó menor relajacion de los ligamentos, como me han convencido de ello numerosos experimentos, y como lo he probado con el ejemplo citado en el párrafo XVII. La causa de los sonidos de pecho y de falsete está, pues, en otra circunstancia que la que ha descubierto Liscovius.

XIX. Cuando las cuerdas vocales tienen tan débil grado de tension ó de relajacion que, variando el soplo, se consigue hacerlas producir sonidos de pecho ó de falsete, se puede convencer cualquiera de que estos últimos sonidos no son flautados, como aquellos á que dan lugar las vibraciones de las partes alicuotas de la longitud de una cuerda. En ambos casos, durante los sonidos agudos del falsete y los graves de la voz de pecho, las cuerdas vocales pueden vibrar en toda su longitud, para cuyo testimonio no se necesitan mas que los

ojos. La diferencia esencial de los dos registros consiste en que los bordes de las cuerdas vocales son los únicos que vibran en los sonidos del falsete, mientras que en los de pecho dan vibraciones rápidas en toda su estension.

Lehfeldt es quien ha observado primero este hecho; y G. Weber es el que principalmente ha insistido en la comparacion de los sonidos de falsete con los flautados de las cuerdas, y el que los ha considerado como dependientes de que las cuerdas vocales vibran con nodos de vibracion. Acabamos de ver que no es posible admitir esta explicacion; sin embargo, la produccion de los sonidos de falsete no deja de tener analogía con la de los flautados. Dependen de la division de las cuerdas vocales en el sentido de su longitud ó solo de las vibraciones de una parte de la latitud de estas cuerdas, de la que forma su borde. Un ligamento que tiene cierta latitud naturalmente debe ser susceptible de muchos modos á cual mas diferentes de vibraciones cuando se sopla con fuerza. Unas veces es el borde solo el que vibra, y entonces el resto de la membrana es distendida por la corriente de aire; y otras toda la membrana entra en vibracion. En los sonidos de falsete en que vibra el borde delgado de la cuerdas vocales, se consigue casi siempre distinguir muy bien todavía la hendidura de la glotis á causa de la poca estension de las escursiones; en los sonidos de pecho son tan grandes estas últimas, que las cuerdas vocales parecen confundirse entre sí; empero no son únicamente las cuerdas las que vibran en totalidad; pues la membrana vecina de los ligamentos inferiores de la glotis que cubre la parte inferior mas fuerte del músculo tiro-aritenoideo, ejecuta tambien, lo mismo que dicho músculo, vibraciones violentas.

Los sonidos de pecho se hacen tanto mas graves, cuanto mas se aproxima el cartílago tiroides á los cartílagos aritenoides fijos perpendicularmente, como en el experimento citado en el párrafo XVII, en que el sonido mas grave llegó al *sí*. Cuando se distendía mas, el aire dejaba de sonar. Alejando sucesivamente el cartílago tiroides de atrás adelante, sin poner hasta cierto punto mas tirantes las cuerdas vocales, se obtiene en una buena laringe de hombre una serie entera de sonidos de bajo, al menos en la estension de una octava á partir del mas grave posible. De este modo no se puede elevar mas la voz de pecho, porque

salta á la de falsete, única posible cuando las cuerdas vocales tienen cierto grado de tension. La posibilidad de que en semejante grado de relajacion continuen dichas cuerdas dando sonidos fuertes, se concibe cuando se reflexiona que, alargándolas, la corriente de aire les da tension, como sucede tambien á las cuerdas de goma elástica. Nunca ha sido fácil obtener sonidos elevados de pecho con una laringe desprendida del cuerpo. Como el sonido salta á la voz de falsete, por poco que aumente la tension de las cuerdas vocales, es preciso evitar todo aumento de tension cuando se quieren producir sonidos de pecho mas agudos. Pero hay dos medios con los cuales se consigue con una longitud y una relajacion dadas de las cuerdas vocales, elevar todavia mucho el sonido mas alto de pecho que se pueda obtener del modo anterior. El primero consiste en soplar mas fuerte, lo cual permite elevarle sucesivamente sin ninguna dificultad hasta una quinta; los sonidos de pecho mas agudos que se obtienen de esta manera son desagradables, chillones y ruidosos. El otro medio consiste en estrechar el espacio situado por debajo de los ligamentos inferiores de la glotis. Este órgano y sus paredes son de grande importancia para la teoría de los sonidos de pecho, y en lo cual hasta ahora se ha fijado poco la atencion. La circunstancia de que las paredes de este espacio estan cubiertas por una capa gruesa de tejido muscular, la parte inferior del músculo tiro-aritenoideo inmediatamente por debajo de los ligamentos inferiores de la glotis y en una altura de algunas líneas, basta para probar que debe desempeñar un papel importante. Sábese que se estrecha á proporcion que se acerca á la glotis con la cual llega á confundirse.

Para convencerse de la influencia que ejerce en el cambio de los sonidos de pecho, no hay mas que tomar una laringe de hombre, separar por medio de una seccion transversal todo lo que se encuentra situado encima de los ligamentos inferiores de la glotis, fijar los cartilagos aritenoideos por el procedimiento indicado, y poner de manifiesto la parte carnosa del músculo tiro-aritenoideo en los lados de los ligamentos inferiores de la glotis y mas abajo hácia la membrana interna de la laringe en donde reviste la parte anterior de la glotis estrechada á manera de embudo. La membrana todavia elástica hasta cierto punto tiene su-

periormente conexiones íntimas con el tejido de las cuerdas vocales. Toda esta membrana del espacio infundibuliforme anterior de la glotis entra en vibracion, en los sonidos de pecho, con todo el grosor y latitud de los ligamentos inferiores. Si se estrecha lateralmente el embudo en su parte ensanchada que mira hácia abajo, agrandando por consiguiente la glotis en el sentido de su profundidad de arriba abajo, el sonido de pecho aumenta de intensidad, siendo por otra parte iguales las demás circunstancias. Por medio de esta estrechez es como mejor que por ningun otro medio se puede prevenir el paso de la voz de pecho á la de falsete. Se la produce sin comprimir los ligamentos de la glotis á beneficio de dos chapas, por ejemplo, con dos mangos de escalpelo apoyados en los dos lados á algunas líneas por debajo de los ligamentos inferiores. Un efecto análogo debe producirse en el hombre vivo por las partes inferiores de los músculos tiro-aritenoideos que estan colocados como especies de labios musculares á los lados de este istmo. La teoría por medio de la cual se le puede explicar emana de los esperimentos sobre las lengüetas membranosas, esperimentos en cuya relacion he demostrado que un tapon introducido en el porta-viento, inmediatamente por delante de la lengüeta y provisto de una abertura estrecha en su centro, hace el sonido mas alto de lo que sería con la misma longitud del porta-viento, pero sin tapon.

El músculo tiro aritenoideo tiene tambien importancia bajo otro aspecto: no se limita á revestir el istmo que conduce á la glotis y á obrar como obturador de este punto del porta-viento, sino que tambien se estiende á las cuerdas vocales, con cuyas fibras externas estan entrelazadas íntimamente las suyas, y despues á los lados de los ventriculos de Morgagni, de suerte que al contraerse, puede pesar sobre las membranas que vibran simultáneamente con las cuerdas vocales, puesto que sus fibras entran en la testura de su contorno exterior, como lo ha demostrado Lauth, cuyas observaciones he hallado conformes con la verdad. Cuando el músculo se contrae, una cuerda vocal, aunque relajada cual debe estarlo para producir sonidos graves de pecho, se pone un poco mas tirante. Esta accion que tiene sobre las cuerdas relajadas se parece á la que el esfínter de la boca ejerce sobre la tension de los labios en el hombre que toca la trompeta. Se ve que la elasticidad de los labios

de la glotis no depende solamente de la tension de las cuerdas vocales, tanto hácia delante como hácia atrás, sino que tambien es debida al grado de tension de su contorno musculoso. Dichos labios no se limitan á los ligamentos elásticos; son además ligamentosos y elásticos por dentro y musculosos por fuera.

Tambien se puede reemplazar la accion del músculo tiro-aritenoiideo por la compresion lateral del cartilago tiroides, suponiendo que este no se halle osificado, y de este modo se consigue elevar los sonidos de pecho tanto como puede hacerlo la voz humana. Si las cuerdas vocales estan relajadas, se evitan enteramente los sonidos de falsete.

Una laringe cuyos cartilagos aritenoides estaban fijos, y cuyas cuerdas vocales se habian puesto en el mayor grado de relajacion por la traccion de delante atras del cartilago tiroides, daba el sonido de pecho do_2 . Por una relajacion menor y un soplo mas fuerte se podian elevar los sonidos de pecho do_3 , es decir, toda la estension de una octava. No era posible traspasar este límite: pero si se llega á comprimir lateralmente la laringe en la region de las cuerdas vocales y debajo de ella, salian sin dificultad los otros sonidos de pecho, y subian tanto mas cuanto mayor era la compresion. De este modo se conseguia elevarlos todavia mas de una octava, hasta do_4 , en donde se encontraba un límite insuperable, por haber llegado al mas alto grado la compresion del cartilago tiroides. Es digno de notarse tambien que esta compresion escluia los sonidos de falsete. Y así, si se quiere considerar una compresion así ejercida sobre las cuerdas vocales y las partes laterales de la laringe como una imitacion del músculo tiro-aritenoiideo, parece que es precisamente este músculo el que, comunicando la tension á las cuerdas vocales y estrechando por este medio el istmo inferior de la glotis, escluye la voz de falsete, cuyos sonidos son ya por otra parte posibles á un grado bastante marcado de gravedad. Y así, en la laringe precitada el primer sonido posible de falsete era $la_{\frac{1}{2}}$ antes

que do_2 y los otros salian á partir de este punto; sin embargo, todos desde do_3 hasta do_4 eran escluidos por la compresion gradual de la laringe, y los mas altos sonidos de la voz de pecho eran tambien posibles hasta do_4 continuando

siempre aumentando esta compresion. He aquí pues cuál es la teoría de los sonidos de pecho.

1.^o Los ligamentos vibran en toda su latitud, así como las membranas que tienen relacion con ellos y el mismo tiro-aritenoideo.

2.^o Los sonidos de pecho mas graves se obtienen cuando la relajacion de las cuerdas vocales llega al mayor grado posible por el movimiento de delante atrás del cartilago tiroides.

3.^o Cuando la relajacion es llevada tan adelante, las cuerdas vocales no solo estan relajadas sino tambien arrugadas y plegadas en el estado de reposo; pero el soplo las distiende, lo cual les da la tension necesaria para vibrar.

4.^o Haciendo menor la relajacion y permitiendo al cartilago tiroides que se dirija hácia delante, ó que da la traccion del ligamento crico-tiroideo medio, los sonidos de pecho suben cerca de una octava.

5.^o En la situacion media de reposo de los cartilagos tiroides y aritenoides, cuando las cuerdas vocales no estan tirantes ni plegadas, la laringe está dispuesta á producir sonidos medios de pecho, que salen fácilmente, entre los cuales y los mas graves estan los sonidos de la palabra ordinaria.

6.^o La segunda octava sale ya en colision con los sonidos de falsete correspondientes, pero se evitan estos y se hacen subir los sonidos de pecho hasta su último límite, ya comprimiendo las cuerdas vocales y estrechando el istmo inferior de la glotis por medio del músculo tiro-aritenoideo, ó ya soplando con mas fuerza.

7.^o Los sonidos de pecho dependen, no solamente de las cuerdas vocales, sino tambien de la tension de los labios de la glotis por el músculo tiro-aritenoideo.

8.^o En los sonidos de falsete solo vibra la parte interna ó el borde de las cuerdas vocales; y estos sonidos dependen, en cuanto á su elevacion, de la tension de dichas cuerdas.

XX. *La epiglottis, los ligamentos superiores de la glotis, los ventrículos de Morgagni, la bóveda del paladar, en suma, todas las partes situadas delante de los ligamentos inferiores de la glotis, no son necesarios, ni para la produccion de los sonidos de pecho, ni para la de los de falsete.*

Esta proposicion es una clara consecuencia de los experimentos que anteceden.

XXI. *Los sonidos fáciles de producir con la laringe de mujer son en general mas elevados.*

Sin embargo, tambien se los obtiene graves relajando enteramente la glotis y aproximando los bordes de esta abertura hasta que se tocan, aun cuando tienen poca longitud. Las cuerdas vocales de las laringes de mujer son por lo general mucho mas cortas que las de la laringe de hombre, á lo cual debe atribuirse principalmente el carácter mas agudo de la voz de las mujeres. Así que, los registros de las voces de hombre (bajo, tenor) y de las voces de mujer (alto, soprano) derivarian principal y primitivamente de la diversa longitud de las cuerdas vocales, aunque la diferencia de capacidad de la laringe y la fuerza de sus paredes toman en esto mucha parte. Si las paredes forman un cuerpo de resonancia débil y pequeño, puede suceder que sean posibles todavía sonidos graves, pero no tienen brillo. Es cierto que las cuerdas vocales mas largas del hombre pueden suplir hasta cierto punto por la mayor tension que da lugar á los sonidos de falsete, lo que producen fácilmente las mujeres á beneficio de una tension menor con cuerdas vocales mas cortas; pero este efecto tiene necesariamente por límite el de la fuerza contractil de los músculos, cuyo maximum asegura Schwann que no los acorta sino un tercio poco mas ó menos (1).

Como la tension de las cuerdas vocales puede ser producida, simultáneamente hácia delante y hácia atrás por músculos diferentes, y las piezas en que estas cuerdas se fijan pueden moverse en cierto modo á manera de palancas, los medios son á la verdad un poco mas fuertes; sin embargo, la ascension de los sonidos no debe tardar en hallar su límite por esta via. Una vez que ha llegado la tension al mas alto grado, no hay ya mas que el contacto accidental de las

(1) El débil grado de acortamiento de que son susceptibles los músculos, ha hecho necesario que en el hombre estos órganos se insertasen á poca distancia del punto de apoyo de la palanca. Se hubiera economizado fuerza si se hubiesen insertado mas lejos; pero la estension del movimiento disminuiria por el poco acortamiento de los músculos, y el biceps por ejemplo, no podria aplicar ya el antebrazo al brazo, como permite hacerlo, á pesar de su poco acortamiento, su insercion en la inmediacion del punto de apoyo.

cuerdas vocales sobre partes alicuotas de su longitud que pueda producir un sonido mas elevado, sino tambien mas débil. He pensado medir la longitud de las cuerdas vocales del hombre y de la mujer, y su proporcion en ambos sexos. Como relativamente á los casos posibles, no se debe atender mas que á la longitud de las cuerdas vocales y no á la de toda la glotis hasta la parte inter-aritenoidea, solo he medido la longitud de estos ligamentos desde su insercion anterior hasta su insercion posterior á la apófisis anterior de la base del cartilago aritenoides. Como su tension es variable, para establecer comparaciones es indispensable procurarse una base determinada. Los mido en el estado de reposo y en el de suma tension, por consiguiente en la mayor longitud que se les puede dar alejando uno de otro el cartilago tiroides y aritenoides. En general, las cuerdas vocales propiamente dichas en la mayor tension posible, son un tercio mas cortas en la mujer que en el hombre; hallándose sin embargo numerosas variaciones de que dará una idea el cuadro siguiente. Para comparar las laringes de hombre y de mujer, he tomado estos órganos en individuos que hubiesen pasado de la edad de la pubertad.

Una parte pequeña de las fibras de la cuerda se fija un poco mas atrás de la estremidad de la apófisis anterior, en el borde superior de esta apófisis, hasta cerca del borde anterior del cartilago aritenoides; esta proporcion ha sido comprendida en las medidas, y estas son en milímetros.

MAXIMUM DE	HOMBRES.						MUJERES.			MUCHA- CHO DE 14 AÑOS
	Tension..	21	21	25	26	23	23	16	15	
Reposo....	18	26		21	19		12	12	14	10,5

La longitud media de las cuerdas vocales durante el reposo es en el hombre $18\frac{1}{4}$, y en la mujer $12\frac{3}{4}$.

La longitud media en el maximum de tension, en el hombre es $23\frac{1}{6}$ milímetros y en la mujer $15\frac{2}{3}$.

Las longitudes de las cuerdas vocales del hombre y de la mujer estan pues, con corta diferencia, en la proporcion

de 3: 2, tanto durante el reposo como en el maximum de tension, pero la prolongacion que estas cuerdas son susceptibles de adquirir sobre su longitud ordinaria por efecto de la tension, es un poco menos de 5 milímetros en el hombre y de tres en la mujer.

Las medidas de estos dos estados de las cuerdas vocales tomadas en laringes de bajos, tenores, altos, sopranos y castrados, despues de su muerte serian del mayor interés para la fisiología, pero sería preciso tomarlas á la vez con otras en laringes ordinarias para que los puntos de comparacion quedasen los mismos; porque cuando se miden, por ejemplo, las cuerdas vocales desde su principio en la parte anterior hasta la punta saliente de las apófisis anteriores de los cartilagos aritenoides, las cantidades son siempre un poco mas pequeñas que las que se acaban de anunciar.

XXII. *A igual tension de las cuerdas por un peso, la fuerza mayor del soplo eleva el sonido hasta cerca de una quinta y aun mas.*

Todos los semitonos salen entonces con facilidad. Si, por ejemplo, se parte de sol_2 , indicado como sonido fundamental de las cuerdas vocales, cuando se sopla lo mas suavemente posible, aumentando gradualmente el soplo, se pueden producir sol_2 , $sol_{\frac{11}{8}}_2$, la_2 , la_2 , si_2 , do_2 y $do_{\frac{9}{8}}_2$. Si entonces se aumenta tanto la tension por pesos que con el soplo mas debil posible de la laringe la octava de sol_2 sol_3 , el sonido por medio del incremento sucesivo del soplo sube hasta mi_3 por semitonos bastante puros. En otro experimento el sonido por un soplo mas fuerte subió de $re_{\frac{7}{4}}_3$ á la_3 . Liscovius ha observado tambien esta asercion. Ferrein la conocia ya (1); pero la evaluaba demasiado baja reduciéndola á un semitono ó á un tono entero. Por este aspecto el órgano vocal se parece perfectamente á una laringe artificial preparada con cuerdas membranosas. A la verdad, como ya lo he indicado, cuando se opera sobre cuerdas secas de goma elástica, y se aumenta la fuerza del soplo, el sonido fundamental no sube sino algunos semitonos; pero con lengüetas elásticas húmedas del mismo tejido que las cuerdas vocales, por ejemplo, las que se sacan

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, 1741, p. 431.

de la carótida primitiva del hombre, se consigue tambien, aumentando sucesivamente la fuerza del soplo, elevarle de semitono en semitono hasta una quinta. Siguese de aquí que se pueden emplear dos procedimientos para hacer salir uno solo y mismo sonido x de una laringe humana; el primero consiste en soplar suavemente, en cuyo caso las cuerdas vocales deben tener una longitud y una tension tales que su sonido fundamental sea el sonido x que se busca; el otro consiste en hacerles dar el sonido mas elevado x por la fuerza que se da al soplo, teniendo las cuerdas vocales la longitud y tension que se requieren para producir un sonido fundamental mas grave en los límites de la octava inmediatamente inferior. Los dos sonidos difieren mucho uno de otro en cuanto á su pureza. El que se forma soplando suavemente es mucho mas lleno que el que se obtiene soplando mas fuerte con una tension primitiva menor. La produccion de este último exige mas ó menos esfuerzos, segun la mayor tension primitiva; tiene algo de chillon y presenta tanto menor brillo cuanto mas se aleja la tension primitiva de las cuerdas vocales de la tension primitiva necesaria á la formacion del sonido x . Aunque se haya llegado al maximum de tension á que las cuerdas vocales dan el sonido mas agudo posible por un soplo tranquilo, todavía se pueden producir algunos otros sonidos agudos, pero chillones, soplando con mas fuerza. La prueba en nosotros mismos nos lo enseña tambien, y por esto se ve cuánto ilustran la teoría de la voz humana los experimentos sobre la laringe de los cadáveres.

XXIII. *Cuando se inspira el aire, en lugar de espirarle, teniendo las cuerdas vocales un grado de tension determinado, el sonido no sale en general, y á veces solamente se produce uno chillon y un poco mas grave.*

Compárese con respecto á esto lo que he dicho de las lengüetas de goma elástica.

XXIV. *Cuando se toca la parte exterior de las cuerdas vocales, dan sonidos mas agudos, absolutamente lo mismo que las lengüetas de goma elástica de la laringe artificial.*

XXV. *La longitud del porta-viento y del cuerpo del tubo no ejerce una influencia tan sensible en el sonido de las cuerdas vocales como en el de los estrangules de goma-elástica.*

Magendie presume que, segun la analogía de los estran-

gules de Grenie, la longitud del porta-viento de la laringe humana, es decir, la de la traquearteria, influye en las modificaciones del sonido. Los experimentos con la laringe artificial de tiras de goma elástica y los practicados con la misma laringe, no están muy conformes entre sí en este punto, y los que se han verificado con la laringe verdadera me determinan á decir que la longitud de la traquearteria, que por otra parte varía poco, no ejerce la menor influencia en la elevacion de los sonidos.

Añadiendo al porta-viento diversas alargaderas de dimensiones grandes y pequeñas, y procurando hacer el soplo lo mas semejante posible para la produccion del sonido fundamental de una tension dada, no he podido fijar el sonido de un modo sensible, aunque este efecto se verifica ordinariamente con mucha facilidad cuando se emplean cintas de goma elástica y aun tunicas de arteria. En muchos casos la prolongacion y el acortamiento del porta-viento no han parecido influir en nada en el sonido; y en otros la prolongacion del porta-viento ha determinado la bajada de un semitono y muy rara vez de un tono entero, siendo la misma la fuerza del soplo. Asimismo, cuando con un porta-viento de longitud determinada añadia un cuerpo del tubo delante de los ligamentos inferiores de la glotis, no observaba tampoco mas que una débil influencia.

Estos experimentos son mucho mas difíciles de ejecutar que aquellos en que se prolonga el porta-viento, porque es difícil atar un cuerpo de tubo delante de las cuerdas vocales, y porque, aun cuando esto se consiguiese, no es fácil dar á estas cuerdas una tension determinada. He aquí cómo se obtiene este resultado. Se empieza por atar entre sí las estremidades posteriores de las cuerdas vocales por medio de un hilo pasado inmediatamente por delante de las apófisis anteriores de los cartilagos aritenoides: este es el modo de asegurar la embocadura. Los extremos de la ligadura se dirigen atrás por encima de la pared músculo-membranosa situada entre los cartilagos aritenoides. La epiglotis, los ligamentos ariteno-epiglóticos, los cartilagos de Santorini, y la pared membranosa situada entre los cartilagos deben respetarse aquí porque sirven para fijar un tubo de seis á ocho líneas de diámetro; pero se separa el borde superior del cartilago tiroides para hacer mas fácil la fijacion de dicho tubo, al cual se pueden añadir despues otros del mismo calibre. En-

tonces se fija la laringe, se aproximan uno á otro por una ligadura los cartilagos aritenoides, y se da una tension determinada á las cuerdas vocales, á beneficio del cordon que sale por una abertura muy pequeña y que liga la parte posterior de estas cuerdas. Cuando se sopla, la abertura por la cual sale el cordon por detrás de la cavidad de la laringe, se encuentra cerrada. Estos experimentos, que, repito, son de los mas difíciles de ejecutar, me han convencido despues de muchas repeticiones de que la longitud del cuerpo del tubo no tiene influencia en el sonido de las cuerdas vocales. La bajada, posible en algunos casos raros, no pasaba de un semitono, y mucho menos de un tono entero. La mayor parte de veces no habia cambio apreciable.

Parece haber una diferencia entre la laringe natural y la artificial. En esta última, ya se empleen cintas de goma elástica, ya se eche mano de tónicas arteriales húmedas, la prolongacion del cuerpo de tubo determina una bajada del sonido, cuyos límites he dado á conocer. Sin embargo la diferencia no es absoluta; por que á veces sucedia, sobre todo cuando el sonido salia con dificultad, porque los ligamentos estaban demasiado flojos, ó demasiado tirantes, que estos no bajaban el sonido, ó no le bajaban sino de un modo muy poco sensible cuando prolongaba el cuerpo del tubo ó el porta-viento. He intentado muchos experimentos para descubrir la causa á que pueda ser debida esta diferencia; y la explicacion mas verosímil me parece ser esta: en la laringe, cuando las cuerdas vocales tienen cierto grado de tension, no se trata sino de sus vibraciones propias, puesto que la membrana une su contorno con las paredes de la laringe y no está tirante: en las laringes artificiales de lengüetas de goma elástica ó de túnica arterial, además de haber tension de estas en dos direcciones en su borde, la porcion menos tirante influye en las vibraciones de dicho borde, como cualquiera puede convencerse de ello aplicando lijeramente encima el dedo. A beneficio de esta mayor latitud y de esta continuidad entre la porcion tirante y la no tirante de la membrana elástica, esta es mas susceptible de experimentar en sus vibraciones y en los sonidos que da modificaciones dependientes de la longitud del cuerpo del tubo y del porta-viento que las cuerdas vocales, cuyas vibraciones primitivas quedan limitadas en gran parte á si mismas.

Habia creido que la estensibilidad del porta-viento de la laringe ó de la traquearteria podria ser causa de la poca influencia de los cuerpos del tubo; pero esta conjetura no se ha verificado, porque cuando reemplazaba la traquearteria con un tubo de madera, no obtenia cambios mas considerables del sonido añadiendo cuerpos de tubo. Sin embargo, las membranas situadas entre los cartilagos de la laringe tienen por la distension que el viento les hace experimentar alguna parte en esta diferencia entre la laringe natural y la artificial, cuyas paredes son absolutamente rígidas.

En los experimentos que tenían por objeto averiguar la influencia de los cuerpos de tubo en el sonido de las cuerdas vocales de la misma laringe, me ha parecido que á una longitud determinada del porta-viento el sonido salia menos bien que á otras, lo cual se nota tambien en los estrangules de goma elástica. A esto es debido el que la columna de aire no pueda acomodarse bien á los estrangules; circunstancia que ya indicó Wheastone en otros instrumentos de esta clase, y Bishop da mucha importancia á la colocacion recíproca de las columnas de aire delante y detrás de las cuerdas vocales durante la vida. Esta influencia sin embargo ha sido muy débil en nuestros experimentos, pues no la he observado sino alguna que otra vez en un gran número de casos, de suerte que no puedo concederle la influencia sobre el órgano de la voz humana que este último autor le atribuye. Al contrario, parece claramente que en los cambios en los sonidos en el hombre se debe contar muy poco con el acortamiento y la prolongacion tanto de la traquearteria como del espacio situado delante de las cuerdas vocales por los movimientos de bajada y subida de la laringe. Todo lo mas se puede admitir que la prolongacion del tubo colocado delante de las cuerdas vocales por la ascension de la laringe y su acortamiento por el descenso de este órgano facilitan, en igualdad de circunstancias, en el primer caso la formacion de los sonidos graves, y en el segundo la de los agudos, lo que al menos está confirmado por lo que se observa en el hombre vivo.

XXVI. *La estructura en parte membranosa del porta-viento, es decir, de la traquearteria, no modifica sensiblemente el sonido de las cuerdas vocales, y esta se conduce como lo haria un tubo de madera del mismo diámetro.*

Por este aspecto los estrangules de lengüetas membranosas y de porta-viento en parte membranoso se conducen de distinta manera que los estrangules membranosos de columna de aire vibrante, en los cuales, según los descubrimientos de Savart, la covibración de las paredes membranosas modifica considerablemente las vibraciones principales de la columna de aire. Es tanta esta influencia, que un estrangul de carton mojado y delgado puede bajar el sonido toda una octava mas que el que da otro de igual longitud, pero de paredes rígidas. En los estrangules muy cortos y cúbicos, la bajada es mas considerable todavía, pudiendo llegar á dos octavas enteras. Yo fabriqué un porta-viento de siete pulgadas y media de largo con tres pulgadas de traquearteria de hombre y cuatro y media de tubo de madera, y el sonido de una lengüeta de goma elástica soplada con este tubo fue el mismo que el que habia producido con un porta-viento rígido de igual longitud. La posición de la mano sobre la parte membranosa de la traquearteria no ejerce tampoco una influencia apreciable.

XXVII. *El doble cuerpo de tubo añadido al órgano vocal del hombre, á saber, el tubo bucal y el nasal, no parece obrar de otro modo que un cuerpo de tubo simple relativamente á la elevacion del sonido; pero cambia la pureza de este último por efecto de la resonancia.*

He procurado determinar esta influencia en una laringe artificial de cintas de goma elástica que terminaba en un cuerpo de tubo corto, al cual se podia adaptar un tubo bifurcado. El sonido era el mismo con respecto á la elevacion que con un cuerpo de tubo simple de la misma longitud; pero era mas brillante.

XXVIII. *Cuando se cubre la cavidad superior de la laringe deprimiendo la epiglotis, el sonido se hace un poco mas grave y al mismo tiempo mas sordo.*

Este es un efecto análogo al que se produce cubriendo un cuerpo de tubo corto adaptado á la laringe artificial. Nos servimos de este medio para producir sonidos muy graves: este es al menos el objeto que parece tener el movimiento de depresion y de retraccion que se da á la lengua inclinando la cabeza hácia adelante cuando se quieren producir sonidos de bajos muy graves.

XXIX. *Por lo demás parece que la epiglotis nada sirve para modificar los sonidos.*

Fijé una epiglotis humana en el contorno de un cuerpo de tubo un poco por delante de la lámina de goma elástica de una laringe artificial, poniéndola casi á la misma distancia de la glotis que en la laringe natural. El sonido que obtuve soplando no difería del que se producía cuando quitaba la epiglotis; sin embargo era preciso, que esta pudiese vibrar, porque cuando la ataba de modo que obrase como obturador, el resultado era el mismo que con cualquier otro tapon. Grenie ha procurado impedir que el sonido suba en los estrangules de lengüeta metálica, poniendo encima de esta una laminita vibrátil fija solamente por su base; Biot y Magendie presumen que la epiglotis hace el mismo oficio. Los experimentos directos que yo he practicado y los de Longet (1) deponen en favor de esta hipótesis. En igualdad de circunstancias por otra parte, el soplo puede elevar sucesivamente el sonido hasta el límite de una quinta, exista ó no la epiglotis. Poniendo cualquiera el dedo en su garganta hasta el borde superior de la epiglotis, se puede convencer de que esta no cambia de posición, ya se haga salir el sonido con la voz de falsete ó con la de pecho.

XXX *Los pilares del velo del paladar y de la campanilla se acortan en los sonidos elevados de pecho lo mismo que en los de falsete, y permaneciendo el mismo el sonido en cuanto á la elevacion, el istmo de las fáuces conserva el mismo grado de estrechez, ora pertenezca este sonido á la voz de pecho, ora á la de falsete. Tambien se puede en ambos casos tocar los pilares del velo del paladar con los dedos sin que cambie el sonido.*

Nada es mas fácil que convencerse de todos estos hechos introduciendo el dedo en la boca hácia uno de los lados hasta el istmo de las fáuces. Refutan la opinion de Bennati, el cual creía que los pilares del velo del paladar toman parte en la formación de los sonidos de la voz de falsete ó los producen. El simple hecho de la estrechez del istmo de las fáuces en los sonidos elevados, ha sido observado primero por Fabricio de Aquapendente y despues en los tiempos modernos por Mayer, Bennati y Dzondi.

(1) *Rech. exp. sur les fonct. de l'épiglotis en Archiv. gén. Paris, 1841.*

XXXI. *La estrechez del principio del cuerpo de tubo ó de la cavidad superior de la laringe, inmediatamente por delante de los ligamentos inferiores de la glotis, puede elevar un poco el sonido, segun la teoria de los estrangules.*

Sin embargo, no se puede dar la demostracion de este hecho con experimentos en atencion á que no es posible comprimir la cavidad laríngea superior en una laringe desprendida del cuerpo, sin ejercer alguna accion sobre las cuerdas vocales. Una simple estrechez no tiene influencia sensible.

XXXII. *Los ventriculos de Morgagni no sirven evidentemente mas que para poner libres por dentro las cuerdas vocales á fin de que sus vibraciones no encuentren obstáculo.*

Este uso les ha sido ya asignado por muchos escritores, tales como Malgaigne, C. Bell, y otros. El primero de estos autores compara los ventriculos de Morgagni al tudel de la embocadura de la trompeta que pone los labios en libertad.

Conclusiones generales.

De los experimentos hechos en la laringe artificial de lengüetas membranosas y los practicados en la misma laringe humana, cuyos resultados estan muy conformes entre si en cuanto á los puntos esenciales, se sigue que el órgano vocal del hombre es un estrangul de dos labios membranosos. Tal es la opinion de muchos físicos, como Biot, Cagniard-Latour, Muncke y de muchos teóricos, como G. Weber y de algunos fisiólogos, como Magendie, Malgaigne &c. Ferrein habia ya preparado las bases en mil setecientos cuarenta y uno por sus experimentos sobre los sonidos que producen las cuerdas vocales, y sobre las modificaciones que la diversidad de longitud y tension les hace sufrir. El mismo Savart que atacó la comparacion del órgano vocal con un estrangul, convino en que cuando se hacen salir sonidos soplando en la traquearteria, cuya parte anterior toda ha sido separada hasta los ligamentos inferiores de la glotis, son producidos del mismo modo que los de los estrangules. A la verdad miraba á estos últimos como no semejantes á los de la voz humana; pero segun el método que he empleado, me ha sido imposible hallar entre ellos diferencia esencial: obtuve los sonidos de pecho y los de falsete con toda la pu-

reza de que son susceptibles, reuniendo las condiciones que he dado á conocer, y lo que tienen de diferente pueden depender del cuerpo de tubo añadido al órgano vocal. Creía este autor que el cuerpo propiamente sonoro es el aire de los ventrículos comprendido entre los ligamentos superiores é inferiores de la glotis, y comparaba este aparato al reclamo de los pajareros, estrangul pequeño de columna de aire vibrante. Sin embargo el aparato elástico de los ligamentos inferiores de la glotis y los medios de organización empleados para producir su tensión, están muy bien colocados bajo el aspecto de un instrumento de estrangul para que se pueda dar grande importancia á esta objeción de un hombre que tantos servicios ha prestado por otra parte á la acústica. Además, la diferencia de tensión no modifica menos los sonidos en las laringes en que se han dejado los ventrículos laterales y los ligamentos anteriores de la glotis, que con aquellos á quienes se han quitado estas partes hasta los ligamentos inferiores de la glotis.

Los mamíferos que carecen de los ligamentos superiores de la glotis como los rumiadores, se levantan por otra parte contra la teoría de Savart. Todo el aparato situado delante de los ligamentos inferiores puede muy bien tener alguna influencia en la modificación del sonido, como el cuerpo de tubo añadido á la embocadura de los instrumentos de estrangul, y esto mas bien por la estrechez de la cavidad superior de la laringe, que por la longitud del tubo; esta parte anterior de la laringe puede tener también en el órgano vocal del hombre una disposición particular que no podemos dar al cuerpo de tubo de un estrangul; mas no por eso deja de ser la vibración de los ligamentos inferiores de la glotis la causa principal del sonido, y los sonidos nacen tan simplemente de estas membranas elásticas como del esfínter del ano en que la tensión por la contracción muscular reemplaza á la elasticidad propia de las cuerdas vocales.

Fechner dice que si el órgano vocal fuese un estrangul, no deberían producirse sonidos durante la abertura de la glotis; según la teoría de los estrangules, los sonidos no deberían depender sino de las alternativas de abertura y de cerradura de la glotis en virtud de la interrupción periódica de la corriente de aire; pero las cuerdas vocales pueden vibrar muy bien sin cerrar periódicamente la glotis, y

de consiguiente la producción de los sonidos es realmente independiente de esta oclusión. Sin embargo, he demostrado que esta teoría de la producción de los sonidos por los estrangulados no es tan exacta como generalmente se cree; porque bastan simples corrientes de aire que pasen por delante de lengüetas delgadas para producir sonidos semejantes en cuanto al grado y pureza, á los que tienen lugar cuando las lengüetas obran como válvulas; por otra parte hay una posición de la lengüeta, ya metálica, ya membranosa, que hace que no se vuelva ya como válvula, sino que vibre libremente delante de la abertura por efecto de la corriente de aire cuando este tiene fuerza suficiente para impeler la lengüeta antes que haya podido cerrar la abertura. Por último, en la laringe artificial de cintas de goma elástica es muchas veces posible hacer salir todavía sonidos aunque los labios del estrangulado dejen entre sí una hendidura considerable.

En cuanto á la comparación de los ligamentos de la glotis con las cuerdas vocales, es exacta bajo cierto aspecto y no lo es bajo otros. Los experimentos de Ferrein que establecen esta analogía son de los mejores que se han hecho. Este autor ha demostrado que los ligamentos de la glotis resuenan á la manera de las cuerdas que el aire hace vibrar, y que los sonidos que producen no varían en razón de la latitud diversa de la glotis. La mitad de las cuerdas vocales le daba la octava de su sonido fundamental, y el tercio su quinta. Finalmente, ha encontrado que un cambio de dos á tres líneas en la longitud de estos ligamentos bastaba para todas las variaciones de la altura del sonido, reemplazando aquí la tensión lo que la diversidad de longitud hace en las cuerdas igualmente tirantes. Aunque estos experimentos han sido atacados por Bertin, Montagnat, Runge y Nollet los hallaron exactos (1). En efecto, los que yo he practicado en la laringe artificial están conformes en un todo con ellos. La mitad de una lengüeta de goma elástica daba la octava del sonido fundamental; y los experimentos con la tensión de las cuerdas vocales sometidas á la medida, han hecho ver que en general estas lengüetas cambian sus vibraciones con muy corta diferencia según las

(1) HALLER, *Element. physiol.*, III, lib. IX, § 8, 9, 10.

mismas leyes que las cuerdas. No puedo ser de la opinion de Biot cuando dice: "¿Qué hay en la glotis que se asemeje á una cuerda vibrante? ¿En dónde se encuentra el sitio necesario para dar á esta cuerda la longitud que exigen los sonidos mas graves? ¿Cómo poder sacar de ella jamás sonidos de un volúmen comparable á los que el hombre produce? Las nociones mas simples de acústica bastan para desechar esta opinion peregrina (1)." No es difícil refutar la objecion de Biot. Toda lengüeta membranosa vibra segun las leyes de las cuerdas, como toda lengüeta metálica segun las de las varas. Una cuerda, cualquiera que fuese el grado de acortamiento que se le diese, podria producir sonidos graves si el estado de relajacion en que debe estar permitiese que todavía tuviera elasticidad; pero las membranas elásticas y las cintas de goma elástica tienen aun este grado de elasticidad cuando estan muy relajadas, y nosotros hemos visto que estas cintas cortas al perder su longitud cambian sus sonidos como las cuerdas en razon inversa de aquella. Asimismo láminas pequeñas de goma elástica tirantes dan por la percusion sonidos claros, aunque no sostenidos, como en las cuerdas largas; pero como el choque continuo del aire está obrando sobre ellas, hace que se sostengan y que una lámina que vibra como cuerda por simple percusion, se trasformé en estrangul. Por este aspecto pues los ligamentos de la glotis se parecen enteramente á las cuerdas y la sola diferencia consiste en el cuerpo que las hace sonar. Hasta aquí la comparacion establecida por Ferrein es muy exacta.

Empero por otro aspecto las cuerdas vocales difieren totalmente de las ordinarias, y esta diferencia es bastante notable para concederles, lo mismo que á los otros estrangulos membranosos, un puesto particular entre los instrumentos de música. Una percusion mas fuerte hace el sonido de una cuerda mas grave; y la fuerza mayor del soplo eleva por el contrario el sonido de una lengüeta membranosa un semitono, dos ó mas, y cuando las lengüetas membranosas elásticas son húmedas (cuerdas vocales y cintas de túnica arterial), la elevacion llega hasta un gran número de semitonos. El estrangul metálico de una trom-

(1) *Loc. cit.*, t. I, p. 470.

peta de niño da siempre cuando se sopla con mas fuerza sonidos mas agudos, cuya elevacion llega hasta una octava y media sin intervalos, y si otros estrangules metálicos no se conducen del mismo modo, no debe buscarse la causa sino en su fuerza comparada con la de la corriente del aire. Así, en un estrangul la elevacion del sonido depende á la vez de este instrumento y del aire que le choca: al contrario, luego que una cuerda ha recibido un impulso, no ejerce ya esta accion ulterior y modificadora sobre las vibraciones, sino que queda abandonada á las solas oscilaciones que dependen de su longitud y tension.

Muchos fisiólogos, entre los cuales se cuentan Liscovius y Dodart, han buscado la causa esencial de la voz en la latitud ó estrechez de la glotis y en las vibraciones del aire producidas en este ponto.

Aunque Dodart conocia muy bien la influencia que la tension de las cuerdas vocales ejerce en el cambio del sonido, acabó sin embargo por no atribuir la produccion de los diferentes sonidos sino á la magnitud de la abertura, admitiendo que, segun su grado de tension, las cuerdas vocales determinan por las vibraciones que el aire produce en ellas una abertura diferente de la glotis. Decia que un cambio en este órgano de $\frac{4}{34}$ de una hebra de seda ó de

un $\frac{4}{384}$ de cabello, da ya otro sonido. Esta hipótesis es absolutamente incierta, porque no variando la tension de las cuerdas vocales, un cambio, aunque notable, de la amplitud de la glotis, no hace variar la elevacion del sonido. En cuanto á la teoría de Liscovius he aquí en qué consiste. De la misma glotis y de su diferente latitud dependen principalmente la produccion de la voz y su carácter diverso de agudeza ó de gravedad. Pasando el aire con cierta violencia y rapidéz al través de esta abertura estrecha, experimenta una compresion y conmocion tales, que todas sus moléculas sufren un movimiento de va y ven. Una cosa análoga sucede siempre que el aire atraviesa una abertura estrecha cualquiera. Quanto mayor es la abertura de la glotis, mas grave es el sonido, porque resultan aquí ondas aéreas mayores y por consiguiente mas lentas.

Las objeciones de este autor contra la produccion del sonido por las cuerdas vocales, son las siguientes. Segun él,

dichas cuerdas deben estar tirantes en los sonidos graves y flojas en los agudos; porque en los sonidos graves la glotis se ensancha y sus ligamentos se separan; pero tan luego como una abertura se hace mayor, sin que se rasgue su contorno, los bordes deben sufrir necesariamente una estension. Y así no hay dilatacion de la glotis posible sin tension simultánea de las cuerdas vocales; por consiguiente estas estan tirantes en los sonidos graves, y relajadas en los agudos; opinion que se funda evidentemente en una interpretacion falsa. Cuando por medio del aparato que he descrito anteriormente, se da una tension determinada á las cuerdas vocales, se puede sin alterar en nada esta tension variar á nuestro gusto la latitud de la glotis, cuya abertura puede ser ancha ó estrecha, esten tirantes ó relajadas las cuerdas vocales. Liscovius hace notar en seguida que no hay mas que las cuerdas secas que sean elásticas y que los ligamentos de la glotis siempre estan húmedos; pero la cuerda no es sino una especie entre los cuerpos filiformes elásticos por tension, y esta especie pierde su elasticidad cuando se la moja. Al contrario, el tejido elástico del cuerpo humano no posee su elasticidad sino en cuanto está húmedo y la pierde en secándose. Estas son diferencias específicas que no varian en nada las leyes de los cuerpos filiformes elásticos por tension.

La objecion que las cuerdas vocales, en su cualidad de cuerdas no podrian producir ni sonidos graves, ni sonidos de un volúmen comparable á los que el hombre produce, ha sido ya rebatida anteriormente. En las discusiones que ha suscitado la comparacion establecida entre las cuerdas vocales y las ordinarias, los partidarios y adversarios se han adherido demasiado á la consideracion de los cuerpos filiformes elásticos por tension, lo cual les ha conducido á interpretar mal los fenómenos. Sustitúyanse á las cuerdas de tripa hilos mas elásticos de goma elástica ó de tejido elástico animal, y se verán desaparecer las particularidades accidentales que nos ofrecen las cuerdas de tripa: el autor mencionado hace observar que no hay cuerda á la cual el aire solo pueda comunicar vibraciones suficientes para que produzca sonidos fuertes; pero los sonidos mas fuertes se obtienen con cintas de goma elástica ó de tejido elástico húmedo sobre las cuales se dirige una corriente delgada de aire á beneficio de un tubo pequeño. Pretende

además que la influencia de la tension y de la relajacion de las cuerdas vocales en la agudeza ó gravedad del sonido, se reduce al ensanchamiento de la glotis que de aquí resulta; á lo cual debo oponer la observacion hecha por mí constantemente, á saber, que, á igual amplitud de la glotis, pueden producirse sonidos en la estension de dos octavas por una simple modificacion de la tension de las cuerdas vocales.

Cuando soplando en la glotis distendia con fuerza uno de los ligamentos, al mismo tiempo que relajaba mucho el otro, no producía dos sonidos diferentes, sino uno solo cuya elevacion estaba en relacion con la latitud de la abertura de la glotis. La primera observacion es muy exacta; pero en esto las cuerdas vocales se conducen absolutamente como cintas tirantes de goma elástica, y ya he dado á conocer que cuando la tension es desigual, solo suena por lo comun una cuerda, haciendo la otra veces de marcos; siendo raro que se perciban dos sonidos, es decir el sonido fundamental de cada una de las dos cintas, lo cual sucede igualmente con las cuerdas vocales.

Cuando tocaba las cuerdas vocales con el dedo, pero sin variar la amplitud de la glotis, el sonido permanecia el mismo, aunque debiera ser mas agudo, si se aplicasen aquí las leyes de las cuerdas. Mis observaciones sobre las cintas de goma elástica, conformes con las que he hecho sobre las cuerdas vocales, me han probado que la aplicacion del dedo modifica considerablemente el sonido, aun cuando no varie la magnitud de la glotis.

La simple estrechez de esta parte, sin cambio en la tension de las cuerdas vocales, hace mas agudo el sonido; y su simple dilatacion, permaneciendo la misma la tension de las cuerdas vocales, le hace mas grave. Mas la elevacion del sonido no depende únicamente de la latitud de la glotis, sino que es debida á su amplitud, es decir, á su longitud y latitud al mismo tiempo. Yo encuentro que tambien se pueden producir sonidos graves con una glotis muy corta, con tal que las cuerdas esten enteramente flojas; el acortamiento de la glotis de delante atrás, generalmente hablando, hace subir el sonido, pero con la condicion de que la tension permanezca la misma. La latitud de la glotis no influye esencialmente en la elevacion del sonido, sino es que se hace mas difícil soplar como conviene por la

traquearteria. Así que, en este caso el sonido no solamente sale con dificultad y sin pureza, sino que también, si se lleva un poco mas adelante la latitud de la abertura, solo se obtiene el sonido fundamental de las cuerdas vocales, y el incremento del soplo no eleva el sonido sino muy poco, mientras que cuando la glotis es estrecha, permaneciendo la misma tension, además que un soplo débil hace salir el sonido fundamental, soplando mas fuerte se pueden obtener tambien todos los semitonos hasta mas allá de la quinta.

La influencia de la fuerza del soplo en la elevacion del sonido ha sido observada perfectamente por Liscovius y Lehfeldt. El primero de estos autores habia visto ya que á igualdad de latitud de la glotis y de tension de las cuerdas vocales el sonido es tanto mas grave cuanto mas suavemente se sopla y tanto mas agudo cuanto se sopla con mas fuerza. De este modo ha llegado por el solo refuerzo del soplo á hacer subir el sonido una quinta entera, pasado cuyo término se hacia chillon, lo cual concuerda perfectamente con mis observaciones.

Lehfeldt (1) ha descubierto el primero un punto capital en la teoría de los sonidos de pecho y de los de falsete, á saber: que los ligamentos vibran en toda su estension en el primer caso, y solo sus bordes en el segundo, y que en igualdad de circunstancias, por otra parte los sonidos de falsete son mas agudos que los de pecho.

Ferrein, Liscovius y Lehfeldt, son los que hasta ahora mas han contribuido á ilustrar la teoría de la voz.

Canto.

Los sonidos que el órgano de la voz puede producir son susceptibles de sucederse de tres modos diferentes.

El primer modo es la sucesion monótona. Aquí los sonidos que salen unos despues de otros conservan casi la misma elevacion; que es lo que sucede en la palabra en que la articulacion producida por las partes de la boca se añade al sonido de la voz y engendra las diferencias. Es bastante raro sin embargo que aun en la palabra permanezcan todos

(1) *De vocis formatione*. Berlin, 1833, p. 51, 58, 59.

los sonidos en el mismo grado de elevacion, porque hay silabas cuyo sonido es mas grave ó mas agudo constituyendo el acento. En la poesia el ritmo se une al acento, pero falta la modulacion de la música.

El segundo modo es el paso sucesivo á sonidos que suben y bajan sin intervalos. Este efecto tiene lugar en los gritos del hombre cuando espresan una emocion del alma; se le observa particularmente en los que lloran (1): constituye tambien el ahullido y el grito quejoso del perro. Es el fenómeno que se designa en música con el nombre de desentonarse, el cual consiste en no observar la igualdad de los intervalos. Una cuerda se desentona cuando se la afloja ó se la estira demasiado haciéndola sonar; un estrangul de dos pulgadas da sonidos que suben sucesiva é insensiblemente cuando se sopla mas fuerte; una lengüeta membranosa produce tambien este efecto, y las cuerdas vocales se hallan en el mismo caso. La accion de desentonarse que constituye el ahullido debe depender en parte del aumento y disminucion de la fuerza del soplo, y en parte del cambio sucesivo de la tension de las cuerdas vocales (2).

El tercer modo es la sucesion musical en la cual cada sonido conserva el número necesario de vibraciones, y los sonidos sucesivos no se hacen oír sino á intervalos admitidos en música. El ritmo le es comun con la poesia.

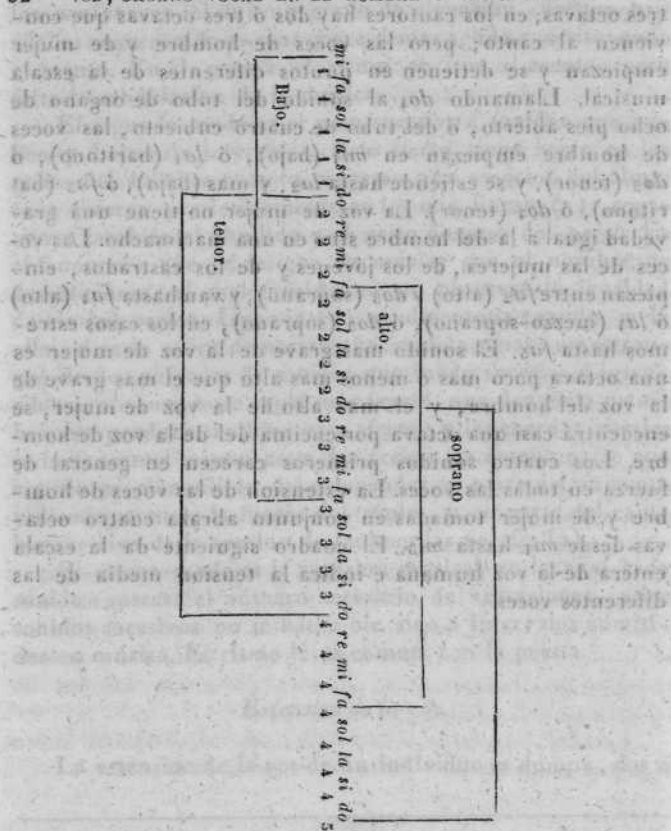
Estension de la voz.

La estension de la voz de un individuo es de una, dos ó

(1) Segun la observacion de Diday y de Petrequin (*Gaz. méd.* t. VIII, p. 311), la mayor parte de los gritos, los de dolor, por ejemplo, se terminan por una bajada de tono, lo cual es debido á la debilidad natural de la espiracion que les da lugar. Esta modificacion constante del sonido en un caso en que su formacion es abandonada al instinto les parece probar que si en el canto musical puede contenerse el mismo tono esto depende de la voluntad que coordina entonces con este fin los movimientos del pecho y los de la laringe. (N. del T. F.)

(2) Cons. un artículo de Colombat, *sobre el mecanismo de los gritos y su entonacion notada en cada especie de los dolores físicos y morales, en la Lanceta francesa*; marzo 17 de diciembre de 1839.

tres octavas; en los cantores hay dos ó tres octavas que convienen al canto; pero las voces de hombre y de mujer empiezan y se detienen en puntos diferentes de la escala musical. Llamando do_1 al sonido del tubo de órgano de ocho pies abierto, ó del tubo de cuatro cubierto, las voces de hombre empiezan en mi_1 (bajo), ó la_1 (baritono), ó do_2 (tenor), y se estiende hasta la_2 , y mas (bajo), ó fa_3 (baritono), ó do_4 (tenor). La voz de mujer no tiene una gravedad igual á la del hombre sino en una marimacho. Las voces de las mujeres, de los jóvenes y de los castrados, empiezan entre fa_2 (alto) y do_3 (soprano), y van hasta fa_4 (alto) ó la_4 (mezzo-soprano), ó do_5 (soprano), en los casos estremos hasta fa_5 . El sonido mas grave de la voz de mujer es una octava poco mas ó menos mas alto que el mas grave de la voz del hombre, y el mas alto de la voz de mujer, se encuentra casi una octava por encima del de la voz de hombre. Los cuatro sonidos primeros carecen en general de fuerza en todas las voces. La estension de las voces de hombre y de mujer tomadas en conjunto abraza cuatro octavas desde mi_1 hasta mi_5 . El cuadro siguiente da la escala entera de la voz humana é indica la tension media de las diferentes voces.



Fischer llegaba al *fa* de la octava inferior á *do*₁. la mas jóven de las hermanas Sessi abrazaba tres octavas y tres tonos, de *do*₂ á *fa*₄, la Zelter tres octavas, y la Catalani tres y media.

En los sonidos graves la laringe baja, lo cual prolonga el cuerpo del tubo del órgano vocal. En los sonidos agudos sube, y este mismo cuerpo de tubo se hace mas corto. Cuanto mas alto se canta mas se aproximan los pilares del velo del paladar, y mas se acorta la campanilla. Estos efectos no solo tienen lugar en los sonidos de falsete, sino que tambien se observan en los sonidos elevados de la voz de pecho.

Especies de voz de los diversos individuos.

La principal diferencia que hay entre las voces de hombre y de mujer es generalmente lo debido á la elevacion; aunque tambien difieren con respecto al timbre, siendo mas duro en las del hombre; pero hay tambien variaciones particulares en el timbre, de las cuales se cuentan dos para las voces de hombre y otras tantas para las de mujer. Los timbres de las voces de hombre son el bajo y el tenor, y los de las voces de mujer el alto y el soprano. El bajo canta comunmente en un tono mas grave que el tenor y despliega toda su fuerza en los tonos graves; el tenor canta en un tono mas elevado que el bajo con la voz de pecho. El alto es en general la voz mas grave que la del soprano, y su fuerza está en los sonidos graves de la voz de mujer, pero estas diferencias no son esenciales, porque hay bajos que pueden cantar notas muy altas; el alto se halla á veces tambien en el mismo caso, así como el soprano. La diferencia esencial entre el bajo y el tenor, entre el alto y el soprano, depende del timbre que tanto en los primeros como en los segundos, varia aun cuando canten los mismos sonidos. El baritono y el mezzo-soprano estan caracterizados por un timbre menos marcado, y tienen tambien alturas medias en la escala de las voces de hombre y de mujer. La diferencia entre la voz de los dos seres relativamente á la elevacion de los sonidos, depende de la longitud diversa de las cuerdas vocales en el hombre y en la mujer, cuya proporcion es de 3 : 2. La que se refiere al timbre es debida á la disposicion y á la forma de las paredes resonantes, que son mucho mayores en la laringe del hombre en que el cartilago tiroides forma un ángulo muy marcado en la parte anterior. La diferencia del timbre entre el tenor y el bajo por un lado, y el alto y soprano por otro, depende probablemente de cualidades aun desconocidas de las cuerdas vocales, y de las paredes resonantes, así membranosas como cartilaginosas, cualidades á cuya investigacion habia que proceder examinando las laringes de personas cuya voz ofreciese estos cuatro caracteres en un grado muy alto.

Es preciso representarse esta diferencia como del género de las que existen entre los instrumentos de música de

materia diferente, las cuerdas de tripa y las de metal, los estrangules de madera, metal y de membranas, y los instrumentos de columna de aire vibrante ó de paredes resonantes de metal, madera ó papel. Estos instrumentos pueden estar acordes entre sí, y sin embargo cada uno de ellos da los sonidos con el timbre que le es peculiar. La laringe de los muchachos se parece mas á la de la mujer que á la del hombre; antes de la edad de la pubertad sus cuerdas vocales no tienen todavía los dos tercios de la longitud que adquieren en esta época; y el ángulo del cartilago tiroides es tan poco saliente como en la mujer. El muchacho es alto ó soprano; mas despues del cambio de forma que sufre su laringe de los catorce á los quince años, se hace bajo ó tenor. Mientras dura esta metamórfosis la voz carece de purezas, muchas veces es ronca, desagradable, é impropia para el canto; hasta que el individuo contrae el hábito de poner en ejercicio las nuevas coualidades adquiridas. En los castrados á quienes se ha privado de sus testículos antes de la pubertad, no muda la voz y conservan la de las mujeres. Este desarrollo, como todo lo que caracteriza el sexo masculino, depende de la existencia de las partes genitales preparadoras del germen y del esperma. La voz de alto y de soprano de los muchachos y de los castrados, se parece á la de la mujer respectó á la elevacion, pero se diferencia de ella hasta cierto punto por el timbre y en ser mas penetrante. Lissovius hace notar que la voz de los castrados no tiene tampoco el mismo timbre que la de los muchachos, lo cual atribuye á que las paredes resonantes de las cavidades oral y nasal se hacen tan espaciosas como en el hombre, mientras que el órgano vocal queda en el mismo grado que en la infancia. Sin embargo, las paredes son igualmente amplias en la mujer, y quizá haya que atribuir una influencia mas verdadera al cambio que los cartilagos y ligamentos sufren relativamente á su solidez.

Especies de voz de un mismo individuo, voz de pecho y de cabeza.

La mayor parte de los individuos de la especie humana, sobre todo los hombres, además de que su voz pertenece mas ó menos á una de las clases que se acaban de examinar, á no ser que sean enteramente incapaces de can-

tar, pueden todavía hacer correr dos registros de sonidos, el de los sonidos de pecho y el de los de cabeza ó de false-
te (1). La voz de pecho es mas llena que la de false-
te, y cuando se oye se percibe muy claramente que vibra con
mas fuerza y que tambien tiene mas resonancia. Los so-
nidos mas graves de la voz humana no son posibles sino
con la voz de pecho, y los mas altos no lo son sino con la

(1) El hábil artista Duprez ha introducido en la escena lí-
rica una modificación nueva de la voz cantada que los músicos
llaman *voz sombreada*, *voz cubierta*, *voz interior*, para distin-
guirla de la que antes se empleaba de un modo esclusivo y que
se llama *voz blanca*. La teoría fisiológica de esta modificación ha
sido estudiada con cuidado y talento por Diday y Petrequin (*Ga-
zette médicale*, 1840. t. VIII, p. 305). En la voz cantada ordi-
naria, estrechar la laringe, espirar con mas fuerza y hacer su-
bir la laringe, con las condiciones indispensables para subir uno
ó muchos tonos. La ascension de la laringe desempeña aquí tan
gran papel que los fisiólogos (MALGAIGNE, *Archiv. de méd.*,
1831, t. XXV, p. 340) han llegado á decir que sin ella es imposi-
ble cantar en lo alto de la escala. Sin embargo, en el cantor
que emplea la voz sombria la laringe no cambia de situacion,
sea cualquiera el tono que se quiera dar; el cartilago tiróides
queda inmóvil en una situacion media entre la elevacion y de-
presion estremas. En lugar de echar la cabeza atrás para alar-
gar el cuello, el artista conserva su aptitud ordinaria; pero en
cambio se necesita una exageracion proporcionada de las otras
dos condiciones, á saber, una constriccion mas fuerte de la glo-
tis, y una aspiracion mas activa, lo cual produce el doble efec-
to de hacer mas molesto el uso de este género de voz, y dar á
esta última una intensidad y un timbre particular. Diday y Pe-
trequin comparan lo que entonces sucede con lo que se observa
en los esfuerzos. La rigidez de las regiones supra é infratiroides,
dicen, la fatiga que se experimenta despues del ejercicio pro-
longado de la voz sombreada, la intervencion continua é indis-
pensable de la voluntad para arreglar la accion del órgano, to-
do demuestra que se verifica entonces en los músculos intrinse-
cos de la laringe una contraccion energética, indicio y sosten á la
vez de lo que sucede interiormente, esfuerzo energético, destinado
á fijar entre sí las diferentes piezas de la laringe para facilitar
y aumentar la tension y la fuerza de las contracciones de las
cuerdas vocales, todo por un mecanismo complicado cuya imá-
gen y prueba nos ofrece una analogia admirable en toda region

de falsete; los medios salen lo mismo con una que con otra. Así que los dos registros no estan colocados en los dos extremos, de modo que el uno empieza donde el otro acaba, sino que marchan en parte á la par uno de otro. Generalmente el tenor empieza desde *las* á pasar al falsete, mientras que los sonidos inferiores pueden salir con una y con otra voz; el paso tiene lugar todavía mas pronto para el bajo. En las mujeres rara vez hay una diferencia bien marcada entre la voz de pecho y la de falsete.

Los sonidos de pecho son producidos, como lo ha descubierto Lehfeldt, por un soplo fuerte, estando relajadas las cuerdas vocales, y vibrando de lleno; los sonidos de falsete lo son por un soplo débil, estando muy tirantes las cuerdas vocales pero sin vibrar mas que por sus bordes (1).

muscular que debe desplegar mucha fuerza. Hallándose los bordes de la glotis mas tirantes y su abertura mas estrecha que en la voz minima, la voz toma un carácter por decirlo así encubierto y menos brillante, y despierta en el ánimo del oyente la idea de que para producirla así es necesario un esfuerzo penoso; pero tambien se sigue de aquí que cuando se sube una escala sombreando, se pronuncia mas el timbre especial, al paso que cuando se la baja, la fonacion se acerca poco á poco al mecanismo ordinario, que el timbre pierde por grados su carácter distintivo y que en fin desaparece completamente debajo de cierto limite marcado por la nota cuya emision en voz minima exige en la laringe la misma altura que para sombrearla. (N. del T. F.)

(1) En un artículo notable sobre el mecanismo de la voz de falsete (*Gaz. méd.*, 1844, t. XII, p. 115), Delay y Petrequin han atacado la doctrina que atribuye el falsete á sola la vibracion de las cuerdas vocales, doctrina que adopta Muller, segun Lehfeldt, y á la cual tambien se adiere Huschke (*Splanchnologie*, trad. por A.-J.-L. Jourdan. Paris, 1845, p. 222). ¿Por qué influencia exterior, dicen, en virtud de qué modificacion orgánica la cuerda vocal no conserva su aptitud para las vibraciones mas que en su superficie? ¿Su manejo muscular está compuesto de fibras longitudinales bastante independientes para contraerse por separado, ó se establece por ventura en sus dos extremos una traccion mecánica propia para no distender mas que su borde? Ninguna explicacion se ha intentado respecto á esto. La hipótesis de la vibracion aislada de los bordes daría en verdad una idea plausible de la agudeza de las

Una tension moderada hace los dos sonidos posibles en la laringe desprendida del cuerpo; el sonido de pecho es

notas del falsete, puesto que el número de las vibraciones de las cuerdas sonoras, así como la elevación de los sonidos producidos, está en razón inversa de su diámetro; pero lo que principalmente distingue al falsete es su timbre particular. Atribuir este registro á la acción de láminas vibrantes, es colocarle necesariamente en la categoría de los sonidos de estrangul; porque, si unas varillas sonoras vibran en totalidad ó en parte, luego que las oscilaciones son el agente del sonido, este no puede menos de ser análogo al sonido del estrangul y tener su carácter, puesto que participa de su mecanismo. Efectivamente, el aire que atraviesa un orificio no se hace sonoro sino de dos modos; haciendo vibrar su contorno, ó vibrando él mismo, sonido de estrangul en un caso, y sonido de flauta en el otro: y la analogía del falsete con el sonido de la flauta es un hecho de observación irrecusable. Si fuese cierto por otra parte que la cantidad de las fibras que entran en vibración constituye la sola diferencia entre la voz de pecho y la de falsete, se seguiría de aquí que esta última podría por una caída insensible revestir todos los caracteres de la primera á medida que se fuese aumentando el número de fibras puestas en acción. Y así, existirían notas de transición de una naturaleza y de un timbre mistos, siendo posible una fusión musical entre las dos voces, pero esto no sucede. La transición de uno á otro registro no se verifica sino con esfuerzo, y el instante del paso siempre es percibido, tanto por el oyente como por el que ejecuta. Diday y Petrequin establecen, pues, que para dar los sonidos de falsete la glotis se coloca en un estado tal, que las cuerdas vocales no pueden ya vibrar á la manera de estrangul. Su contorno representa entonces la embocadura de una flauta, y, como en los instrumentos de este género, no es producido el sonido por las vibraciones de la abertura sino por las del mismo aire. El órgano fonador del hombre es un instrumento de viento. Luego, según las leyes de la física no puede producir el sonido mas que de dos modos: por las vibraciones de las cuerdas vocales ó por las vibraciones del aire contra dichas cuerdas. Dependiendo la voz de pecho del primero de estos dos mecanismos, el falsete no puede proceder sino del segundo, sin que sea preciso suponer un mismo origen, un mismo modo de formación para dos efectos tan distintos como las dos especies de voz. Si tomando entre los labios un estrangul de bajón ó de oboe, se le hace sonar según el mecanismo ordinario, se reconoce sin

siempre muchos grados mas grave que el de falsete, siendo la misma la tension de las cuerdas vocales, y su grado de gravedad inferior al falsete es tanto mayor cuanto que se necesita un soplo mas débil para producir el sonido de pecho ó uno mas fuerte para hacer salir el de falsete; esta diferencia puede llegar hasta una octava entera. Los sonidos de pecho aumentan de gravedad á medida que se alojan las cuerdas vocales y de elevacion á proporcion que se distienden; se los hace subir en el caso de estar flojas las cuerdas, ya dando un impulso mayor al aire, ya comprimiendo el istmo inferior de la glotis. Los sonidos de falsete aumentan de agudeza por un soplo mas fuerte y por una tension mas considerable de las cuerdas vocales. Cuando estas últimas tienen cierto grado de tension, no es ya posible hacer salir sonidos de pecho. Como el sonido de pecho que se obtiene en la laringe desprendida del cuerpo y cuyas cuerdas vocales esten flojas hasta cierto grado, manteniendo la fuerza del soplo lo mas uniforme posible, es ya mucho mas grave que el de falsete, y no se parece á ese último sino por efecto de la compresion del istmo inferior de la glotis ó de una fuerza mayor comunicada al soplo fácilmente se explica por qué, cuando se llega al límite de los sonidos de pecho, es muchas veces difícil mudando de registro hallar precisamente el sonido de falsete.

Como los sonidos de pecho y de falsete son posibles en una laringe desprendida del cuerpo sin velo del paladar, sin ventrículos de Morgagni y sin ligamentos superiores de la glotis, debemos prescindir de todas estas partes al dar la teoría de estas dos especies de voz. Los pilares del velo del paladar se aproximan siempre tanto mas cuanto mas alto se canta en falsete; pero empiezan aproximarse mucho des-

dificultad que los sonidos producidos representan exactamente los del registro de pecho; que entonces, sin variar la posición de los labios, ni dejar de soplar, se deslicen unas piezas de modo que sus ramas se apoyen lijeraente por sus estremidades sobre las caras laterales del estrangul, y al momento se observará un cambio completo en la naturaleza del sonido: de lleno y vibrante, se hace enteramente agudo, suave y sibilante; este es el paso de los sonidos de estrangul á los flautados, de la voz de pecho al falsete. (N. del T. F.)

pues de los sonidos altos de pecho, y la aproximacion es aquí tan considerable como en los sonidos correspondientes de falsete. El dedo es el que mas sirve para convencernos de esta verdad. No hay mas que los sonidos que caracterizan la espectoracion y el ronquido que sean verdaderos sonidos del velo del paladar. Si los pilares de este velo fuesen la causa de los sonidos de falsete, colocando el dedo debajo de ellos se harian estos últimos mas agudos, lo cual no sucede. La aproximacion de los pilares del velo palatino y la retraccion de la campanilla en los sonidos agudos, parecen no ser sino un simple movimiento asociado, ocasionado por los esfuerzos de los músculos de la laringe, como sucede muchas veces que un músculo se contrae involuntariamente cuando otro obra en virtud de las órdenes de la voluntad. Si los pilares del paladar tuviesen un uso cualquiera relativamente á los sonidos altos de pecho, y á los de falsete, éste no podria ser otro que el de aumentar la resonancia por su tension. Podemos considerar los sonidos de falsete como sonidos flautados de los sonidos de pecho, en razon á que para producirlos entran en vibracion partes aliequotas, no de la longitud, sino de la latitud de las cuerdas vocales, mientras que las otras son simplemente distendidas por el aire. En los sonidos de pecho, las vibraciones de las cuerdas vocales no son mas largas, pero tienen lugar en toda la latitud de las cuerdas y van acompañadas de la resonancia de la membrana del istmo inferior de la glotis.

Timbre particular de la voz. Voz gangosa.

Colócase aquí el timbre particular propio de cada hombre, el cual depende claramente de la forma de las vias aéreas así como de las membranas y de su resonancia, puesto que se le puede imitar, porque hay hombres que remedian perfectamente la voz de las personas mas diversas.

Igualmente debemos colocar aquí el gangueo de la voz. Biot (1) le explica del modo siguiente: en la produccion habitual de la voz el velo palatino se aplica á la abertura posterior de las fosas nasales, se impide la aplicacion del

(1) Biot, *Précis élémentaire de physique*, t. I, p. 558.

velo palatino, queda abierto el agujero, sale el aire por la nariz y la boca al mismo tiempo y se habla con la nariz, no puedo conformarme con la explicacion que da este célebre físico; porque precisamente en el modo ordinario de produccion de la voz, los orificios posteriores de las fosas nasales estan abiertos y la voz resuena à la vez en el conducto oral y en el nasal. Cuando se quiere que la voz resuene, se consigue de dos modos. 1.^o Tapándose las narices se puede hablar como ordinariamente se hace si el istmo de las fâuces queda abierto, ó ganguear si los pilares del velo palatino se aproximan uno á otro; en este último caso la laringe sobe mucho mas que en la voz ordinaria dando el mismo sonido. La obstruccion de la nariz por mucosidades obra lo mismo que su obturacion; pero ni una ni otra es capaz por sí sola de producir la voz gangosa. Cuando se ganguea, la cavidad nasal se hace una cámara resonante separada. 2.^o Tambien se puede producir la resonancia de la voz de la laringe dejando las narices abiertas y abriendo ó cerrando la boca; en este caso se eleva tambien mucho la laringe, el istmo de las fâuces se retrae, el dorso de la lengua se aproxima al paladar ó se aplica á él, pasando el aire solamente entre los pilares estrechados del velo palatino y adquiriendo la resonancia de la cavidad nasal sin la de la boca.

La voz de las personas avanzadas en edad pierde de su timbre, firmeza y estension; el timbre cambia por la osificación de los cartilagos de la laringe y las modificaciones de las cuerdas vocales; la firmeza lo es por la disminucion del imperio de los nervios ó de los músculos, que aquí como en cualquiera otra parte da por resultado un movimiento de temblor: estas dos causas reunidas hacen que la voz de los viejos aparezca sin brillo ni firmeza, que sea temblorosa y débil.

Fuerza de la voz.

La fuerza de la voz depende en parte de la aptitud de las cuerdas vocales para vibrar y en parte de la que tienen las membranas y cartilagos de la laringe, las paredes del pecho, los pulmones, las cavidades oral y nasal, y los senos de la nariz para presentar resonancia. En estas dos aptitudes la primera se disminuye ó estingue por la infla-

mación y supuración de la membrana mucosa de la laringe, por una secreción excesiva de mucosidades, por el edema de la glotis &c. La resonancia de la membrana pulmonal queda disminuida, y debilitada por consiguiente la voz en la consunción de los pulmones, debiendo referir también en parte la mayor fuerza de la voz del hombre á la mayor capacidad de su pecho. En muchas especies de monos hay membranas resonantes accesorias, sacos laringeos, y aun estensas dilataciones del cartilago tiroides y del hioides.

Aumento y disminucion de la fuerza de los sonidos.

De las observaciones hechas por Liscovius, Lehfeldt y por mí, resulta que, en igualdad de circunstancias, la agudeza de los sonidos aumenta cuando el soplo es mas fuerte: los sonidos de pecho suben igualmente que los de falsete. He practicado estos experimentos valiéndome de una tensión determinada que media con pesos, y he hallado que la elevación del sonido puede tener lugar por todas las variaciones entre los semitonos, de manera que el fenómeno no es debido á la producción de los nodos de vibración que por otra parte se deberian ver, si se formasen, puesto que las vibraciones de las cuerdas vocales son tan marcadas. La elevación posible escede un quinto segun los experimentos; de donde se sigue que un sonido del órgano vocal no puede ser reforzado por el solo impulso mayor del soplo, y que para que un sonido conserve su valor musical es preciso que la fuerza del soplo sea perfectamente uniforme. Esta propiedad del órgano vocal le es comun con muchos instrumentos de música. Los sonidos de los estrangulos no tienen límites determinados; soplando con mas fuerza, el sonido vibra en los tubos cubiertos segun la progresión de los números 1, 3, 5 &c., y en los abiertos, segun la de los números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 &c., he dado á conocer que en los silbatillos de dos pulgadas y menos, la elevación recorre sucesivamente los intervalos de uno á dos, y que el aumento sucesivo del soplo acaba por hacer chillones los sonidos. Los sonidos de los estrangulos pueden elevarse sucesivamente muchos tonos, dando un impulso mas fuerte al viento. Esta elevación es insensible con las lengüetas metálicas fuertes, pues yo no la he observado

sino cuando me servia de lengüetas delgadas soplando con mucha fuerza. Cuando se sopla débilmente sobre lengüetas metálicas fuertes, el sonido es tambien un poco más salto que cuando se sopla fuerte, como sucede á una cuerda atacada débilmente segun lo ha demostrado G. Weber. Este efecto es debido probablemente á que cuando se sopla con suavidad la estremidad de la lengüeta inmediata al punto de insercion, no vibra mientras que entra en vibracion cuando el soplo es fuerte. Forzoso es distinguir la elevacion de que aquí se trata de lo que yo he observado en las lengüetas membranosas y la trompeta de los niños. El defecto que tienen los estrangules de dar sonidos que carecen de uniformidad, puesto que verian segun la fuerza del soplo, los hace instrumentos incompletos, en razon á que no admiten ni forte, ni piano, ni permiten aumento ni disminucion en los sonidos. El órgano, que es el más rico de todos los instrumentos, es el más incompleto por este aspecto; vicio que se nota menos en los estrangules de lengüetas; el sonido de los que tienen una fuerte lengüeta metálica puede aumentar sin que sea apreciable por un oido no ejercitado la pequeña elevacion á que da lugar el débil soplo; sin embargo, no por eso deja de ser una causa de confusion. G. Weber ha descubierto el medio de remediar este inconveniente; si la lengüeta es proporcionada, la longitud del cuerpo del tubo medida rigurosamente para su sonido fundamental, cuando se sopla con fuerza la columna de aire del tubo eleva su sonido, y la lengüeta metálica baja el suyo: estos dos efectos opuestos se compensan de manera que los estrangules así contruidos por Weber permiten reforzar ó debilitar el sonido sin que se altere su valor musical. Un sistema de estrangules semejantes constituye uno de los instrumentos de música más perfectos. Este principio no es aplicable á los estrangules de lengüeta membranosa, porque sus sonidos, lo mismo que los de la trompeta de niño de lengüeta metálica muy delgada, se elevan cuando se sopla más fuerte. No debemos pues esperar una disposicion análoga en el órgano vocal del hombre. Por otra parte la compensacion de la longitud del cuerpo del tubo exigiria que este variase mucho en razon de la diversidad de los sonidos, y en el órgano vocal del hombre no puede variar sino muy poco, lo más una pulgada, por la elevacion y depresion de la laringe. Como la voz humana

tiene el poder de reforzar ó debilitar cada sonido desde el pianísimo hasta el fortísimo, es preciso que la compensación se establezca aquí de otro modo y lo es evidentemente por el cambio de la tensión de las cuerdas vocales.

Un soplo mayor eleva el sonido hasta una quinta haciéndole mas fuerte; la disminución de la tensión puede por el contrario en buenas laringes bajarle dos octavas, pasando sucesivamente por todas las variaciones. Y así, cuando un sonido pasa del piano al forte, la tensión de las cuerdas vocales debe disminuir por debilitarse la contracción muscular á proporcion que el soplo adquiere mas fuerza. Lo contrario sucede cuando el sonido se debilita: la analogía de los tubos de estrangul con lengüetas membranosas, y los esperimentos que he practicado acerca de los sonidos de pecho, demuestran también que la estrechez del istmo inferior de la glotis por el músculo tiro-aritenoideo puede contribuir á la compensación en el paso al piano; pero dudo que en la prolongación del tubo por el descenso de la laringe concurra á ella en el paso al forte. Si por la debilidad del soplo el sonido se hace mas grave para el piano, la estrechez del istmo inferior de la glotis le hace mas agudo, y si la fuerza mas considerable del soplo le hace mas agudo para el forte, la estrechez del istmo debe hacerle mas grave. El acortamiento del tubo por la ascension de la laringe dificilmente puede contribuir á la compensación en el paso al piano.

Semejante especie de compensación exige un balance exacto de los efectos inversos, lo cual esplica por qué los cantores aunque esten ejercitados tienen tanta dificultad en reforzar ó debilitar los sonidos sin alterar el valor musical, y por qué los que no estan habituados no pueden intentarlo sin desentonarse inmediatamente de un modo ó de otro.

Pureza de los sonidos.

La voz se desentona despues que se ha cantado mucho tiempo; cuyo fenómeno se esplica en parte por los lijeros cambios que las cuerdas vocales experimentan á consecuencia de tensiones repetidas, y mejor todavia por la fatiga de los músculos que dejan de obedecer completamente á las órdenes de la voluntad, y de ejecutar los movimientos convenientes. Tambien se desentona por tener el oido torpe ó

por la dificultad que hay en observar el temperamento igual de nuestras escalas musicales. En los instrumentos de música el temperamento está asegurado la mayor parte de veces por el acorde, al cual debe acomodarse continuamente el cantor.

El hombre, lo mismo que el ave cantora, aprende sin saberlo á ejecutar los movimientos musculares de donde dependen los cantos inferiores del órgano vocal necesarios á la produccion de cada sonido. Los sonidos casuales y las acciones musculares que con este motivo se verifican, se asocian entre sí y estan dispuestos mas tarde á recordarse recíprocamente cuando se trata de imitar una melodía. En el estudio metódico del canto á la asociacion de sonidos que se oyen, y de los movimientos musculares propios para hacerlos resaltar, se une tambien la de los sonidos con los signos que lo representan. Para salir bien en este estudio y dar á cada sonido su valor puro se necesita un oído perspicaz; porque puede muy bien un oído torpe estar asociado á una voz bella y estensa, pero no permite sacar de ella partido para el canto.

Perfeccion del instrumento vocal del hombre.

Al estudiar la voz del hombre no puede uno menos de admirarse del arte infinito con que está construido el órgano que la produce. Ningun instrumento de música puede compararse exactamente con él; porque los órganos y los pianos á pesar de todos sus recursos son imperfectos bajo otros conceptos. Algunos de estos instrumentos como los tubos de boca, no permiten subir del piano al forte: en otros, como todos los que se tocan por percusion, no hay medio de sostener el sonido. El órgano tiene dos registros, el de los tubos de boca, y el de los tubos de estrangul: por este aspecto se parece á la voz humana con sus registros de pecho y de falsete: pero ninguno de estos instrumentos reúne todas las ventajas como la voz del hombre. Si el órgano vocal pertenece á la clase de los instrumentos de estrangul, y si estos instrumentos, cuando se los ha reunido á un sistema de silbatos compuestos, son (con el violin) los mas perfectos de todos; sin embargo, el órgano vocal tiene sobre ellos la ventaja de poder dar todos los sonidos de la escala musical, y todas sus variaciones con un solo tubo de boca,

al paso que los mas perfectos instrumentos de estrangul exigen un tubo para cada sonido. Podria imitarse hasta cierto punto este órgano adaptando á un tubo de boca un aparato que no fuese muy difícil de tocar y que permitiese variar á voluntad la tension de las cuerdas elásticas; pero los sonidos de semejante instrumento para el cual, si se le quisiese hacer duradero, sería preciso no emplear sino cuerdas elásticas secas, no imitarian los sonidos del tejido animal elástico blando y serán siempre muy difíciles de manejar.

Compensacion de las fuerzas físicas en el órgano vocal del hombre (1).

Por compensacion se entiende en general en los instrumentos de música toda disposicion, por medio de la cual cierta estension de las cualidades del instrumento necesario para la produccion de un sonido dado se hace inútil por un cambio verificado en las circunstancias que la reclamaban. La longitud de una cuerda, necesaria para producir un sonido determinado, se compensa alojando esta cuerda que al mismo tiempo se hace menos larga. La longitud de columna de aire necesaria para que un silbato dé el sonido fundamental puede ser compensado por las paredes membranosas de un silbato mas corto. El sonido de un silbato membranoso puede (segun Savart) ser una octava mas grave que el de un silbato de paredes rígidas: la flexibilidad de las paredes compensa, pues, la longitud de la columna de aire del instrumento. He reconocido un modo análogo de compensacion en los silbatos cubiertos segun la materia de la cubierta. Sábese que el sonido fundamental de un silbato tapado en la estremidad es *dos*; pero si en lugar de un tapon se emplea una membrana poco tensa, el sonido fundamental, el que se obtiene con el mas ligero soplo, se hace

(1) Este artículo no forma parte del *Tratado de Fisiología*. Ha sido publicado aparte con el título de *Ueber die compensation der physischen Kraefte am männlichen Stimmorgan*. Berlin, 1839; pero se ha creído necesario unirle como complemento de la doctrina, aunque de aquí resulten algunas repeticiones.

(N. del T. F.)

de una tertiá á una quinta mas grave: si se pone todavía mas tirante la membrana, el sonido se eleva, y cuando llega á su mayor grado de tension obra como un tapon sólido. Aquí tenemos un ejemplo que nos demuestra precisamente lo contrario de la compensacion en los tubos de estrangul. El sonido de una lengüeta baja por la vibracion simultánea de una columna de aire; en este caso el sonido de dicha columna desciende por las vibraciones simultáneas de una chapa membranosa, siendo tanto mayor el descenso cuanto mas floja está la membrana. Segun las observaciones de Biot y Hamel, puede bajar el sonido fundamental de los silbatos ensanchando la embocadura. El grandor de esta última compensa, pues, la longitud del tubo. Pueden además, como yo he observado, bajar el sonido fundamental de un silbato cubriendo la embocadura, de suerte que su tapadera compense la longitud de la columna de aire. Los sonidos que se obtienen de este modo no son solamente los armónicos, como en el caso de ensanche de la embocadura. En los tubos del estrangul de lengüeta membranosa, la longitud y la tension de las cuerdas se compensan en sentido inverso, y en todos los instrumentos de estrangul la longitud ó la tension de este está compensada por la adición de una columna de aire simultáneamente vibrante, que hace el sonido mas grave de lo que sería segun la tension ó la longitud de dicho estrangul. La estrechez del principio ó del fin del tubo añadido baja ó eleva el sonido de los tubos de estrangul en ciertas condiciones; circunstancias que tambien establecen una compensación.

Sin embargo, lo que hay de mas notable en todos los instrumentos de música en que el aire contribuye al efecto producido es el cambio que los sonidos experimentan segun la fuerza de los choques que da el aire y la compensacion de una condicion cualquiera de la intensidad del choque. En los instrumentos que se ponen en movimiento con los dedos ó por la acción de un arco este cambio casi no existe. En cuanto al cambio de los sonidos de los silbatos por la fuerza del soplo, no hablo de su elevacion bien conocida en los sonidos armónicos, porque puede explicarse por la division de la columna de aire en partes alícuotas, sino de una elevacion sucesiva por todos los intervalos imaginables hasta cierto limite, elevacion que

he observado en silbatos de dos pulgadas y aun de una de longitud. La velocidad de la corriente de aire ó la fuerza del choque tiene, pues, una influencia manifiesta en la rapidez de las vibraciones del aire en el silbato; pero las vibraciones de una lengüeta son las que principalmente cambian por la corriente de aire. Así por ejemplo, cuando una lengüeta metálica es bastante delgada proporcionalmente á la corriente de aire que la mueve, como la de la trompeta de los niños, el sonido se eleva sin intervalos hasta octava y media aumentando el soplo. Con lengüetas de goma elástica la corriente de aire de los pulmones puede elevar el sonido algunos tonos hasta una quinta. Aquí, pues, la tension está compensada por la fuerza de la impulsión ó la velocidad de la vibracion producida por la tension es compensada por la que el choque del aire comunica á las cuerdas.

Pero tambien se designa con el nombre de compensacion una disposicion de instrumentos de música que hace que en lugar de cambiar un sonido segun la fuerza del choque, le mantienen por el contrario á la misma altura, por variado que pueda ser este choque. G. Weber ha tratado en este sentido de la composicion de los tubos de estrangul, y ha construido uno de estos compuesto, cuyo sonido conserva la misma pureza, á pesar de la diferente fuerza del soplo para el piano y el forte. Esta especie de compensacion es la que voy á examinar en el órgano vocal del hombre (1).

(1) Diday y Petrequin (*Gaz. méd.*, 1840, t. VIII, p. 308) ha procurado demostrar por la observacion directa que entre las potencias espiradoras y los músculos que hacen variar el diámetro de la glotis hay un consensus de accion, en virtud del cual la latitud de esta abertura se acomoda á la celeridad de la corriente de aire para asegurar la conservacion del tono, y que así, cuando para reforzar un sonido se da al soplo mas energia, la glotis se dilata, no lo suficiente para hacer bajar el tono, pero bastante para que no pueda subir. Cuando por el contrario se quiere debilitar el sonido, la glotis se cierra instintivamente para prevenir la bajada del tono que llevaria consigo la debilidad de la columna de aire, que por consiguiente en estos dos casos se establece entre la velocidad del aire y la latitud del orificio que atraviesa una compensacion destinada á neutralizar la influencia

Cuando se sopla suavemente en un tubo de estrangul de lengüeta metálica fuerte, el sonido es un poco mas alto que cuando se sopla con fuerza. Tratábase pues para poder reforzar un sonido en un tubo de estrangul de hallar un medio que compensase el descenso de este sonido por la fuerza del soplo. Weber le ha descubierto en la columna de aire del tubo de estrangul. Eleva efectivamente su sonido cuando se sopla fuerte, al paso que la gruesa lengüeta metálica baja el suyo. Los dos efectos se compensan, de suer-

que la diferencia de energía del soplo ejerce sobre el tono. ¿Por qué, por ejemplo, se puede reforzar una nota sobreaguda manteniéndola en justos límites, mientras que es muy difícil debilitarla sin hacer bajar el tono? Una vez llegada á cierto grado, dicen, la contraccion de las cuerdas vocales, por mas fuerte que sea despues, ya no contribuye á la elevacion del tono, y sin embargo por medio de una inspiracion muy enérgica todavía se pueden producir entonces algunas notas sobreagudas, lo cual conduce á esta consecuencia: que los sonidos mas altos no son debidos sino al impulso de la columna de aire. Desde luego se comprende por qué es posible reforzar una nota sobreaguda, pues la glotis al dilatarse previene la elevacion del tono que era de temer; pero si se quiere debilitar el mismo sonido, el tono bajará á pesar de todos los esfuerzos del cantor. En efecto, para oponerse á esto sería preciso que las cuerdas vocales se contrajesen mas todavía; y para producir esta nota ya habian llegado al grado, pasado el cual, su contraccion ya no tiene influencia sobre el tono. Igualmente es fácil mantener en justos límites el sonido mas grave de la escala vocal debilitándole; pero será posible reforzarle, porque la glotis, que para formarle se hallaba ya en su maximum de abertura, no podría dilatarse mas, y sin embargo su agrandamiento era indispensable para prevenir la elevacion del tono que tiende á producir la aceleracion de la corriente de aire. Finalmente esta teoria de la compensacion conduce á las mismas deducciones que la de Muller; pero este autor se ha limitado á indagar con experimentos hechos en el cadáver si efectivamente relajando las cuerdas vocales en el momento en que el soplo se hace mas fuerte se puede impedir que se eleve el tono, lo cual demuestra solamente que en el hombre vivo serviría el mecanismo supuesto, si realmente existiese, para conservar la igualdad de la entonacion, mientras que Diday y Petrequin han demostrado que realmente tiene lugar durante la vida, sirviéndose de él para explicar diversos fenómenos de la fonacion.

(N. del T. F.)

te que es posible por medio de cierta longitud de la columna de aire vibrante, longitud que Weber ha determinado, reforzar y debilitar un sonido sin alterar en nada su pureza y su valor en la escala musical.

Los hechos descubiertos por Weber son exactísimos para una fuerza dada de las lengüetas y para una fuerza determinada de la corriente de aire, es decir que lo son en ciertos límites; pero hay cierta fuerza de la corriente de aire bajo cuya influencia todo estrangul debe elevar, al parecer, su tono en razon directa del incremento de la fuerza de la corriente ó de su densidad. Este efecto de parte del viento que sale de los órganos respiratorios del hombre, se observa, como ya he dicho, en las lengüetas metálicas muy delgadas, tales como la de la trompeta de los niños, cuyo sonido se puede elevar por la fuerza del soplo octava y media sucesivamente y sin intervalos. En las lengüetas metálicas que tienen un poco mas fuerza, por ejemplo la de la armónica de boca, la fuerza del soplo de los pulmones no es tan suficiente para elevar el sonido, pero lo es sin embargo bastante todavía para convencerse de la generalidad del fenómeno. Podemos pues deducir que aun respecto de las lengüetas metálicas fuertes, hay igualmente cierta fuerza de la corriente de aire cualquiera que sea, bajo cuya influencia deben elevar su tono, como lo hacen las lengüetas mas débiles, y elevarle tanto mas cuanto mayor es la intensidad del choque. Aquí sería necesaria una compensación diferente de la que se ha servido Weber. Como las fuertes lengüetas metálicas de este músico dan sonidos un poco mas altos cuando el soplo es débil que cuando es fuerte, podría uno creer á primera vista que hay aquí una contradicción inexplicable con los hechos que he referido últimamente; pero dicha contradicción desaparece admitiendo, lo que es probable, que la estremidad fija de la lengüeta no vibra cuando se sopla suavemente, mientras que entra tambien en vibracion cuando el soplo es fuerte.

Sea de esto lo que quiera, lo cierto es que todas las lengüetas membranosas, cuando el soplo es mas fuerte, elevan el sonido que les está asignado por su tension y longitud. Este hecho es constante relativamente á las cuerdas de goma elástica y á las cuerdas vocales de la laringe humana. La elevacion del sonido que se puede obtener en laringes artificiales de cuerdas de goma elástica por la fuer-

za del soplo de los pulmones llega hasta una tercia y mas sin intervalos, y en una laringe de tension determinada producida por pesos se eleva hasta una quinta y aun hasta una octava. Así, para que un sonido de la laringe humana conserve su valor musical, y permanezca el mismo en el piano, y en el fortísimo, es decir bajo la influencia del soplo mas débil, y mas fuerte, puesto que la fuerza del soplo es una condicion de elevacion, forzoso es que en compensacion haya condiciones de descenso que equilibren á las otras; mas este efecto solo le pueden producir las cuerdas vocales en estado de relajacion. Si estas por ejemplo dan á la tension 4 el sonido *sol*₃ y á la tension 2 el sonido *do*₃ bajo la influencia del soplo mas débil á la tension 2, si el soplo es mas fuerte darán ó conservarán el sonido *sol*₃. En suma, para mantener un sonido en el crescendo, es preciso que la tension disminuya á proporcion que aumente la fuerza del soplo; lo contrario sucede en el decrescendo. Ya he espuesto y discutido anteriormente este modo de compensacion; pero faltaban esperimentos que determinasen de un modo seguro y numéricamente la proporcion entre la tension decreciente, y la fuerza creciente del soplo; lo cual me ha impelido á emprender una serie con el objeto de establecer esta proporcion.

Desde luego me proponia emplear un fuelle en lugar de la boca para hacer sostenidos los sonidos, y medir la fuerza del viento. Fácil hubiera sido determinar de este modo la fuerza del soplo ó de la presion por los pesos del fuelle, y mas seguramente todavia la densidad del aire que hacia mover las cuerdas vocales por el manómetro ordinario de los fuelles, tubo de dos ramas cuya parte inferior está llena de mercurio ó de agua, y en que la presion del aire suministrada por el fuelle, obra sobre el líquido de una de las ramas, de manera que la diferencia de nivel de este líquido en dichas ramas, indica la tension del aire en el fuelle. Empero queriendo aplicar este aparato á los esperimentos de la voz humana, encontré grandes dificultades y no tardé en reconocer que era indispensable volver como antes á mi propia respiracion. En efecto, cuando se coloca sobre el tubo del fuelle una laringe preparada segun el procedimiento que he dado á conocer, se obtienen al principio buenos sonidos que pueden ser bastante llenos á causa de la resonancia del fuelle; pero dichos sonidos no tardan en dismi-

nuir y extinguirse enteramente, ó bien pasan al agudo aunque la presión del fuelle sea la misma. La voz no empieza ya á ejercerse sino después que se han humedecido bien las cuerdas vocales por dentro y por fuera; porque el aire del fuelle deseca en poco tiempo el istmo inferior de la glotis y el borde de las cuerdas vocales, lo cual explica la cesación del sonido y su elevación progresiva. Por el contrario soplando con los pulmones, se hace llegar un aire húmedo y casi á la temperatura del cuerpo humano, y se evitan todos los inconvenientes de que acabo de hablar. Por otra parte, el aire que se emplea de este modo, es el mismo que sirve para la voz en el órgano vivo, y solo se trata de someter la presión de este aire al registro, como el grado de tensión ó de relajación de las cuerdas vocales lo es en los otros experimentos de que antes he hecho mención.

Fácilmente se obtiene este resultado con el auxilio del manómetro ordinario del fuelle puesto en comunicación con el porta-viento. Cagniard-Latour ha medido ya de este modo la tensión del aire necesario para soplar el clarinete, y en un hombre vivo que tenía una abertura en la traquearteria, la tensión que el aire debe tener en este conducto para que la voz hable. También se ha servido de un tubo, uno de cuyos extremos comunicaba con un porta-viento inserto en la embocadura de un clarinete, estando sumergido el otro en un vaso de agua, y deducía la presión por la profundidad á que era preciso introducir el tubo para impedir que se escapase el aire. Esta presión para el clarinete era igual á una columna de agua de más de diez pulgadas. En el hombre cuya traquearteria ofrecía una abertura, la tensión del aire en este conducto cuando el individuo hablaba, era igual á una columna de agua de cinco pulgadas.

Me he valido del manómetro ordinario del fuelle, una de cuyas ramas estaba acortada en su vértice para poderle unir sólidamente con la parte lateral de un porta-viento adaptada á la estrechidad traqueal de la laringe. Este es también el instrumento de que se sirvió Poiseuille para medir la presión de la sangre en las arterias y venas y al cual dió el nombre de hemodinamómetro. La diferencia de altura del líquido en las ramas, ó la suma de su caída ó ascensión en las ramas opuestas da la presión estática de la presión. A primera vista, las columnas de mercurio ó de agua, prueban ordinariamente una oscilación considerable; mas

no tarda en fijarse la presión, y se la puede valuar con una exactitud suficiente hasta $\frac{1}{8}$ y aun $\frac{1}{16}$ de línea. Querer en esto mas precisión, y contar los milímetros espondría á errores á causa de las oscilaciones. Se facilita de un modo singular la lectura sirviéndose en lugar de mercurio de agua que da resultados 13,6 veces mayores; pero las oscilaciones son tambien mucho mas estensas; cuando se ha llegado por el soplo á una presión tan uniforme como sea posible, se puede fijar el líquido poniendo el dedo sobre el tubo abierto y encargándose otra persona de leer la escala.

Dispuestas así las cosas, es preciso recordar cuál es la proporción de la tensión segun la cual los sonidos del órgano vocal aumentan de altura cuando se sopla lo mas suavemente posible. Tomaré por punto de partida los experimentos que he referido anteriormente y en los cuales era producida la tensión por los pesos suspendidos perpendicularmente en la parte anterior y superior del cartilago tiroides, estando fija la misma laringe en una situación vertical.

De estos experimentos resulta que en los sonidos graves basta un peso de un semi-loth para elevar el tono de un semitono: que aumentando la tensión se necesitan tres loth para producir un cambio de un semitono, y que un peso de media á una libra es suficiente para producir los sonidos en la estension de dos octavas. Mas yo he hecho experimentos igualmente en laringes en que estas dos octavas no exigian sino un peso de media libra. Cuando las cuerdas vocales estan distendidas por una cuerda dirigida en el mismo sentido que ellas y que pase sobre una polea, se necesita un peso mas fuerte para producir el mismo efecto. La misma laringe exigia para dar las dos octavas desde $\frac{1}{4}$ de loth hasta 15 loth con la tracción perpendicular ejercida sobre el cartilago tiroides, y hasta 25 loth con la tensión horizontal de las cuerdas vocales. Procuré saber en seguida cuál es la presión del aire á que las cuerdas vocales empiezan á hacer percibir su sonido fundamental, y si se necesita una mas fuerte cuando dichas cuerdas estan mas tirantes, es decir, para producir los sonidos agudos. De los experimentos practicados con este objeto, resulta que respecto de los sonidos agudos una presión de aire equivalente á una columna de mercurio de un cuarto de centímetro, ó á una columna de

agua de $3\frac{1}{4}$ milímetros, y aun á veces de centímetro y medio basta para producir un sonido lijero; lo cual es aplicable tanto á los sonidos de pecho como á los de falsete. Soplando lo mas fuerte que me era posible, pero de modo que aun salia un sonido, la presión no era la mayor parte de veces sino igual á una columna de mercurio de 1, 2 ó 3 centímetros y medio. Esta cantidad es muy inferior á la que Cagniard-Latour ha obtenido en el vivo, en quien la presión en la traquearteria en la fonacion equivalia á una columna de agua de 8 pulgadas. La diferencia me parece ser debida en gran parte á que el hombre en quien este autor ha hecho sus observaciones padecia una enfermedad de los órganos vocales que habia exigido la broncotomía. Sábese que basta la menor presión de aire para que demos sonidos de voz, y esta observacion está muy conforme con los experimentos que he practicado en laringes á beneficio del mamómetro; pero si el fortisimo posible no sale en muchos experimentos sino á cuatro, seis ó siete pulgadas, lo atribuyo á que en el hombre vivo la abertura del porta-viento en la glotis puede estrecharse considerablemente por la compresion lateral que ejercen los músculos tiro-aritenoideos. En las laringes muertas se puede suplir la accion de estos músculos con una compresion ejercida lateralmente sobre las cuerdas vocales, lo cual hace posible una tension mucho mas fuerte del aire.

Quise saber tambien si la tension de este fluido queda la misma cuando se da el piano de los sonidos graves, y el de los sonidos agudos con una tension mas fuerte de las cuerdas vocales, es decir si el sonido mas débil de estas cuerdas sometidas á una tension mayor es posible cuando la tension del aire permanece la misma, ó exige que se aumente. El experimento siguiente nos aclara este punto. La laringe humana de que me vali daba, sin pesos en el platillo de la balanza, el cual pesaba 0,24 loth, daba, digo, *fa* á una presión de aire igual á una columna de agua de dos pulgadas.

PESO PARA LA TENSION DE LAS CUERDAS.	SONIDOS PRODUCIDOS SOPLANDO LO MAS SEAVE-MENTE POSIBLE.	CENTÍMETROS DE LA COLUMNA DE AGUA.	PESOS PARA LA TENSION DE LAS CUERDAS.	SONIDOS PRODUCIDOS SOPLANDO LO MAS SEAVE-MENTE POSIBLE.	CENTÍMETROS DE LA COLUMNA DE AGUA.
Peso de la balanza. 1 1/4 loth	fa_2 falsete	4	Peso de la balanza. 3 1/4 loth	re_4 falsete	+10
3 1/4	sol_2	6	4 3/4	mi_3	13
1 1/4	la_2	8	6 3/4	fa_3	13
1 3/4	si_2	0	7 3/4	sol_3	13
2 1/4	do_3	-10	la_4	la_3	16

Segun esto, en la laringe muerta el mas ligero soplo existe cuando la tension es mas considerable, y por consiguiente para los sonidos agudos, una tension mas fuerte del aire que para los sonidos graves, y cuando las cuerdas vocales estan menos tirantes; la tension era de dos á tres veces mayor cuando los sonidos subian una octava.

Tratábase además de saber en qué proporcion de la presion del aire crecen los sonidos permaneciendo la misma la tension de las cuerdas vocales. Los esperimantos siguientes han sido practicados con este fin en laringes humanas.

Tension.			T. del aire	Tension.			T. del aire	Sonidos.			
loth.			C. de mer- curio	loth.			C. de mer- curio.	falsete.			
			centim.				centim.				
1. ^{er} esper.	3/4		1/4	re ¹ ₃	2	1/4	2	1/2	re ₄	"	
	3/4		1/3	mi ₃	2	1/4	2		mi ₄	"	
	3/4		1/2	fa ¹ ₃	2	1/4	2	1/2	fa ₄	"	
	3/4		3/4	sol ¹ ₃	2	1/4	3	1/2	sol ₄	"	
2. ^o esper.	3/4		1/4	si ₂	6. ^o esper.	3	1/4	1/2	fa ₃	"	
	3/4		-1/2	do ₃	3	1/4	1		sol ₃	"	
	3/4		1/2	re ₃	3	1/4	1	1/4	si ₃	"	
	3/4		3/4	mi ₃	3	1/4	-2		do ₄	"	
	3/4	-1		fa ₃	3	1/4	2		re ₄	"	
	3/4	1		sol ₃	3	1/4	2	1/2	mi ₄	"	
	3/4		3/4	la ₃	3	1/4	2	3/4	fa ₄	"	
	3/4	2		si ₃	7. ^o esper.	10	1/4	-1/2	1/2	la ₄	"
3. ^{er} esper.	1/4		1/4	si ₂	10	1/4	-4		si ₄	"	
	1/4		1/3	do ₂	10	1/4	6		do ₃	"	
	1/4		1/2	re ₃	10	1/4	8		re ₃	"	
	1/4		3/4	mi ₃	8. ^o esper.	1/4		1/4	la ₃	"	
	1/4	1		sol ₃	1/4			1/3	si ₃	"	
	1/4	1	1/2	la ₃	1/4			-1/2	do ₃	"	
	1/4	2		si ₂	1/4			1/2	re ₃	"	
4. ^o esper.	1/4		1/3	do ₃	1/4			3/4	do ₃	"	
	1/4	1		sol ₃	9. ^o esper.	1/4		1/4	re ¹ ₃	"	
	1/4	2		do ₄	1/4			1/3	mi ₃	"	
	1/4	3		mi ₄	1/4			1/2	fa ₃	"	
	1/4	3	1/2	fa ₄	1/4			+1/2	sol ₃	"	
5. ^o esper.	2	1/4	1/2	sol ₃	1/4			3/4	la ₃	"	
	2	1/4	3/4	la ₃	1/4			1	si ₃	"	
	2	1/4	1	si ₃						"	

En los experimentos siguientes empleé un manómetro dividido en pulgadas y líneas, y para equivalente de la presión del aire una columna de agua.

TENSION.	COLUMNA DE AGUA. DEL MANOMETRO.	SONIDOS.	TENSION.	COLUMNA DE AGUA DEL MANOMETRO.	SONIDOS.
	Pág. lin.	falsete		Pág. lin.	falsete.
10.º esper. 1/4	1 6	sol ₂ "	12.º esp. 2 1/4	8	la ₃ "
	1 8	sol ₂ "	2 1/4	8 10	la ₃ "
	2	la ₂ "	2 1/4	10	si ₃ "
	2 4	la ₂ "	13.º esp. 2 1/4	3	fa ₃ "
	2 8	si ₂ "	2 1/4	3 6	fa ₃ "
	2 10	do ₃ "	2 1/4	4	sol ₃ "
	3 2	do ₃ "	2 1/4	4 8	sol ₃ "
	3 4	re ₃ "	2 1/4	6	la ₃ "
	4	re ₃ "	2 1/4	7	la ₃ "
	4 6	mi ₃ "	2 1/4	9	si ₃ "
	5 4	fa ₃ "	2 1/5	10	do ₄ "
	6 6	fa ₃ "	2 1/4	12	do ₄ "
	7 4	sol ₃ "	14.º esp. 2	3	fa ₃ "
	8	sol ₃ "	2	3 6	sol ₃ "
11.º esper. 1/2	2 6	do ₃ "	2	5	sol ₃ "
	3	re ₃ "	2	6	la ₃ "
	3 6	re ₃ "	2	7	la ₃ "
	4	mi ₃ "	2	9	si ₃ "
	4 6	fa ₃ "	2	10 6	do ₄ "
	5	fa ₃ "	2	11 6	do ₄ "
	6	sol ₃ "	15.º esper. 1/4	1 6	la ₃ "
	7	sol ₃ "	1/4	2	la ₃ "

TENSION.	COLUMNA DE AGUA DEL MANO-METRO.	SONIDOS.	TENSION.	COLUMNA DE AGUA DEL MANO-METRO.	SONIDOS.
	Pág. lin.	falsete.		Pág. lin.	falsete
11.º esper.	1/2 8	la ₃ »	15.º esper.	1/4 2 6	si ₃ »
	1/2 9	la ₃ »		1/4 2 6	do ₃ »
	1/2 10	si ₃ »		1/4 3	do ₃ »
	1/2 11	do ₄ »		1/4 3 6	re ₃ »
	1/2 12 6	do ₃ »		1/4 4	re ₃ »
12.º esp.	2 1/4 2 8	re ₄ »		1/4 4 4	mi ₃ »
	2 1/4 3 2	mi ₃ »		1/4 5	fa ₃ »
	2 1/4 4	fa ₃ »		1/4 6	fa ₃ »
	2 1/4 4 4 0	fa ₃ »		1/4 6 6	sol ₃ »
	2 1/4 6	sol ₃ »		1/4 7 6	sol ₃ »
	2 1/4 7 4	sol ₃ »		1/4 8	la ₃ »

Voz de pecho, siendo comprimidas lateralmente las cuerdas vocales.

TENSION.	COLUMNA DE AGUA DEL MANO-METRO.	SONIDOS.	TENSION.	COLUMNA DE AGUA DEL MANO-METRO.	SONIDOS.
	Pág. lin.	voz de pecho.		Pág. lin.	voz de pecho.
16.º esper.	0 2	fa ₂ »	16.º esper.	0 10	do ₃ »
	4 6	sol ₂ »		11	re ₃ »
	5 6	sol ₂ »		12	re ₃ »
	6	la ₂ »	17.º esper.	0 3	do ₂ »
	7	si ₂ »		9	sol ₂ »
	8 6	do ₃ »		11	do ₃ »

Y así para elevar un tono entero el sonido fundamental de las cuerdas vocales poco tirantes es necesario en muchos casos según las circunstancias que la presión del aire sufra una elevación correspondiente á media ó una pulgada de la columna de agua, mas ó menos. La proporción marcha con bastante uniformidad. Los sonidos mas altos, producidos por un soplo reforzado, son los únicos que, para subir un tono entero, exigen que la tensión se aumente mas.

Para elevar en la octava siguiente el sonido fundamental de las cuerdas vocales ha sido preciso, siendo igualmente débil la tensión de estas, que la presión fuese ocho veces mas fuerte en los experimentos 2.^o y 3.^o, seis veces en el 4.^o, siete en el 5.^o, cinco veces y media en el 6.^o, cinco en el 10.^o y 11.^o, cinco veces y tercia en el 15.^o Podemos, pues, admitir que se necesita una presión de aire cinco ó seis, y ocho veces mayor para que, siendo igualmente débil la tensión de las cuerdas vocales, el sonido suba toda una octava por un soplo mas fuerte. Esta presión tenía que duplicarse ó triplicarse para elevar el sonido una cuarta ó una quinta. Cuando las cuerdas vocales están mas tirantes, como en el experimento 7.^o en que lo estaban por un peso de 10 loth y $\frac{1}{4}$, no solo se necesita una presión mayor para hacer sonar al soplo mas débil, sino que tambien la elevación del sonido exige una mucho mas intensa que en el caso de tensión menos considerable, puesto que en el experimento 7.^o, por ejemplo, la elevación de un tono entero exigió que la presión se aumentase una pulgada de altura del mercurio ó de $2 \times 13,6$ de altura del agua del manómetro: así que, se necesita una diferencia proporcionalmente mucho mayor para avanzar en la serie ascendente. Lo mismo sucede cuando las cuerdas vocales están muy aproximadas una á otra por los lados á beneficio de las ramas de unas pinzas. En este caso por ejemplo, para elevar á una cuarta el sonido fundamental [de las cuerdas, permaneciendo la misma la tensión, fue preciso en lugar de duplicar, y triplicar la presión del aire, cuadruplicarla ó quintuplicarla, como se verá en el experimento siguiente.

He notado además que la facilidad de elevar el sonido por un aumento débil de la presión del aire se limita á veces á cierta altura, y que para elevar despues el sonido un semitono solamente, era preciso aumentar la presión del

aire fuera de toda proporcion, como en el ejemplo siguiente:

SONIDOS.	PRESION DEL AIRE, columna de agua del manómetro.	SONIDOS.	PRESION DEL AIRE, columna de agua del manómetro.
sol ₂	2 pulgadas.	si ₂	8 pulg. tens. igual.
sol ₂ ¹ 7	3	do ₃	10
la ₂	4	do ₃ ¹ 7	14 1/2
la ₂ ¹ 3	7	re ₂	13 1/2

Mas si queria pasar de re á re[#] era preciso soplar con un poco de fuerza para que la columna de agua subiese á veintidos ó veinticuatro pulgadas y mas. Las causas de esta desproporcion han quedado para mí desconocidas. El límite de que acabo de hablar varía mucho segun las laringes; las hay que permiten subir proporcionalmente hasta una octava, al mismo tiempo que otras no lo permiten. Debemos notar además que cuando en este caso se aumentaba la tension de modo que el sonido fundamental se hiciese mas agudo, el límite de la progresion proporcional de la elevacion se establecia tanto mas pronto cuanto mas aumentaba la tension, como se deja ver por los experimentos siguientes practicados en la misma laringe.

In todos los casos no fue posible mantener el tubo de agua en la posición vertical, sino que se inclinó hacia el lado de la columna de agua, y esto se debió a la fuerza de la columna de agua que se elevaba, y a la resistencia que ofrecía el tubo de agua en la posición vertical. En el caso de la re[#] se inclinó el tubo de agua hacia el lado de la columna de agua, y esto se debió a la fuerza de la columna de agua que se elevaba, y a la resistencia que ofrecía el tubo de agua en la posición vertical. En el caso de la re[#] se inclinó el tubo de agua hacia el lado de la columna de agua, y esto se debió a la fuerza de la columna de agua que se elevaba, y a la resistencia que ofrecía el tubo de agua en la posición vertical.

1.º LOTH DE TENSION.		2.º LOTH DE TENSION.		3.º LOTH DE TENSION.		4.º LOTH DE TENSION.		6.º LOTH DE TENSION.		8.º LOTH DE TENSION.	
Sonido de pecho.	Presion del aire.	SONIDOS.	Presion del aire.	SONIDOS.	Presion del aire.	SONIDOS.	Presion del aire.	SONIDOS.	Presion del aire.	SONIDOS.	Presion del aire.
	Pulgadas de agua.										
<i>fa</i> [♯] ₃	2										
<i>sol</i> ₂	3	<i>sol</i> ₂	2								
<i>sol</i> [♯] ₃	5	<i>sol</i> [♯] ₃	4	<i>sol</i> [♯] ₂	2 ³						
<i>la</i> ₂	6	<i>la</i> ₂	6	<i>la</i> ₂	5	<i>la</i> ₂	2				
<i>la</i> [♯] ₃	8	<i>la</i> [♯] ₂	7	<i>la</i> [♯] ₂	8	<i>la</i> [♯] ₂	5	<i>la</i> [♯] ₂	7		
<i>si</i> ₂	9 1/2	<i>si</i> ₂	8	<i>si</i> ₂	6 1/2	<i>si</i> ₂	7	<i>si</i> ₂	8	<i>si</i> ₂	6
<i>do</i> ₃	10	<i>do</i> ₃	10	<i>do</i> ₃	9 1/2	<i>do</i> ₃	8	<i>do</i> ₂	8	<i>do</i> ₃	8
<i>do</i> [♯] ₃	14	<i>do</i> [♯] ₃	12	<i>do</i> [♯] ₃	13	<i>do</i> [♯] ₃	10	<i>do</i> [♯] ₃	10	<i>do</i> [♯] ₃	10
<i>re</i> ₃	12 1/2	<i>re</i> ₄	13			<i>re</i> ₃	13	<i>re</i> ₃	12	<i>re</i> ₃	12
<i>re</i> [♯] ₃	24	<i>re</i> [♯] ₃	24								

En todos los casos no fue posible franquear el intervalo de *re* á *re*[♯]₃ sin llevar la presión del aire á veinticuatro pulgadas y más. En otros muchos se verificó el salto del mismo modo. El experimento siguiente merece citarse también como término de comparación: en él, como en el anterior, la voz de pecho ha sido determinada por una presión lateral ejercida sobre las cuerdas vocales.

1/2 LOTH DE TENSION.		1 LOTH DE TENSION.		2 LOTH DE TENSION.		4 LOTH DE TENSION.	
Sonidos.	Presion del aire.	Sonidos.	Presion del aire.	Sonidos.	Presion del aire.	Sonidos.	Presion del aire.
<i>la</i> ₂	3						
<i>si</i> ₂	5	<i>si</i> ₂	5				
<i>do</i> ₃	6	<i>do</i> ₃	7	<i>do</i> ₃	6		
<i>do</i> $\frac{1}{13}$	8	<i>do</i> $\frac{1}{13}$	10	<i>do</i> $\frac{1}{13}$	8		
<i>re</i> ₃	11	<i>re</i> ₃	12	<i>re</i> ₃	11	<i>re</i> ₃	7
<i>re</i> $\frac{1}{13}$	14	<i>re</i> $\frac{1}{13}$	14	<i>re</i> $\frac{1}{13}$	14	<i>re</i> $\frac{1}{13}$	11
<i>mi</i> ₃	Salto.	<i>mi</i> ₃	Salto.	<i>mi</i> ₃	Salto.	<i>mi</i> ₃	Salto.

Hago presente este fenómeno para evitar toda equivocacion en los esperimentos sobre la laringe. No me es posible esplicarle de otro modo que por un salto de un registro de la voz de pecho al de la voz de falsete; pero prueba que comparando los equivalentes de la presion del aire y de la tension, hay un motivo mas para escluir totalmente los grados elevados de tension y de presion.

Ahora vienen los esperimentos sobre la comparacion de la relajacion de los ligamentos y de la presion del aire para obtener el piano y el forte á una misma elevacion de sonido.

Si al practicar estos esperimentos se verifica la tension de las cuerdas vocales por una traccion ejercida de arriba abajo sobre el cartilago tiroides y que imite á la accion del músculo crico-tiroideo, los pesos necesarios para producir un sonido dado no espresan el grado de la tension de dichas cuerdas sino el de la contraccion del músculo crico-tiroideo necesario para producir este sonido, y por consiguiente cuando se los compara con la presion del aire, no se obtiene sino la relacion entre este y la accion del músculo. Este método de distender las cuerdas vocales es el que las

procura la tension mas uniforme, de manera que siempre deberian practicarse así los experimentos; forzoso es sin embargo notar que el ligamento crico-tiroideo que tiene la elasticidad en el mas alto grado, obra lo mismo que el músculo, y que su accion viene en auxilio de este cuando se contrae débilmente, mas no cuando se contrae con energía. Varios pesos suspendidos de un cordon que se ata al ángulo del cartilago tiroides dan, pues, exactamente el quantum de contraccion del músculo crico-tiroideo necesario para sonidos determinados.

Para medir la presion del aire, unas veces me he servido de un manómetro de mercurio y otras de uno de agua, porque los experimentos han sido practicados en diferentes épocas. Voy á referir desde luego estos experimentos uno á uno. La primera columna está destinada á los sonidos iguales en cuanto á la elevacion, pero crecientes en intensidad; la segunda indica la cantidad hasta la cual debe aumentarse la presion del aire, y la tercera anuncia los pesos de la tension que disminuye á proporcion que aumenta la presion del aire.

SONIDO UNIFORME CRECIENTE EN FUERZA.	PRESION CRECIENTE DEL AIRE COLUMNA DE MERC. DE	TENSION DE-CRECIENTE DE LAS CUERDAS VOCALES.	SONIDO UNIFORME CRECIENTE EN FUERZA.	PRESION CRECIENTE DEL AIRE COLUMNA DE MERC. DE	TENSION DE-CRECIENTE DE LAS CUERDAS VOCALES.
Piano <i>la</i> ₃	centimetr. 4 1/2	loth. 4 1/4	Piano <i>fa</i> ₃	centimetr. 4 1/3	loth. 2 1/4
<i>crescendo</i> <i>la</i> ₃	3 1/4	2 1/4	<i>crescendo</i> <i>fa</i> ₃	4 1/2	4 1/4
<i>la</i> ₃	4	4 1/5	<i>fa</i> ₃	3 1/4	4 1/4
<i>la</i> ₃	4 1/2	3 1/4	Forte <i>fa</i> ₃		
Forte <i>la</i> ₃	2	4 1/4	Piano <i>sol</i> ₃	4 1/2	4 1/4
Piano <i>do</i> ₄	3 1/4	6 1/4	<i>sol</i> ₃	3 1/4	3 1/4
<i>do</i> ₄	+ 4	3 1/4	<i>sol</i> ₃	4	4 1/4
Forte <i>do</i> ₄	- 4 1/2	4 3/4	Forte <i>sol</i> ₃	+ 4	4 1/4
Piano <i>sol</i> ₃	- 4 1/2	4 1/4	Piano <i>sol</i> ₃	4 1/2	4 1/4
<i>sol</i> ₃	+ 4 1/2	3 1/4	<i>sol</i> ₃	- 3 1/4	2 1/4
<i>sol</i> ₃	- 3 1/4	2 2/4	<i>sol</i> ₃	3 1/4	4 1/4
<i>sol</i> ₃	3 1/4	4 1/4	Forte <i>sol</i> ₃	4	4 1/4
<i>sol</i> ₃	- 4	3 1/4	Piano <i>la</i> ₃	4 1/2	4 1/4
Forte <i>sol</i> ₃	4	4 1/4	<i>la</i> ₃	+ 4 1/2	2 1/4
Piano <i>mi</i> ₃	4 1/4	3 1/4	<i>la</i> ₃	- 4	4 1/4
Forte <i>mi</i> ₃	4 1/2	4 1/4	<i>la</i> ₃	4	3 1/4
			Forte <i>la</i> ₃	4 1/2	4 1/4

En los experimentos siguientes la fuerza de la presion del aire ha sido medida por medio de una columna de agua.

SONIDO UNIFORME CRECIENTE EN FUERZA.	PRESION CRECIENTE DEL AIRE. COLUMNA DE AGUA DE	TENSION DE-CRECIENTE DE LAS CUERDAS VOCALES.	SONIDO UNIFORME CRECIENTE EN FUERZA.	PRESION CRECIENTE DEL AIRE. COLUMNA DE AGUA DE	TENSION DECRECIENTE DE LAS CUERDAS VOCALES.
Piano si_2	9 centim	974 loth.	Piano re_3	12 centim.	1774 loth.
<i>crescendo</i> si_2	11	574	<i>crescendo</i> re_3	16	1374
si_2	13	374	re_3	18	974
si_2	15	274	re_3	20	574
Forte si_2	17	174	Forte re_3	22	374
Piano la_2	8	974	Piano la_2	9	974
la_2	10	574	la_2	12	774
la_2	14	374	la_2	13	574
Forte la_2	14	174	Forte la_2	14	374
Piano mi_3	11	974	Piano si_2	8	974
mi_3	13	574	si_2	10	774
Forte mi_3	14	374	si_2	12	574
Piano fa_3	10	574	si_2	14	374
fa_3	12 174	374	Forte si_2	15	274
Forte fa_3	14	274	Piano mi_3	11	574
Piano la_2	11	974	mi_3	12	374
la_2	12	574	Forte mi_3	14	274
la_2	13	374	Piano fa_3	10	574
Forte la_2	15	274	fa_3	13	374
Piano la_2	8	974	Forte fa_3	14	274
la_2	11	574	Piano la_2	8	974
la_2	13	374	la_2	10	574
Forte la_2	14	274	la_2	12	374
			Forte la_2	14	174

Se ve, pues, que la traccion de arriba abajo del cartilago tiroides debe disminuir en una proporcion mayor que lo que aumenta la presion del aire para que un sonido sea fortificado conservando la misma elevacion.

Cuando la presion del aire aumentaba un doble ó un cuadruple, la traccion, obrando en el mismo sentido que el músculo crico-tiroideo, debia aumentarse de cuatro á ocho y diez y seis veces para que el sonido quedase á la misma elevacion. En el segundo experimento fue preciso que subiendo la presion del aire de 8 á 14 ó de 4 á 7, la traccion disminuyese de 3 á 1; en el tercero elevándose la presion del aire de 8 á 14 ó de 4 á 7, la traccion debió bajar de 9 á 1. Solo la relacion de la tension de las mismas cuerdas vocales á la presion del aire puede dar una comparacion exacta. Las cuerdas vocales deben ser estiradas en la direccion de su longitud por un cordon que pasa sobre una polea. Sin embargo, como la insercion del cartilago tiroides opone un obstáculo á la tension en este sentido, es preciso separar con precaucion, sin herir la membrana mucosa de la laringe, el cartilago tiroides en totalidad, escepto la parte anterior á la cual se fijan las cuerdas vocales. Tambien es necesario separar con atencion el ligamento que hay entre él y el cartilago cricoides. Finalmente se pueden quitar además los músculos colocados en las partes laterales de dichas cuerdas. De este modo se obtiene una pieza en que la tension de las cuerdas vocales pueden herirse sin error por medio de un cordon que se ata al resto del cartilago tiroides inmediatamente por delante de la insercion de las cuerdas dirigiéndole en el sentido de estas últimas, haciéndole pasar sobre una polea y cargándole de pesos. Para que la tension sea uniforme en toda la estension de las cuerdas vocales, es indispensable coger una laringe cuyo cartilago tiroides esté oxificado para que no ceda el ángulo de este cartilago al cual se fija el cordon. En vista de la analogia de los ligamentos de la glotis con las cuerdas, se deberia creer que los sonidos crecen segun la proporcion de las octavas 1, 2, 4, 8, cuando las fuerzas tensivas crecen en razon de sus cuadrados 1, 4, 16, 64. Sin embargo, cuando se lleva la tension de uno á cuatro, los sonidos quedan muy inferiores á la octava, de modo que en lugar de éstas se obtiene la mayor parte de veces la cuarta, la quinta, la sexta, ó sonidos intermedios.

Ignoro la causa de esta diferencia: quizá se la deba atribuir á que es la presion del aire la que hace hablar á las cuerdas vocales ó á la humedad de estas últimas ó á que estan compuestas de numerosos agujeros paralelos que se distienden con desigualdad. Cuadruplicando la tension mas débil de los ligamentos de la glotis, los sonidos no suben sino hasta su cuarta y mas: si la tension era un poco mas fuerte, cuadruplicándola, suben á su quinta, si era mas considerable todavía, cuadruplicándola sube á su sesta y mas. Esta diferencia en la elevacion segun el grado de tension de donde se parta debe atribuirse sin duda á que cuanto mas fuerte es la tension mayor presion de aire se necesita para producir el sonido mas débil ó el sonido fundamental de las cuerdas vocales.

Me ha parecido interesante el comparar en una misma laringe el efecto de la traccion perpendicular sobre el cartilago tiroides con el de la traccion horizontal sobre los ligamentos de la glotis; por consiguiente esperiménté desde luego la primera, despues de lo cual preparé la laringe por la ablacion de la mayor parte del cartilago tiroides á fin de poder estudiar la segunda.

SONIDOS. FALSE- TE.	TENSION POR TRACCION PERPEN- DICULAR.	TENSION POR TRACCION HORI- ZONTAL.	SONI- DOS. FALSE- TE.	TENSION POR TRAC- CION PERPEN- DICULAR.	TENSION POR TRAC- CION HO- RIZON- TAL.
$do_{\sharp 3}$	0,25 loth peso del pla- tillo.	0	si_3	3,95	2,35
			do_4	4,25	3,15
			$do_{\sharp 4}$	4,75	3,45
re_3	0,45 loth, com- prendido el peso del pla- tillo.	0,25 loth peso del pla- tillo.	re_4	5,25	4,25
			$re_{\sharp 4}$	6,25	5,25
			mi_4	7,25	7,25
$re_{\sharp 3}$		0,35 loth com- prendido el peso del pla- tillo.	fa_4	8,25	9,25
			$fa_{\sharp 4}$	9,25	11,75
			sol_4	10,25	14,25
mi_3	0,75	0,45	$sol_{\sharp 4}$	11,25	16,25
fa_3	0,95	0,55	la_4	12,25	18,25
$fa_{\sharp 3}$	1,35	0,75	$la_{\sharp 4}$	13,25	20,25
sol_3	1,35	0,95	si_4		22,25
$sol_{\sharp 3}$	2,25	1,25	do_5	14,24	24,25
la_3	2,75	1,75	$do_{\sharp 5}$	15,25	25,25
$la_{\sharp 3}$	3,15	1,95			

Segun esto la traccion horizontal para subir del sonido re_3 producido por el peso mas débil, $1/4$ de loth á su octava re_4 , era preciso que el peso se aumentase de 0,25 á 4,25 ó de 1 : 17.

		La tensión era para re_3 y re_4	:: 1 : 15
		para mi_3 y mi_4	:: 1 : 16
		para fa_3 y fa_4	:: 1 : 18
		para $fa_{\frac{1}{\pi}3}$ y $fa_{\frac{1}{\pi}4}$:: 1 : 15
		para sol_3 y sol_4	:: 1 : 15
		para $sol_{\frac{1}{\pi}3}$ y $sol_{\frac{1}{\pi}4}$:: 1 : 13
		para la_3 y la_4	:: 1 : 10
		para $la_{\frac{1}{\pi}3}$ y $la_{\frac{1}{\pi}4}$:: 1 : 9
		para si_3 y si_4	:: 1 : 9
		para do_4 y do_3	:: 7 : 7
		para $do_{\frac{1}{\pi}4}$ y $do_{\frac{1}{\pi}3}$:: 7 : 7

La falta de proporción entre la ascension de los sonidos, y el incremento de la tensión puede depender de que cuando esta última se hace mas fuerte, se necesita una presión mayor del aire para producir el sonido fundamental. Para poder deducir consecuencias de este experimento con respecto á la compensación, sería necesario que la presión desigual bajo cuya influencia se produce el primer sonido posible á una tensión débil y á otra mas fuerte pudiese reducirse á una presión igual. Es, pues, necesario tener experimentos en los cuales cada uno de los sonidos producidos por una tensión creciente salga bajo una misma presión media del aire. Tales son los siguientes.

Según esto la tracción horizontal para el sonido
 es producida por el peso del tubo de vidrio
 que se eleva cuando el peso se incrementa de 0,5 á 1,0 g.

SONIDOS. FALSETE.	TENSION POR TRACCION HO- RIZONTAL.	PRES. DEL AIRE. COL. DE AGUA.	SONIDOS. FALSETE.	TENS. POR TRAC- CION HORI- ZONT.	PRES. DEL AIRE. COL. DE AGUA.
1. ^{er} esp. la_3	0,75 loth, compre- ndido 0,25 peso del platillo y del cor- don.	Pulg. 8	2. ^o esp. sol_{\sharp}^3	225,	Pulg. 6
			la_3	2,75	6
			la_{\sharp}^3	3,25	6
			si_3	3,75	6
la_{\sharp}^3	1,25	8	3. ^{er} esp. re_{\sharp}^3	0,75	4
si_3	2,25	8	mi_3	1,25	4
do_4	3,25	8	fa_3	1,75	4
do_{\sharp}^3	4,25	8	fa_{\sharp}^3	2,25	4
re_4	6,25	8	sol_3	2,75	4
2. ^o esp. fa_3	0,75	6	sol_{\sharp}^3	4,25	4
fa_{\sharp}^3	1,25	6	la_3	3,25	4
sol_3	1,75	6			

En el primer experimento, cuando se cuadruplicó la tensión, lo cual hacia una octava con las cuerdas, el sonido subió menos de una tercia; en el segundo, bajo la influencia de un incremento igual la tensión le hizo subir una cuarta, después de lo cual pasó de esta medida y en el cuarto, subió una cuarta y después otra todavía.

Los experimentos siguientes se han hecho en los sonidos de pecho, timbre que se puede obtener aplicando á las partes laterales de las cuerdas vocales las ramas de un par de pinzas fijas.

SONIDOS DE PECHO.	TENSION POR TRACCION HORIZONTAL.	SONID. DEPECHO.	SONIDOS DE PECHO.	TENS. POR TRAC. HORIZONTAL.	SONID. DEPECHO.
	Lineas.	Pulg.		Lín.	Pulg.
1. ^{er} esp. <i>la</i> ₂	1,25		3. ^{er} esp. <i>do</i> ₃		8
	comprendido el peso del cordón y del platillo.		<i>re</i> ₃	3,25	8
<i>la</i> ₂	1,45	8	<i>re</i> ₃	4,25	8
<i>si</i> ₂	1,55	8	<i>mi</i> ₃	5,25	8
<i>do</i> ₃	1,75	8	<i>fa</i> ₃	7,75	8
<i>do</i> ₃	2,15	8	<i>fa</i> ₃	11,25	8
<i>re</i> ₃	2,75	8	<i>sol</i> ₃	14,75	8
<i>re</i> ₃	4,75	8	<i>sol</i> ₃	19,25	8
<i>mi</i> ₃	5,75	8	<i>la</i> ₃	21,25	8
<i>fa</i> ₃	8,25	8	<i>la</i> ₃	25,55	8
2. ^o esp. <i>do</i> ₃	2,25	8	<i>si</i> ₃		8
<i>do</i> ₃	3,25	8	<i>do</i> ₄	31,25	8
<i>re</i> ₃	4,25	8	4. ^o esp. <i>do</i> ₃	2,25	8
<i>re</i> ₃	5,25	8	<i>re</i> ₃	3,25	8
<i>mi</i> ₃	6,25	8	<i>re</i> ₃	4,25	8
<i>fa</i> ₃	7,25	8	<i>mi</i> ₃	5,25	8
<i>fa</i> ₃	8,25	8	<i>fa</i> ₃	7,25	8
<i>sol</i> ₃	12,25	8	<i>fa</i> ₃	9,25	8
<i>sol</i> ₃	16,25	8	<i>sol</i> ₃		8
<i>la</i> ₃	20,25	8	<i>sol</i> ₃	16,25	8
<i>la</i> ₃		8	<i>la</i> ₃	18,25	8
<i>la</i> ₃		3	<i>la</i> ₃	20,25	8
<i>si</i> ₃			<i>si</i> ₃	24,25	8
<i>do</i> ₄	29,25	8	<i>do</i> ₄	28,25	8
3. ^{er} esp. <i>si</i> ₂	1,25	8	<i>do</i> ₄	32,25	8
<i>do</i> ₃	2,25	8			

En el primer experimento, siendo cuádruple la tensión, el sonido subió sucesivamente mas de una cuarta, y en seguida menos de una cuarta; en el segundo subió mas y menos de una cuarta uniformemente mas de una cuarta; en el tercero subió una cuarta, en fin una quinta; en el cuarto subió primero como cosa de una cuarta, despues mas de una cuarta, una quinta, y en fin mas de una quinta. En el segundo experimento las tensiones para do_3 y do_4 :: 1 : 13, y la proporción sería casi la misma en el primero, si se buscara por interpolación la octava que falta. La proporción de las octavas es de 1 á 13,8 en el tercero, y de 1 á 14,3 en el cuarto.

En la serie actual de experimentos la falta de proporción en la ascension de los sonidos por el aumento de la tensión se ha evitado mas que anteriormente, sin embargo, no ha desaparecido del todo, porque una tensión mas fuerte tenia en cuanto á la ascension un resultado proporcionalmente un poco mayor que una tensión mas débil. A mi ver estas diferencias deben atribuirse á la desigual tensión que el incremento del soplo comunica á las diferentes fibras de las cuerdas vocales, cuya estension es considerable tanto en latitud como en altura. Cualquiera que conozca la estructura del órgano echa de ver que es absolutamente imposible, al menos por una tracción horizontal, dar una tensión perfectamente igual á todas estas fibras. Sin embargo, resulta de lo que precede que cuando la tensión de las cuerdas vocales se hace cuádruple, el sonido se eleva, término medio, de una cuarta á una quinta, que la elevación es de una cuarta y de menos de una quinta por una tensión débil y de mas de una cuarta, de una quinta y de mas de una quinta por una tensión mas fuerte, en fin que una elevación de una octava en la parte media de la escala exige que la tensión se aumente de trece á catorce veces poco mas ó menos.

No hay duda que solo debe tomarse este resultado como una simple aproximación. Multiplicando y variando mas los experimentos, se obtendrian probablemente otros, de los cuales unos serian inferiores á las relaciones numéricas enunciadas, y otros las excederian mas ó menos, de manera que nos aproximariamos á los términos de la serie dada anteriormente en que el maximum era de 1 á 16 y el minimum de 1 á 7 para las octavas. Esta misma serie nos indica

que igualmente tendríamos que esperar variaciones para las cuartas y las quintas, porque la progresion de uno á cuatro cayó primero en la inmediacion de las cuartas y finalmente por encima de las quintas y aun mas allá de las sextas.

Ahora podemos comparar entre sí el efecto de la presion del aire y el de la tension directa. He dado á conocer anteriormente que es preciso que la presion del aire se haga de cinco á ocho veces mas fuerte á igualdad de tension de las cuerdas vocales para elevar un sonido á su octava, y que debe hacerse casi doble ó triple para llevar el sonido fundamental á la cuarta y á la quinta.

La consecuencia que de aquí se deduce es que para que la voz suba hasta el forte, quedando la misma la altura de los sonidos, la tension debe disminuir en mayor proporcion de lo que aumente la presion del aire; que cuando esta se hace de cinco á ocho veces mayor, la tension debe ser unas trece ó catorce veces menor, en fin que cuando la presion del aire sube al doble y al triple, lo que produciria una cuarta y hasta una quinta, la tension para rebajar el sonido á la altura del fundamental debe ser cuatro veces menor poco mas ó menos.

Los esperimentos siguientes hechos directamente sobre la compensacion, me parecen estar conformes con este resultado, cuando se toma el término medio de las variaciones, que por otro lado son bastante fuertes. Por las razones que he deducido anteriormente es preciso evitar las tensiones demasiado fuertes, tanto de las cuerdas vocales como del aire.

SONIDOS SE- MEJANTES QUE CRECEN EN IN- TENSIDAD.	VOZ DE FALSETE. TENSION DECRE- CIENTE.	PRESION DEL AIRE CRE- CIENTE. COLUMNA DE AGUA DE	SONIDOS SE- MEJANTES QUE CRECEN EN IN- TENSIDAD.	VOZ DE FALSETE. TENSION DECRE- CIENTE.	PRESION DEL AIRE CRE- CIENTE. COLUMNA DE AGUA DE
Piano $do_{\frac{1}{4}}$	4 loth.	<i>Pulgadas.</i> 3 $\frac{1}{2}$	Piano $do_{\frac{1}{4}}$	4	<i>Pulgadas.</i> 1 $\frac{1}{2}$
$do_{\frac{1}{4}}$	2	4	$do_{\frac{1}{4}}$	2	3
$do_{\frac{1}{4}}$	1	6	$do_{\frac{1}{4}}$	1	4
Forte $do_{\frac{1}{4}}$	1 $\frac{1}{2}$	8	Forte $do_{\frac{1}{4}}$	1 $\frac{1}{2}$	5
Piano $do_{\frac{1}{4}}$	4	3 $\frac{1}{2}$	Piano $do_{\frac{1}{4}}$	4	3
$do_{\frac{1}{4}}$	2	5	$do_{\frac{1}{4}}$	2	4
$do_{\frac{1}{4}}$	1	5 $\frac{1}{2}$	$do_{\frac{1}{4}}$	1	5
Forte $do_{\frac{1}{4}}$	1 $\frac{1}{2}$	7	Forte $do_{\frac{1}{4}}$	1 $\frac{1}{2}$	6

SONIDOS SE- MEJANTES QUE CRECEN EN IN- TENSIDAD.	VOZ DE PECHO. TENSION DECRE- CIENTE.	PRESION DEL AIRE CRE- CIENTE. COLUMNA DE AGUA DE	SONIDOS SE- MEJANTES QUE CRECEN EN IN- TENSIDAD.	VOZ DE PECHO. TENSION DECRE- CIENTE.	PRESION DEL AIRE CRE- CIENTE. COLUMNA DE AGUA DE
Piano $si_{\frac{1}{2}}$	4 loth.	6 pulg. ^s	Piano do_4	4 loth.	5 1/2 p.
$si_{\frac{1}{2}}$	2	8	do_4	2	8 1/2
si_2	1	10	do_4	1	10 1/2
Forte $si_{\frac{1}{4}}$	1 1/2	12	Forte $do_{\frac{1}{4}}$	1/2	† 12
Piano do_3	4	6	Piano $la_{\frac{1}{3}}$	4	4 1/2
do_3	2	9	$la_{\frac{1}{3}}$	2	7
Forte $do_{\frac{1}{3}}$	1	11	Forte $la_{\frac{1}{3}}$	1	9
Piano $fa_{\frac{1}{2}}$	2	2 1/2	Piano re_3	4	7
$fa_{\frac{1}{3}}$	1	5	re_3	2	11
fa_3	1/2	7	re_3	1	12
Forte $fa_{\frac{1}{2}}$	1 1/4	8	Forte re_3	1/2	13
Piano si_3	2	4 1/2	Piano $do_{\frac{1}{4}}$	8	5
si_3	1	8	$do_{\frac{1}{4}}$	4	8
Forte si_3	1/2	10	$do_{\frac{1}{4}}$	2	11
			Forte $do_{\frac{1}{4}}$	1	13

De todo esto resulta por lo concerniente en el órgano vocal humano á la compensacion de la presion del aire y de la tension de los ligamentos, que cuando la primera sube de uno á dos, la segunda debe bajar de uno á cuatro, y aun de uno á ocho. Si la disminucion de la tension permaneciese en la proporcion de 4 : 1, cuando el incremento de la presion del aire esté en la de 1 : 2, se podria decir que la primera está en razon inversa de los cuadrados de la segunda.

Empero los experimentos no justifican estas deducciones; porque hay muchos casos en que la tension debió disminuir en la proporcion de 8 : 1, cuando la presion del aire crecia en la de 1 : 3, y otros en que la disminucion de la tension estaba entre $\frac{1}{4}$: 1, y 8 : 1, cuando el incremento de la presion era de 1 : 2. Para caminar con toda seguridad evitaremos espresarnos con demasiada precision y solo nos atenderemos á un resultado aproximado.

Ya he probado que la prolongacion y el acortamiento del tubo colocado delante y detrás de los ligamentos de la glotis en la laringe humana, no ejerce influencia sensible en la elevacion del sonido, y mis nuevos experimentos acerca de los sonidos mas fuertes de pecho lo confirman plenamente.

Para producir la voz de pecho en la cual la totalidad de las cuerdas vocales y todas las partes vecinas vibran con violencia, y para escluir el falsete, en el cual las cuerdas no vibran sino solo en su borde es necesario que los ligamentos de la glotis experimenten una compresion lateral, que el músculo tiro-aritenoideo ejecuta durante la vida, y que se opere sobre una laringe preparada á beneficio de las ramas de un par de pinzas. Trátase de saber si el grado de esta compresion entra tambien en cuenta en la compensacion. En los experimentos sencillos basta una lijera compresion lateral para producir el registro de la voz de pecho en la laringe desprendida del cuerpo.

Para poder aplicar cómodamente las ramas de las pinzas á los ligamentos, es necesario poner en libertad el contorno lateral de estos últimos y el músculo tiro-aritenoideo que los cubre, sumergiendolos entonces las pinzas hasta que sus ramas toquen á los ligamentos en una estension de cuatro á cinco líneas; por medio del tornillo que llevan dichas ramas y que las une entre sí, se puede hacer mas fuerte la presion y estrechar mas y mas la glotis. Cuanto mas elevados se hacen los sonidos de pecho, mas debe estrecharse la glotis para que suenen bien, y mas hay que apretar el tornillo. La mayor relajacion que se puede obtener de las cuerdas vocales, es el resultado de la traccion de un cordón fijo en el ángulo del cartilago tiroideo, que atraviesa una hendidura del pilar de madera que sostiene la laringe, pasa sobre una polea y puede ser cargado con los pesos que se quiera. Habiendo cesado por delante toda tension, solo por

este modo de relajacion es como se obtienen los sonidos mas graves de pecho.

Si se quiere emplear una tension de los ligamentos producida por una traccion en la direccion de su longitud y medible con pesos, naturalmente se conoce que hay que desprender el caballete anterior de su punto de apoyo y cortar el cartilago tiroides en totalidad, sin ofender la cavidad de la laringe hasta la insercion anterior de las cuerdas vocales; con lo cual es mas fácil aplicar las ramas de las pinzas.

Cuando se trata de experimentos mas precisos acerca del efecto que la compresion lateral de los ligamentos de la glotis produce relativamente á la voz de pecho, hay que valerse del compresor que se puede aplicar y mover del mismo modo que las pinzas.

En los numerosos experimentos que he practicado sobre la voz de pecho, el incremento de la presion de las ramas unas veces ha influido en la altura del sonido, y otras no ha ejercido influencia alguna; lo cual prueba que dicha elevacion, cuando la tension permanece la misma y la compresion de los ligamentos se hace mas fuerte, debe depender de una circunstancia accesoria, y que cuando esta circunstancia deja de obrar, las variaciones que puede sufrir la compresion sin salir de ciertos límites, no influyen en la altura del sonido. Un ejemplo de la primera especie nos da el experimento siguiente, en el cual la presion sobre los ligamentos, era medida por pesos.

TENSION DE LAS CUERDAS VOCALES.	SONIDOS.	PRESION SOBRE LOS LIGAMENTOS DE CADA LADO.	TENSION DE LAS CUERDAS VOCALES.	SONIDOS.	PRESION SOBRE LOS LIGAMENTOS DE CADA LADO.
0	si_3	6,25 loth, comprendido 0,25 peso del platillo y cordon.	$re_{\frac{1}{3}}$	re_3	4,25 3,75
	la_3	5,75	do_3	si_2	3,25 2,75
	sol_3	5,25	la_2	la_2	2,25
	fa_3	4,75	sol_2	sol_2	1,75

Creo haber notado que la elevacion del sonido á consecuencia de la compresion de las cuerdas vocales sobrevenia siempre, ya cuando esta compresion obraba al mismo tiempo sobre la tension de los ligamentos ó estrechaba mas particularmente una parte de la glotis, disminuyendo por esta causa la longitud de las partes vibrantes, ya cuando aumentaba la presion del aire. Cuanto mas considerable es la presion sobre los ligamentos, mas precision hay en general de reforzar la presion del aire para obtener los sonidos; pero de aquí resulta que el tono se hace mas alto. Hubo ciertos casos en que se elevaron los sonidos, á pesar de no haber cambiado nada la presion del aire medida con el manómetro, mas entonces este efecto no parecia depender de una de las causas que he indicado. Sea de esto lo que quiera, he conseguido algunas veces sostener los sonidos á la misma altura aumentando la compresion de los ligamentos, aunque la presion media del aire permaneciese la misma, como anunciaba el manómetro. El sonido permaneció el mismo en cuanto á la elevacion en un caso en que la compresion fue subiendo gradualmente desde el minimum hasta seis loth de cada lado; mas lo que hace siempre necesaria una fuerte compresion para producir los sonidos elevados de pecho, es que aumentando la presion del aire por el so-

plo, se obtienen sonidos mucho mas altos cuando la glotis se encuentra estrechada que cuando no lo está. No basta la tension, como he demostrado, para producir los sonidos elevados de pecho. Quanto mas tensas estan las cuerdas vocales mas fáciles de producir son tambien los sonidos de falsete en que el sonido permanecia el mismo en cuanto á la elevacion; no cambiando la tension, sino aumentando la compresion de las cuerdas vocales, el sonido variaba mucho relativamente á su claridad segun el grado de esta compresion. A cierto grado de presion, los sonidos de pecho eran tan llenos como podian serlo; y si se llevaba mas adelante la presion, perdian de su volúmen y tomaban un carácter de debilidad que podemos darles igualmente en nosotros mismos por medios artificiales.

Por este aspecto, pues, el órgano vocal del hombre tiene una nueva condicion que le permite variar sobremedera la claridad de sus sonidos, sorprendiéndonos el poder que tiene de llevar tan adelante la apreciacion fisica de los medios que admiramos en la modulacion de los cantores. Este órgano puede dar los mismos sonidos fuertes y agudos con las variaciones mas diversas; el estudio y el ejercicio dan al cantor el conocimiento de todos estos medios, y le enseñan á emplearlos de modo que no produzcan sino los sonidos mas agradables.

Todos los hechos que nos han ocupado hasta aquí, pueden observarse en laringes que solo tienen los ligamentos superiores y ventrículos de Morgagni. De este modo es como deben hacerse primeramente los experimentos en toda su estension, porque es preciso conocer los efectos de todos los elementos unos despues de otros antes de estudiar la parte que toman en el mecanismo considerado en conjunto.

No me he olvidado de indagar la parte que toman las paredes elásticas situadas encima de los ligamentos inferiores de la glotis.

El primer paso consiste en hacer experimentos en laringes que todavía tengan la epiglotis, los ligamentos superiores y ventrículos de Morgagni, siguiendo la misma marcha que en los anteriores. Hay que atar entre sí las bases de los cartilagos aritenoides y fijarlas como pared posterior de la laringe, y no tarda uno en convencerse de que los sonidos son absolutamente los mismos en cuanto á la claridad y de que ningun elemento nuevo hay que descubrir: para obtener la

voz de pecho es igualmente necesario aproximar las cuerdas vocales una á otra por una presión lateral. Me he preguntado á mí mismo si los ligamentos superiores de la glotis que están unidos á los inferiores por la cubierta elástica de los ventrículos tendrían quizá en tal relación de compensación con las cuerdas vocales que por ejemplo las tensiones desiguales de los unos y los otros se compensasen mutuamente, porque la teoría indica, que un sonido correspondiente á la tensión de los ligamentos inferiores, se hace mas grave por una tensión menor de las superiores, y *vice versa*. Para aclarar este punto he determinado en una misma laringe, fijar primeramente el sonido mas elevado que es posible obtener por el maximum de la tensión cuando existen los ligamentos superiores y los ventrículos de Morgagni, y en seguida el que se obtiene despues de la ablacion de estas partes, resultando que los ligamentos superiores no modifican sensiblemente la elevación del sonido. Lo que prueba ya que ni ellos ni los ventrículos son necesarios á la formación de la voz es que faltan en muchos mamíferos, especialmente en los rumiadores; pero deben contribuir á reforzarla, y se los ve así como á las paredes de los ventrículos vibrar fuertemente sobre todo en la voz de pecho; la que por otra parte les es comun con todas las membranas elásticas de la laringe y con el ligamento crico-tiroideo. Los ligamentos superiores no dan sonidos propios sino cuando están muy aproximados. La epiglotis hace oír igualmente zumbidos cuando se la coloca en cierta situación con relación á la corriente de aire, cuyos sonidos difieren mucho de los de los ligamentos inferiores.

La depresión de la glotis cambia mucho el timbre de la voz, pero apenas altera su elevación. Es preciso sin embargo, al bajar este apéndice no ejercer tensión sobre las membranas elásticas que tienen conexiones tanto con él como con las cuerdas vocales; de lo contrario, el sonido se eleva fácilmente. Para librarse de todo error, lo mejor es cortar la epiglotis, cogerla con unas pinzas y servirse de ella para cubrir y descubrir alternativamente la entrada de la laringe. En los estrangules de goma elástica un obturador colocado delante de las cuerdas, eleva el sonido con suma facilidad, como he demostrado en otra parte, y segun la teoría deberíamos esperar aquí un efecto semejante de parte de la epiglotis; sin embargo, casi nunca he podido reconocer un

cambio apreciable; por lo demás la ablacion total de la epiglottis no cambia la voz de un modo esencial; este apéndice no impide que se eleve el sonido cuando el soplo es mas fuerte en el hombre vivo; la estrechez del istmo superior de la glottis por medio de la lengua y con el auxilio de la epiglottis, cambia el timbre de la voz hasta hacerla gangosa y permite imitar la voz de los animales, asi como la propia de cada individuo.

En los esperimentos sobre la produccion de la voz de pecho por laringes preparadas segun el modo que he indicado, se producen sonidos de pecho que tienen perfecta semejanza con los de la voz humana; aunque todas las partes situadas por encima de la glottis hayan sido estirpadas, he practicado tambien otros en los cuales conservaba no solamente los ventriculos de Morgagni, los ligamentos superiores y la epiglottis, sino tambien la cámara posterior con la nariz y la boca; tampoco he podido descubrir aquí ningun elemento nuevo, pero el timbre se hace mas semejante todavía al de la voz humana, siendo tanta la semejanza, que se consigue por medio de las disposiciones que voy á indicar, que no hay la menor diferencia entre la máquina y el cuerpo vivo. Estos esperimentos presentan muchas mas dificultades que los anteriores. Trátase igualmente de fijar la laringe y de someterla á las medidas y peso.

He aquí mi procedimiento:
Corto la cabeza de un cadáver de modo que todo el aparato vocal y una parte de la traquearteria queden adheridos á ella; separo entonces las vértebras del cuello como para la preparacion de la faringe, pongo al descubierto por delante la laringe, abro por detrás de los cartilagos aritenoides y atravieso estos últimos con una aguja fuerte á la cual los fijo; hago pasar la ligadura practicada en la faringe, en seguida recodo esta última y la cierro con una ligadura en su estremidad inferior. Entonces suspendo la cabeza y fijo como de ordinario la pared posterior del órgano vocal á un pilar, atando especialmente la parte de esta pared formada por los cartilagos aritenoides por medio de la ligadura de que antes he hablado. Hecho esto, corto el cartilago tiroides hasta la insercion de las cuerdas vocales, sin herir la membrana mucosa de la laringe, y ato á la porcion restante de este último cartilago un cordon cuyo

uso es distender horizontalmente los ligamentos inferiores de la glotis, y que hago pasar sobre una polea.

En estos experimentos se ve con qué fuerza vibran durante los sonidos de pecho la cuerda elástica de los ventrículos de Morgagni y la membrana obturatriz que está tirante entre el hioides y la laringe. Y aun se pueden, haciendo mover los labios, formar algunas consonantes, la *m* sale muy fácilmente como también la *a*, dando el cambio necesario á la abertura de la boca.

Una circunstancia que merece ser mencionada también es la estension de la voz en las laringes preparadas, comparada con la de la voz de los hombres vivos. Ya he dicho que estirando más los ligamentos se pueden obtener en las laringes de individuos del sexo masculino, sonidos mucho más agudos de lo que comunmente es capaz de producir la voz del hombre. En los experimentos que he referido fue posible llegar por la tension de los ligamentos más allá de dos octavas, desde *la* \sharp_2 hasta *re* \sharp_5 . No debe creerse sin embargo que esta sea una contradicción entre el experimento practicado sobre partes muertas y la naturaleza viva. Este registro de *la* \sharp_2 á *re* \sharp_5 , es seguramente en parte mucho más elevado que el de la voz de los individuos del sexo masculino; pero la laringe preparada daba también los sonidos más graves de la voz del hombre por una relajación de las cuerdas vocales, todavía mayor que la que experimentan en el estado en que parecen no estar tirantes. Como el ligamento crico-tiroideo, que es elástico, tira también del caballete anterior aun cuando las cuerdas vocales están flojas al parecer, no puede obtenerse naturalmente el maximum de relajación sino por una tracción en sentido inverso, aproximando el cartilago tiroides á la pared posterior de la laringe por medio de un cordón cargado de peso, movimiento que puede ejecutar el músculo tiro-aritenoideo. Si al mismo tiempo las cuerdas vocales experimentan una compresión lateral que este músculo ejerce igualmente sobre ellas durante la vida, se obtiene sin dificultad *do*₂ y *si*₁, y por consiguiente se llega á los sonidos más graves de la voz humana: esto es lo que prueba un experimento que he referido anteriormente, en el cual la laringe daba con un peso de 3 loth, que tiraba de arriba

102 VOZ, ORGANO VOCAL EN EL HOMBRE Y LOS ANIMALES.
 abajo para distender las cuerdas vocales mi_3 , y con un peso de 37 loth $re_{\frac{1}{3}}$. La relajacion del estado que producía mi_3 fue producida por un cordon estendido desde la cisura del cartilago tiroides á la parte posterior, pasando sobre una polea. Cuanto mas se cargaba dicho cordon de peso mas graves se hacian los sonidos.

SONIDOS.	PESO PARA RELAJAR LAS CUERDAS VOCALES.	SONIDOS.	PESO PARA RELAJAR LAS CUERDAS VOCALES.
$re_{\frac{1}{3}}$	3710 loth.	mi_2 y sol_3	2 2710
re_3	172	Uno desp. ^s de otro.	
$do_{\frac{1}{3}}$	1	mi_2	2 4710
do	1 3710	$re_{\frac{1}{2}}$	2 6710
si_2	1 4710	re_2	2 8710
$la_{\frac{1}{2}}$	1 172	$do_{\frac{1}{2}}$	3 5710
la_2	1 7710	si_1	3 3710

La misma laringe cuyos sonidos podian llegar hasta $re_{\frac{1}{3}}$ por tension, era susceptible por el maximun de relajacion bajarlos hasta si_1 . Entre todos mis esperimentos ninguno he hallado mejor que este. Así que, todos los sonidos de la voz de los individuos masculinos pueden imitarse con la laringe desprendida del cuerpo y aun se va mas lejos en altura. Si la laringe del hombre vivo no sube tanto, la esplicacion tan sencilla como verosímil de este fenómeno, es que los músculos no son capaces de producir una tension tan considerable como la que se obtiene en el cadáver con pesos.

He probado que el órgano vocal del hombre y de los mamíferos es un estrangul de lengüetas membranosas. Antiguamente se tenia una idea muy limitada de los estran-

gales suponiendo que era absolutamente necesario que la corriente del aire fuese interrumpida completamente á cada doble impulsión ó vibración de este aire. El mismo instrumento de lengüetas membranosas conserva el carácter de sus sonidos, ya sea completa ó incompleta la interrupción, y las vibraciones de una lámina membranosa tienen el mismo carácter cuando se verifican libremente en el aire como he demostrado igualmente. Las condiciones que exige un instrumento de estrangul, además de la columna de aire covibrante y que modifica el sonido de la lengüeta, la cual puede existir ó no, son tres: 1.^o una lámina de metal, de madera, ó de membrana, susceptible de ponerse en vibración, y que puede ser ancha ó estrecha ó simplemente una cinta análoga á una cuerda; 2.^o una corriente de aire que segun la fuerza del choque modifica la elevación del sonido primitivo de la lámina; 3.^o una interrupción parcial ó total de la corriente de aire entre las vibraciones ó los choques. La interrupción parcial de la corriente de aire se verifica aun cuando se hace sonar libremente al aire á una lengüeta membranosa por una corriente lijera de aire que la ponga en movimiento; porque esta corriente la empuja, y volviendo sobre sí misma en virtud de su elasticidad, la interrumpe parcialmente hasta que es empujada de nuevo. Cuanto mas completa es la interrupción de la corriente de aire mas claros son los sonidos del estrangul.

He dado á conocer que las vibraciones de la lámina contribuyen tanto como las interrupciones de la corriente de aire á la claridad de los sonidos de los instrumentos de estrangul. En los instrumentos de esta clase que tienen lengüetas membranosas, el timbre particular del sonido de la membrana, que es muy diferente del del aire solo, depende mucho de las vibraciones de la lengüeta. Puede uno convencerse por esperimentos directos de la parte que en los sonidos de los instrumentos de estrangul, toca á la lengüeta y del que pertenece al aire. Cuando se tapan los oidos con papel mascado, y se tiene una varilla aplicada al tapon, dicha varilla es apta para recibir perfectamente las vibraciones de partes sólidas y para transmitir las á las partes sólidas del órgano auditivo con las cuales comunica. Pero en su cualidad de cuerpo sólido no es tan propia para conducir las vibraciones del mismo aire. Y así, sirviéndose de la varilla como de un conductor entre un estrangul

vibrante y el tapon del oído, se percibirá en las vibraciones del mismo estrangul. Si se emplea una laringe artificial de lengüeta de goma elástica, se aplica esta varilla al anillo ó al tubo sobre el cual estan estendidas las lengüetas: si se opera sobre una laringe natural, se la pone en contacto con un cartílagó; con lo cual se perciben muy bien las vibraciones. Por el contrario, sin la varilla y el tapon en el oído las vibraciones del aire del instrumento son las que mejor se oyen, porque el aire es el mejor conductor para las vibraciones de este fluido.

En un experimento comparativo para oír con una varilla las covibraciones del tubo de una flauta, instrumento en que solo el aire produce el sonido, se percibe tambien este último, pero débil proporcionalmente, y en todos los casos se le oye con menos fuerza que las vibraciones de las partes sólidas de un instrumento de estrangul.

Sonidos bucales producidos por el hombre.

El hombre puede producir tambien un gran número de sonidos con su boca. Prescindo aquí de todas las especies de ruidos que son posibles en esta cavidad y de que me ocuparé mas adelante al tratar de la palabra; solo voy á hablar ahora de simples sonidos. En la parte anterior lo mismo que en la posterior de la cavidad oral pueden producirse sonidos análogos á los de los tubos de boca, y además hay en esta cavidad un registro de sonidos á los cuales da origen el aire.

1.º Sonidos bucales producidos por membranas vibrantes.

Colócanse aquí los sonidos roncós que se producen en el velo del paladar y en los labios.

1.º Sonidos producidos en el velo del paladar.

Los verdaderos sonidos del velo del paladar son los que caracterizan la escreacion y el ronquido. En ambos casos se ponen en movimiento los pilares por la corriente de aire á la manera de las lengüetas membranosas. Los sonidos salen tanto mas fácilmente quanto mas contraídos estan los pilares, y pueden tener lugar cuando la boca está abierta y la nariz cerrada y *vice versa*.

La lengua vibra del mismo modo cuando se aplica al paladar para formar la letra *r*; pero sus vibraciones son

demasiado cortas para producir un sonido, dando solo lugar á un ruido.

2.^o Sonidos producidos en los labios.

El aire comprimido al atravesar los labios produce, haciendo vibrar la totalidad de estos apéndices ó solo su borde, sonidos cuya elevacion varía segun su grado de tension. Si coloco un tubo delante de la boca y le prolongo, la elevacion del sonido labial sufre una modificacion lo mismo que sucede en semejante caso al sonido de las lengüetas de goma elástica.

Los sonidos que se producen soplando entre dos dedos aproximados uno á otro son de la misma especie.

2.^o Sonidos de la boca producidos por la resonancia del aire.

A esta categoría pertenece el silbido con los labios, el cual ha sido atribuido á las vibraciones de estos órganos; mas no cuesta mucho el convencerse de que estos permanecen en reposo mientras se ejecuta, porque no solo se los puede tocar con el dedo y abrirlos, sino tambien, como lo ha hecho Cagniard-Latour, se pueden producir los mismos sonidos con un disco de carton atravesado en su centro cogido entre los labios. Tambien obtengo yo un sonido grave tomando entre mis labios un disco de marfil y aspirando el aire al través de una abertura de un diámetro de cuatro líneas, que presenta en su parte media. La teoría de Cagniard-Latour me parece muy exacta: el agente productor del sonido es el aire que frota contra las paredes del conducto; sábese por otra parte que el frote de los cuerpos produce sonidos cuando es intermitente. Tales son los que se obtienen frotando con el dedo una superficie lisa, por ejemplo el borde de un vaso. El aire da lugar á un sonido por frotacion cuando atraviesa una hendidura estrecha de un cuerpo duro cuyos bordes no pueden asemejarse á los labios de un estrangul. Todavía no se sabe bien cómo se produce aquí la intermision del frote, pero el hecho es indudable. El sonido que se escita frotando el cristal es debido evidentemente como el que depende de la accion de un arco, á interrupciones periódicas del frote por la adhesion del dedo, lo mismo que cuando se fija este órgano sobre una mesa y se le impele hácia delante, el movimiento se encuentra interrumpido de un modo periódico; pero el que el movimiento del aire que pasa por los bor-

des de una hendidura sea interrumpido periódicamente por el frote es una cosa mas fácil de presumir que de demostrar.

La posibilidad de que el aire se adhiera al agua nos la prueban de un modo evidente las láminas frías que el viento escita en la superficie del líquido.

Cagniar-Latour me parece no haber tenido bastante presente la cavidad oral en la esplicacion que ha dado del silbido con los labios. Procura refutar la analogía con un tubo de boca; pero esta analogía me parece muy grande. Savart ha demostrado que tambien se pueden producir sonidos con la embocadura de un tubo de boca, de suerte que rigurosamente hablando en estas especies de tubos es la embocadura ó el labio quien escita el sonido y determina al aire á vibrar, pero la vibracion del tubo cambia por la columna de aire. Parece que sucede lo mismo en el silbido con la boca; la causa de la vibracion se encuentra en la embocadura de los labios ó del disco de corcho, y consiste en un frote; pero esta vibracion hace vibrar la columna de aire de la cavidad oral por cuyo número de vibraciones es á su vez determinada. El efecto difiere tambien en que en el hombre que silba el aire entra en movimiento en el tubo y en la embocadura á un mismo tiempo, de manera que forma una corriente progresiva de aire, mientras que en un tubo de boca no forma corriente fuera del tiempo de las vibraciones sostenidas.

Esta esplicacion se concilia muy bien con los hechos que el experimento nos suministra respecto al cambio de los sonidos del silbido por la boca. En efecto, estos sonidos cambian:

1.º Cuando se sopla mas fuerte sin variar la abertura ni la situacion de la lengua; que es precisamente lo que sucede en los tubitos de boca de dos pulgadas y menos de longitud cuya elevacion se puede aumentar considerablemente sin observar los intervalos.

2.º Cuando se cambia la abertura de los labios, resultando un efecto semejante al que produce una abertura mayor ó menor de la embocadura de los tubos de boca.

3.º Cuando se varia el tubo ó la cavidad oral. Los sonidos se hacen mas graves cuando se retira la punta de la lengua hácia atrás, y mas agudos cuando se la lleva hácia adelante. Este cambio se parece á los que se producen mo-

dificando la longitud y amplitud de los tubos de boca, y paralelamente á los que se observan en la trompa. En el silbido las vibraciones son debidas al frote del aire durante su paso al través de la abertura de los labios, en la trompa provienen de la vibracion de la lengüeta ó de la aspiracion del aire; en uno y otro caso el sonido producido difiere en igualdad de circunstancias en razon de la cavidad oral y de la situacion de la lengua.

Voz de los mamíferos.

Las causas de la voz en los mamíferos son absolutamente las mismas que en el hombre en cuanto á los puntos esenciales, siendo aplicable á estos animales todo lo que hemos dicho mas arriba. El sonido le suministran los ligamentos inferiores de la glotis; y una vez conocida la causa de los sonidos graves y fuertes por la relajacion de las cuerdas vocales del hombre, no sorprende el que estos ligamentos den los sonidos graves de los animales de cuernos &c.; en efecto se los ve vibrar en los experimentos practicados sobre la laringe del buey, y su sonido es grave y fuerte cuando estan relajados. Los ligamentos superiores de la glotis y los ventrículos de Morgagni faltan en los rumiadores, lo cual prueba que no son necesarios para la produccion de los sonidos graves (1). Los solípedos tienen un ligamento superior de la glotis; y en el caballo la membrana mucosa suministra tambien por debajo de la epiglotis un pliegue semicircular que va de un ligamento á otro, pliegue que no existe en el asno ni tampoco en el macho (2). El caballo tiene debajo de él una cavidad infundibuliforme y encima otra cavidad que es mas espaciosa en el asno y el macho, los cuales tienen grandes ventrículos de Morgagni; los del caballo presentan aberturas estrechas, y mas aproximadas á la epiglotis (3). El cerdo tiene tambien un estenso saco membranoso por debajo de la epiglotis. Pertene-

(1) *Cons.* las investigaciones de Lehfeldt sobre la laringe de muchos mamíferos, en la obra precitada.

(2) GURLT, *Vergleichende Anatomie der Haussauegethiere*, t. II, p. 167.

(3) GURLT, *loc. cit.*, p. 167.

ciendo la anatomía de la laringe de los mamíferos á otros órdenes, ha sido espuesta tan completamente por Brandt (1), que puedo remitir al trabajo de este anatómico.

En los monos la parte principal del órgano vocal no cambia, pero las partes resonantes ofrecen con frecuencia disposiciones particulares. Así que, el orangutang tiene un saco entre el cartilago tiroides y el hioides. Cuvier ha encontrado tambien un saco membranoso por debajo del hioides del mandril, del papion y del macaco; pero el mayor aparato de resonancia es el de los monos ahulladores del Nuevo Mundo, que consiste en una dilatacion de su hioides y de su cartilago tiroides, en sacos laterales que parten de los ventrículos y en sacos laringo-faríngeos cuya descripcion ha dado Brandt. En estos animales la epiglottis tiene una forma especial y un grandor considerable. En los sapayos, como ha notado Cuvier, el agrandamiento de los cartilagos de Wrisberg, su forma y la de la epiglottis dan origen á un conducto encorvado en forma de S. La voz de estos cuadrumanos es sibilante. Brandt ha entrado en estensos pormenores acerca de los cartilagos cuneiformes, que muchas veces son tan grandes en los mamíferos y acerca de varios cartilagos particulares que efrece su laringe.

Voz de los reptiles.

Entre los reptiles deben tomarse en consideracion el cocodrilo, las ranas y los sapos por el aspecto de la voz que en ellos nace en la laringe como la de los mamíferos.

La laringe del cocodrilo tiene tres fuertes cuerdas vocales que ofrecen debajo de sí un ventrículo espacioso en cada lado, y estan situadas sobre una tira cartilaginosa arqueada, cuyas estremidades anteriores y posteriores se hallan fijas por delante y por detrás al contorno superior de un cartilago anular. Estos labios gruesos, cuando se sopla por la traquearteria, entran en vibracion del mismo modo que las cuerdas vocales en el hombre. Los sonidos que he obtenido de este modo en la laringe del *Alligator lucius* se parecen á los de falsete de la voz humana.

(1) *Diss. de mammalium quorundam præsertim quadrumanorum vocis instrumento.* Berlin, 1826.

En la rana macho las cuerdas vocales son dobles: la inferior forma un pliegue en el contorno exterior de la entrada del bronquio en la laringe, y la superior, que es la principal, forma una grande eminencia en la cavidad laríngea y se halla estendida de delante atrás sobre el grande cartilago aritenoides, que tiene la forma de una concha. Este no es un simple pliegue transversal: la porcion elástica del ligamento se encuentra en el borde libre del pliegue y forma una chapa con el borde semicircular superior é inferior: las caras internas de estas chapas ó ligamentos encierran las glotis, y su contorno exterior está unido por el pliegue de la membrana mucosa con la pared esterna de la laringe, especialmente el cartilago aritenoides. Los movimientos de este último cambian la posición de los ligamentos relativamente á la corriente de aire. La pared inferior que une las cuerdas vocales con la pared lateral de la laringe está tan sostenida por un frenillo perpendicular que dichas cuerdas no pueden subir demasiado. Algunas especies de ranas tienen en el ligamento vocal un cartilago pequeño, cuya figura ha dado Mayer segun el *Bufo lazarus*: no haciendo mas que repetir lo que Savart observó en muchas aves cantoras.

Me ha sido bastante fácil sacar sonidos agudos y graves de las cuerdas vocales de la rana, soplando por los orificios inferiores de la laringe; y hasta el aire libre los producía algunas veces en laringes separadas del cuerpo. Los sacos laríngeos de los machos, que comunican con la boca por las aberturas, no puede hincharlos el animal sino cuando tiene cerradas la boca y las narices. No depende solamente de esto el graznido, porque la abertura que conduce á los sacos no encierra ninguna parte que pueda vibrar con facilidad por la insuflacion de dichas cavidades. Por lo demás, los sacos laríngeos permiten á la rana macho formarse su voz en la laringe cerrando la boca y nariz, porque el aire que resuena al pasar cerca de las cuerdas vocales, puede entrar en el interior. Cuando sacamos nuestra voz con fuerza, cerrando la boca y tapándonos las narices se hinchan las mejillas.

El órgano vocal del pipa macho ofrece una anomalía particular, en que sus sonidos dependen de la vibracion de cuerpos sólidos. Falta la tráquea, como sucede generalmente en los batracianos en general; y los bronquios salen

inmediatamente de la laringe, esta forma una gran bolsa cartilaginosa descrita por Rudolphi, que recibe el aire por delante de la glotis; en el interior de dicha bolsa se encuentran dos porciones cartilaginosas, casi tan largas como ella, y cuya descripción ha dado Mayer (1). Estas porciones no constituyen unos badajos libres y movibles como el de una campana, porque su estremidad anterior está fija por una articulación; la posterior, libre, se halla precisamente enfrente del orificio de cada bronquio. El borde de la abertura del bronquio en la bolsa, presenta una lengüeta membranosa delgada, que es bastante notable hacia fuera. Dichas prolongaciones obran como lengüetas en forma de varillas, ó como un diapason, mientras que los órganos bucales ordinarios son membranosos. Cuando fijamos alguna de ellas por una de sus estremidades, y soplamos sobre el borde de la otra con un tubo pequeño, se obtiene una especie de zumbido siempre que el experimento sale bien. Sin embargo, es menester también tener en consideración el borde membranoso que guarnece la entrada de la glotis, y que puede entrar con tanta más facilidad en vibración, cuanto que las prolongaciones tapan parcialmente el orificio de los bronquios. Es fácil también que entren en vibración dichas prolongaciones por su estremidad anterior, en el punto que sirven de límite á la glotis por su borde prominente; á pesar de todo, no existen en dicho punto cuerdas vocales. Cuando Cagniar-Latour me enseñó muchos instrumentos sonoros que habia inventado, vi entre ellos uno que me llamó mucho la atención por su analogía con el órgano vocal del pipa. Consiste en un tubo cerrado en una de sus estremidades por una chapa en la que se encuentra una hendidura. Dentro de dicho tubo hay una lengüeta metálica fija sobre un travesaño, y cuya estremidad libre está próxima á la hendidura de la chapa. Entra en vibración la lengüeta soplando por la hendidura. Este aparato no necesita de más explicaciones.

(1) *Nov. act. nat. cur.*, XII, P. II, p. 541.

VOZ DE LAS AVES.

Organo vocal de las aves.

Tomaré por guía en la esposicion anatómica las investigaciones hechas por Cuvier y Savart; pues las discusiones modernas, en especial las posteriores á Savart, solo nos conduciría á hechos demasiado conocidos.

La laringe inferior, órgano vocal de las aves, situado en la bifurcacion de la traquearteria, se manifiesta generalmente hasta en el exterior por la reunion de muchos anillos de la traquearteria que constituyen lo que se llama el tambor. El último de estos anillos forma dos prominencias, una anterior y otra posterior, cuyos vértices se hallan colocados debajo del borde del anillo. Las dos prominencias estan en la mayor parte de aves cantoras reunidas por un travesaño huesoso, que divide el orificio inferior de la tráquea en dos partes, en las que desembocan los bronquios. Pueden existir pliegues membranosos tanto en el contorno exterior como interior de las aberturas bronquiales de la traquearteria. En ciertas aves, como el ganso, produce el sonido un pliegue tenso al lado esterno del borde inferior del tambor; en efecto, entre la estremidad de este y el primer anillo traqueal, es membranosa la traquearteria; esta membrana se halla muy tensa en toda la parte que se inserta en el borde inferior del tambor, en razon á que tiran de ella fuertemente las apófisis anterior y posterior del borde interior del tambor, mas adelante está relajada entre este y el primer anillo de la tráquea; así que, el órgano vocal del ganso es la parte tensa de la membrana por la estremidad inferior y borde esterno del tambor. Aun despues de separados los bronquios, permanece dicha membrana situada en la estremidad inferior del tambor, y se obtienen sonidos soplando por la parte superior de la traquearteria. Esta membrana no forma por delante mas que una lijera prominencia, llamada pliegue ó ligamento vocal. En el ganso y en otras muchas aves el borde interno de las aberturas bronquiales de la tráquea carecen de ligamento vocal y de pliegue; pero segun las observaciones de Savart, este que él llama membrana semilunar, existe en las aves cantoras. Este autor le ha visto muy desarrollado en el ruiseñor,

cumcea, canario, pardillo, gilguero, verderon, pinzon, pitirrojo, pollo, reyezuelo, alondra, golondrina, troglodita y el pinzon de los Ardenes; falta en el pio-gordo, gorrion, reyezuelo, avion, vencejo, lechuza &c.

En las aves capaces de aprender á hablar, el cuervo, la picaza, corneja, grajo, estornino, tordo, y mirlo, tiene mayores dimensiones. En la entrada de los bronquios se hallan tambien segun Savart, dos cuerdas vocales, una esterna y otra interna; igualmente los tres primeros anillos tienen una configuracion especial, y cuya figura y forma la describe Savart exactamente. A lo largo de la cara interna del tercer anillo, se encuentra, en las aves cantoras, un cordón membranoso, formado de una sustancia particular elástica, á lo que parece, y que es el labio externo de la glotis. El borde externo de los anillos, y en especial el tercero, puede ascender, descender y describir arcos, cuyas estremidades sirven por esto de puntos fijos, de modo que el cordón ó tendón de que acabamos de hablar, forma el eje de los movimientos de cada cartilago. La pared de la glotis, ó sea su labio interno, está formada por delante, en las aves cantoras, por un cartilago pequeño (cartilago aritenoi-deo), y por unos rodetes de la misma sustancia que la que se halla en el labio externo, estos rodetes estan engastados en una pared membranosa (*membrana timpaniforme* de Cuvier) que se estiende desde los cartilagos de los bronquios hasta el travesaño óseo; y como esta membrana se continúa con el repliegue semilunar, influye en que este se halle tenso. *La membrana timpaniforme* es sumamente pequeña en muchas aves, tales como en los gansos y patos, de modo que los anillos de sus bronquios tardan poco en ser completos. Segun Savart, en las aves cantoras se estiende dicha membrana hasta el cuarto ó quinto cartilago de los bronquios, y en los susceptibles de aprender á hablar tiene mas longitud y la pared interna de los bronquios está menos cubierta de anillos cartilaginosos. Los músculos de la laringe inferior pueden llamar hácia sí al primer cartilago de bronquios, ya aproximándolos los labios de la glotis, ya separándolos uno de otro. Cuvier divide las aves en muchas clases, segun el número de estos músculos. En unas no hay músculos especiales de la laringe inferior, y la traquearteria no se puede acortar por la acción de arriba abajo que ejercen sobre ella los músculos esterno

é ipsilotraqueales. Las aves que pertenecen á esta categoría son los ánades y patos entre los palmípedes, y tambien los galináceos. Entre los palmípedes, los ánades y patos tienen dilataciones en la laringe inferior, y esta se distiende en los machos, formando un gran tambor que no es simétrico, en parte huesoso y en parte membranoso que produce, á no dudarlo, el timbre especial que tienen los machos de dichas aves. Cuéntanse muchos grupos entre las laringes guarnecidas de músculos especiales. Las aves de rapiña, las zarcetas, codornices, becadas, caballeros, gallinas de agua, avoceta, viotas, cuervo marino, martin-pescador, chupa cabras, garza real, alcaravan y cuclillo, solo tienen un músculo para tirar de los semi anillos cartilagosos hácia la tráquea. Todas estas aves tienen una voz casi semejante: hay cinco pares de músculos en las cantoras y tres solamente en el papagayo, sobre cuya laringe pienso insistir.

La glotis es simple en el papagayo y no presenta el travesaño medio que hay en las demás aves. Humboldt habia ya dibujado una figura de la laringe inferior del *Psittacus ararauna*. Las partes esenciales del órgano vocal son las siguientes: en los bordes laterales y cóncavos del tímpano, se encuentran dos cartilagos ó huesos semilunares, cuyos vértices estan algo encorvados en algunos papagayos; otro cartilago semilunar, situado enfrente de este, forma el principio del bronquio; entre los dos se ve una membrana que está tirante en toda la parte comprendida en el círculo superior. La membrana que reúne este con el inferior forma un ángulo saliente hácia dentro, y los dos ángulos del lado opuesto cierran la glotis. Cuando se tira del bronquio de abajo arriba el ángulo se hace mas agudo, y forma prominencia hácia dentro; y como se aproximan los órganos de ambos lados, se estrecha la glotis. Dos músculos producen este movimiento del bronquio. Cuando ambos ángulos se han aproximado todo lo posible, la glotis se convierte en una hendidura muy estrecha. La dilatacion de esta se verifica por un músculo que tira hácia dentro y afuera de los cuadros semicirculares superiores de la membrana. Estos cuadros semicirculares superiores forman con el borde inferior de la laringe una especie de falsa articulacion, que se mueve de fuera adentro y en sentido inverso, como dos ventanas; las membranas tensas del interior siguen este

movimiento. El borde que el aire hiere inmediatamente es el ángulo comprendido entre la membrana tensa del batiante semicircular superior y la membrana floja hasta el primer cartilago semicircular bronquial. En la cara interna del borde de este ángulo, se observa en algunos papagayos una hojita membranosa que el viento hace vibrar la primera, despues de lo cual se comunica la contraccion á las membranas semicircular superior é inferior que forman el pliegue anguloso.

La traquearteria de las aves forma con el pico un tubo añadido delante de la laringe. Puede acortarse esta notablemente por la aproximacion de los anillos, y aun por introducirse unos en otros. La traquearteria de algunas aves tiene mas longitud que el cuello en razon de sus inflexiones, tales son las del gallo, penelopes, garzas, cigüeñas y grullas, especialmente los machos. En el cisne silvestre la traquearteria describe una circunvolucion dentro de la sustancia del esternon. Puede consultarse la obra de Cuvier acerca de la descripcion particular de dicho órgano. Divide las traquearterias en cuatro órdenes: cilíndricas, cónicas, las que se ensanchan de un modo rápido, y las que lo ejecutan y se estrechan por grados insensibles. La garza y el cuervo marino tienen tráqueas cónicas que se ensanchan poco á poco por el lado del pico. La tráquea lo ejecuta de un modo rápido en la doble cerceta y tambien el kamichi, segun Humboldt. Encontramos dilataciones graduales en el género de los patos y gansos machos.

No me he ocupado aquí mas que de los detalles de la anatomía comparada de los órganos vocales que eran absolutamente necesarios para la inteligencia de la parte fisiológica.

Teoría de la voz de las aves.

Cuvier ha demostrado que la voz de las aves se forma en la laringe inferior. Ha visto que un mirlo, una picaza y un ánade conservan la facultad de graznar despues de la seccion de la traquearteria; tapó la parte superior de esta última y ligó el pico sin que variase el graznido; llegó hasta cortar el cuello de un ánade, no dejando por eso de producir algunos. A estos esperiimentos que dan siempre el mismo resultado, vienen á reunirse los que se han practicado en la laringe inferior separada del cuerpo. Cuando se sopla

en los bronquios de un pato se produce exactamente su voz natural. Otro tanto sucede soplando en la traquearteria del ánade ó del pato; pueden asimismo separarse los bronquios, y á pesar de esto, con tal que la porcion de la membrana bronquial, que se halla muy tirante junto al borde inferior del tambor, subsista todavía, se obtienen sonidos. Segun la teoría de Cuvier, la prolongacion y relajacion de la membrana timpaniforme hacen los sonidos mas graves, su contraccion y tension mas agudos. A estas dos modificaciones se reunen los cambios de su longitud y las diferentes velocidades que resultan del aire; pero mientras que no exista mas que la lengüeta de variacion y la longitud de la tráquea y su orificio superior subsistan los mismos, las variaciones de los sonidos se limitan á los armónicos de los graves. Así, llamando do_2 al sonido fundamental producido por la mayor prolongacion y relajacion de la lengüeta, el ave no podrá dar acortándola mas que la octava, la quinta de esta octava, la doble octava, su tercera y su quinta, la triple octava, y así sucesivamente.

Esta opinion está basada en un error; porque las membranas tensas en un solo sentido cambian de sonido en razon inversa de su longitud, y directa de las raices cuadradas de las fuerzas tensivas, pudiendo concebirse la tension como comprendida en toda fraccion representada por 1,4, 16; todos los tonos intermedios entre 1 y 2 deben ser posibles tambien, y es solamente los armónicos. Si Cuvier no hubiera tenido presente la tension de los labios, y si solo la longitud de la lengüeta, la comparacion que él hacia del órgano vocal de las aves con un pito, hubiera sido exacta; pero contando con las vibraciones de todos los ligamentos de la glotis, confundió la lengüeta de un estrangul con la de un pito, que cuando se sopla mas fuerte da los sonidos 2, 3, 4, 5, 6. Este autor determinaba los sonidos no armónicos por la contraccion de la traquearteria; así es que dice que acortándola una novena parte, el ave produce en igualdad de circunstancias, el primer tono mas alto del sonido fundamental, pues no hay mas que acortar solo la lengüeta sin variar la longitud de la tráquea para producir todos los sonidos armónicos de este segundo tono. Para subir por este medio de do_1 á do_2 , es menester que se acorte la tráquea cerca de la mitad, cosa que de ningun modo es posible; lo demás se produce por la diversa abertura de la laringe su-

perior, del mismo modo que los sonidos de un pito se hacen mas agudos, á medida que se baja el tapon; de este modo se consigue todavía cerca de una octava en el órgano de las aves. Comparando en seguida este órgano con la corneta incurrió el gran naturalista en el mismo error de confundir entre sí los pitos y estrangules, á los que la corneta pertenece; porque la connozion de la columna de aire está determinada por lengüetas membranosas, es decir, los labios. Pero en un juego de lengüetas no varían los sonidos como en los pitos, en razon de la longitud de las columnas de aire, sino que sus cambios se verifican en virtud de diferentes leyes.

Savart compara el órgano vocal de las aves, como el del hombre, á un pito; por consiguiente, mira al aire como el cuerpo sonoro, propiamente hablando; de modo que la lengüeta colocada en la laringe inferior sería análoga á una boquilla, no á un estrangul. Sin embargo, el autor últimamente citado demuestra que en esta suposicion las paredes de la traquearteria no deben ejercer grande influjo sobre el sonido de la columna de aire. Compara entre sí los sonidos producidos por pitos de igual longitud y latitud, pero de diferentes sustancias. Todos tenían un pie de largo y nueve líneas de diámetro examinados á la luz. El resultado fue que un pito formado con doce hojas de papel encoladas unas sobre otras, y cuyas paredes tenían tres cuartos de línea de grosor, dan un número de vibraciones diferentes del de un pito de madera, y que el sonido puede descender mas de una octava cuando disminuye mucho la rigidez de las paredes, sobre todo humedeciéndolas; entonces las paredes del pito entran en vibracion é influyen á su vez sobre el sonido de la columna de aire.

Savart trataba de destruir la opinion que representa al órgano vocal de las aves como análogo á un tubo de lengüeta, advirtiéndole que el sonido de un estrangul no varía considerablemente cuando se sopla mas fuerte; mientras que segun sus esperimentos, variando la velocidad de la corriente de aire, podemos en la laringe de una ave cantora producir todos los sonidos posibles comprendidos en octava y media, á partir del fundamental. Considero como una cosa totalmente desprovista de fundamento, que el órgano vocal de las aves sea realmente una especie de boquilla; así que, la objecion de Savart no es concluyente; porque he demos-

trado que obrando sobre lengüetas membranosas de goma elástica, podemos elevar los sonidos algunos tonos, por medio de un soplo mas fuerte; que con las lengüetas de túnica arterial se estiende esta elevacion á todos los tonos comprendidos en la quinta; que los sonidos de las cuerdas vocales de la laringe humana pueden elevarse por todos los tonos comprendidos en la quinta; y que un efecto idéntico y aun algo mas notable, se realiza obrando sobre lengüetas metálicas, con tal que estas sean bastante delgadas. He podido subir mas de media octava los sonidos de las lengüetas metálicas delgadas de la trompeta de los niños, y soplando mas fuerte, recorrer todos los tonos en la estension de octava y media. El resultado siempre ha sido el mismo, ya soplase por la abertura de la trompeta ó por el estrangul. Estudiando las lengüetas metálicas se ha concedido demasiado á las de los cañones de órgano, en las cuales la velocidad ordinaria de la corriente de aire no es bastante fuerte para elevar el sonido.

Me parece sumamente difícil, y por ahora casi imposibles, decidir si los sonidos del órgano vocal de las aves se forman de un modo análogo al de los estrangules y órgano vocal humano, ó á los de los pitos, y si vibran los labios de la glotis de las aves, ó bien lo ejecuta la columna de aire por efecto del roce que experimenta al atravesarla. El órgano vocal simple de un gran número de aves, por ejemplo los patos y ánades, es indudablemente un estrangul; no solo se ven aquí las vibraciones del ligamento exterior de la glotis, sino que tambien el sonido tiene la mayor analogía con el que resulta de las vibraciones de las membranas. Otro tanto podemos decir de las aves cuya voz tiene un sonido membranoso, tales como los cuervos, que sin embargo pertenecen ya á las aves cantoras. La longitud de la traquearteria del ánade, no ejerce cuando soplamos por los bronquios, sino una influencia muy limitada en el cambio del sonido, y ya sea este tubo corto ó largo, no por eso deja de obtenerse el característico del animal; pero creo sea una cuestion diferente averiguar si el sonido sibilante de las aves cantoras debe colocarse en este lugar, ó si mas bien se forma de un modo análogo al silbido. La comparacion con un instrumento de caña me parece la mas verosímil; en efecto, no es posible que los labios de la glotis vibren, cuando los músculos obran de un modo determinado,

y aunque parte dependa del roce del aire, debe en todo caso establecerse una compensación entre las vibraciones del aire, y las de los ligamentos de la glotis; pero desde luego el órgano vocal de las aves no pertenece exclusivamente á los pitos, pues contiene además un elemento de los estrangules. Además, cuando por medio de un tubo introducido en uno de los bronquios soplo al través de la laringe sola, es decir separada de la traquearteria, produzco sonidos que no varían cuando sin mudar la fuerza del soplo, coloco un tubo pequeño delante de la laringe. En el ánade la longitud de la tráquea influye muy poco en el sonido de la laringe inferior, como el tubo añadido al del estrangul del hombre. Podemos producir la mayor parte de cambios en los sonidos de la laringe de las aves, modificando la fuerza del soplo, como lo ha demostrado Savart.

La traquearteria puede modificar el sonido como en un pito, cosa que no me parece muy probable, ó como en el cuerpo de un estrangul. Su abertura ó laringe superior puede, estrechándose, hacerle mas grave, como sucede en los pitos y estrangules.

La membrana timpaniforme que vibra violentamente debe influir sobre el sonido de la embocadura, y acomodarse entre el labio interno de la glotis, la membrana semilunar y la timpaniforme.

He producido (1) sonidos muy fuertes con el órgano vocal del *Psittacus ararauna* soplando en la traquearteria ó en los bronquios; en este último caso, los sonidos tienen la mas completa semejanza con el graznido penetrante del papagayo.

Este órgano vocal es el que mas conviene entre los de todas las aves para hacer esperimentos, por ser completamente sólido, así que, podemos á nuestro arbitrio aproximar ó separar de la laringe los batientes que se mueven como en las articulaciones; nada cede aquí, y aun la misma tráquea es muy sólida, pudiendo á pesar de esto, reducirse á la mitad.

En las aves pequeñas cantoras que tienen una voz muy estensa, no es fácil hacer esperimentos sobre cuyo resultado podamos contar, en razon de la gran movilidad de las

(1) Estas consideraciones sobre la voz de las aves, siguen á la Memoria sobre la compensación, traducida anteriormente.

partes, y no saber hasta qué punto depende un efecto que se ha producido de esta ó aquella circunstancia accesoria; relativamente á la laringe de los papagayos se puede fijar y someter con certeza á todos los inflajos del registro. Aumentando sucesivamente la presión del aire he conseguido en este órgano, elevar el sonido de un modo gradual hasta mas de una quinta.

Soplando por la traquearteria, he producido todos los sonidos comprendidos en la estension de muchas octavas, por ejemplo, el sonido fundamental de la laringe en el estado de reposo, y soplando tan suavemente como me era posible por la traquearteria era fa_2 . Si tiraba de los músculos que aproximan los batientes, es decir que estrechan la glotis, el sonido podía, segun la fuerza del soplo, elevarse sucesivamente y sin pasar por todos los intervalos, de fa_2 á do_4 . Este efecto se presenta mas fácilmente por medio de la compresion de los batientes, ya se apriete entre los dedos el punto de la laringe con los músculos que la cubren, ya nos sirvanos del compresor cuya accion se aumenta entonces apretando el tornillo. Tambien podemos por medio de una disposicion particular medir esta presión con los pesos:

SONIDOS.	PESOS.	SONIDOS.	PESOS.
re_4	0,25 loth, peso del platillo y del cor- don.	sol_4^{\sharp}	3,25
		la_4^{\sharp}	3,75
		si_4	4,25
re_4^{\sharp}	0,45	do_5	5,25
mi_4	0,55	do_5^{\sharp}	6,25
fa_4	1,25	re_5	7,25
fa_4^{\sharp}	1,75	re_5^{\sharp}	8,25
sol_4	2,25	mi_5	9,25—10,25.

En esta elevacion los efectos de la presión sobre la laringe, se combinan con los de la ascendente del aire. La

compresion de las válvulas por encima de la glotis no solo estrecha esta última, sino que tambien hace mas cortantes y tensos los labios formados por los ángulos de la membrana tirante entre los cartilagos semicircular superior é inferior; pero cuanto mas se estrecha la glotis, mas tiene que aumentar la presion del aire para la produccion del sonido fundamental de los labios. Debemos tener presente en la elevacion la presion mas fuerte del aire, porque siendo igual esta en los labios, si se aumenta sucesivamente la del aire, podemos sin dificultad elevar el sonido una quinta, gradualmente y sin intervalos. Esta elevacion es desagradable y ruidosa; pero coincidiendo con la anterior la presion lateral de la laringe, se obtienen puros todos los sonidos, aun los mas elevados.

Para convencerme de que la elevacion del sonido que se verifica por la compresion de las válvulas no depende esclusivamente del aumento de la presion del aire, la medí en un caso en que era producida por la compresion creciente de los labios, subsistiendo la misma la tension del aire. Para esto junté el aparato manométrico á la traquearteria del papagayo, mientras que la laringe estaba en el compresor, y traté de obtener un término medio de presion de aire uniforme segun la indicacion del manómetro.

PRESION IGUAL DEL AIRE. COLUMNA DE AGUA DE	PESO DEL COMPRESOR.	SONIDOS.
16 centímetros.	3 $\frac{1}{4}$ loth	sol ₄
16	1 1 $\frac{1}{4}$	sol ₄ ¹
16	2 1 $\frac{1}{4}$	la ₄
16	3 3 $\frac{1}{4}$	la ₄ ¹
16	5 3 $\frac{1}{4}$	si ₄
16	8 1 $\frac{1}{4}$	do ₅

La presion del aire sola, permaneciendo la compresion de los labios la misma, producía una elevacion de un semitono cuando la tension del aire se elevaba algunos centímetros.

PESO DEL COMPRESOR.	PRESION DEL AIRE. COLUMNA DE AGUA DE	SONIDOS.
2 1/4 loth.	10 centímetros.	<i>sol</i> ₄
2 1/4	12	<i>sol</i> _{7/4}
2 1/4	16	<i>la</i> ₄

Cuvier admitia, segun las suposiciones teóricas, que el cambio de los labios de la glotis puede producir los armónicos ó los sonidos flautados del fundamental, como la octava, la quinta de esta, la doble octava, su tercera y quinta, y la octava siguiente &c. Pero se deduce de mis experimentos, que todos los sonidos posibles é imaginables parten desde el minimum hasta el maximum, pero no los armónicos.

En cuanto á lo concerniente al cambio del sonido fundamental por la columna de aire del tubo, Cuvier admitió una modificacion análoga á la que se observa en las flautas, y supone que un acortamiento de la novena parte de la tráquea llevaba el sonido fundamental al tono que está mas arriba que él en la escala. Mis propias observaciones me han demostrado que dicho fenómeno obra solo como en los instrumentos de estrangul. Cuando usaba la tráquea en el concepto de porta-viento, de modo que estuviese libre por una de sus estremidades el órgano vocal, si reducía á la mitad esta tráquea, que tenia cuatro pulgadas de largo, determinaba, ya un descenso, ya una elevacion de medio tono, segun el punto de que partía. En efecto cuando una prolongacion de la columna de aire que hace mas grave el sonido y corresponde al fundamental de los ligamentos, otra prolongacion mas considerable le hace saltar al fundamental mas agudo de los ligamentos. Debemos pues, presumir que otras relaciones entre el porta-viento y el sonido de los ligamentos hubieran producido efectos directamente inversos.

Cuando tomaba la laringe inferior en la boca, y la tráquea se convertía en cuerpo de instrumento, podia el

sonido subir á la quinta, reduciendo su longitud á la mitad. La oclusion parcial de la tráquea por el dedo, baja el sonido medio tono, resultado que he podido observar con las lengüetas de goma elástica, y que es propio tambien de las trompas, y cornetas, pues son igualmente instrumentos de caña. Creo inútil variar mas los esperimentos con los tubos artificiales, habiendo descrito los fenómenos que se observan con las laringes figuradas.

Se pueden dividir los sonidos que las aves producen en sonidos de estrangul y de flauta; pero estos últimos solo se observan en algunas avecillas cantoras, como el ruiseñor &c En los demás los sonidos son de estrangul, como los palmípedes, galnáceos, cuervos y papagayos: cosa que tambien es aplicable al gorgo y silbido de las aves cantoras.

Carecemos de hechos para admitir que los sonidos flautados de muchas aves, por ejemplo el *tio, tio, tio* del ruiseñor, puedan depender de las vibraciones del aire, y producirse segun la teoría de Savart. Confieso francamente que, aunque en mis esperimentos sobre el órgano vocal del ruiseñor y del mirlo, haya producido el silbido y gorgo ordinario de las aves cantoras con gran fuerza por medio de los ligamentos de la glotis, sin embargo, jamás he obtenido sonidos tan llenos como los del canto del ruiseñor. Los sonidos del silbido en el hombre dependen únicamente de las vibraciones del aire al atravesar la boca; ¿por qué la columna de aire de la tráquea de las aves no puede entrar tambien en vibracion cuando la atraviesa el aire? Pero es preciso reflexionar que no conocemos ningun hecho auténtico de que los sonidos se formen de este modo en las aves cantoras; porque la elevacion por un soplo fuerte es tambien propio de los estrangules membranosos. Ignoramos las condiciones necesarias para que el aire que atraviesa un tubo ejecute vibraciones, dependientes de él y no de una lengüeta: pues cuantos esperimentos he intentado con este objeto no me han dado resultado alguno.

Tan fácil es hacer resonar las columnas de aire cuando soplamos por encima de la abertura, y el aire que contiene el tubo no ejecuta un movimiento de transaccion, como difícil hacer resonar al aire en un tubo soplando trasversalmente. Verdad es que se producen sonidos sibilantes cuando se halla una membrana delgada en la estremidad

del tubo, aunque no sea mas que una lengüeta estrecha; pero dichos sonidos no dependen de la longitud de la columna de aire, y sí de la tension de la membrana, pues la columna de aire que vibra simultáneamente no ejerce mas que una influencia limitada en la elevacion del sonido, siendo muy marcada la que tiene en su claridad. Encuéntrase en este caso el órgano vocal de la mayor parte de las aves cantoras. Los silbidos y gorgéos, son de la misma especie que los que obtenemos con los aparatos, y me he convencido de que dependen principalmente de las cuerdas vocales: así que, se colocan entre los instrumentos de estrangul, segun los principios que yo he sentado relativos á las causas de estos últimos sonidos, y de la naturaleza y diferencias de los estrangules.

Es preciso referir algunos experimentos sobre los silbidos y gorgéos de una membrana, en los aparatos artificiales análogos á aquellos de que se sirvió Savart. El procedimiento que indico á continuacion es el que me ha parecido mas conveniente. Se toman tubos de vidrio de una longitud arbitraria, pero cuyo calibre sea de una y media á dos líneas, y se los desgasta oblicuamente por una de sus estremidades. Se coloca en esta un pedazo de intestino de buey, de modo que la membrana tape gran parte de la abertura escepto el vértice. La abertura que quede debe variar de magnitud con relacion á los tubos, y tiene la cuarta parte ó la mitad de la abertura total. Cuando se sopla por la otra estremidad, de modo que la corriente de aire hiera sobre el plano oblicuo de la membrana, obtenemos hermosos silbidos, muy agudos, mientras que el borde libre de la membrana, por el qual pasa el aire, se halla húmedo. Estos sonidos tienen la mayor analogía con los de los silbatos pequeños, como tambien con el silbido y gorgéo de las aves cantoras. La abertura debida al borde libre de la membrana, puede ser muy grande como se ve; los sonidos salen tambien cuando subsiste abierta todavia la estremidad en una mitad ó mas. Puedo sostener del modo mas concluyente, que á pesar de su carácter sibilante, no pertenecen á los de estrangul, porque me he convencido de que su elevacion depende únicamente de la tension de la membrana, y nunca de la longitud del tubo. Podemos alargar ó encoger esta última á nuestro arbitrio, y aun reducirla hasta el minimum; sin embargo, el soni-

do sibilante siempre está en relacion con la tension de dicha membrana. Si esta fuese solamente la causa de entrar en movimiento por la corriente de aire la columna aérea contenida en el tubo, el sonido corresponderia á la longitud de este último. Es verdad que en los instrumentos de estrangul la vibracion simultánea de la columna de aire influye en la elevacion del sonido; que los tubos añadidos bajan mas el sonido del estrangul, pero este descenso tiene sus límites, mientras que en las flautas, en que resuena el aire solo, es ilimitado y crece con la longitud de la columna de aire. Sabemos, segun las investigaciones de G. Weber, que las columnas de aire co-vibrantes no bajan el sonido de las lengüetas sólidas mas que una octava, que prolongando mas estas columnas, el sonido vuelve por un salto al fundamental de la lengüeta, y que todavia puede bajar otra octava á partir de la última. Los estrangules con lengüetas membranosas se conducen exactamente del mismo modo, como lo he demostrado anteriormente: sin embargo, sucede con frecuencia que solo podemos obtener menos de una octava. Algunas veces me ha sido imposible conseguir en las lengüetas de goma elástica, el menor descenso por las columnas de aire co-vibrantes: á veces solo he alcanzado un semitono. Se verifica esto último en el órgano vocal del hombre, como me he convencido de ello en distintos ensayos, y otro tanto sucede en los tubos pequeños de estrangul, cuya membrana es de tripa de buey. Me ha sucedido con frecuencia no observar ningun cambio en el sonido del estrangul, alargando ó acortando el tubo desde el maximum al minimum, y cuando mas, he conseguido una diferencia de un semitono. En otros, al contrario, ha aumentado mucho la brillantez del sonido, sobre todo cuando introducía el tubo pequeño con la membrana de intestino de buey en otro tubo de vidrio muy corto pero algo mas ancho: entonces producía el sonido un timbre penetrante, pero sin cambiar el tono: igualmente el sonido de la membrana era mas fuerte cuando dirigía oblicuamente dos corrientes de aire sobre las caras opuestas de dicha membrana.

Los esperimentos sobre la laringe de las aves cantoras dan resultados bastante análogos. He visto que el órgano vocal del mirlo era el mas á propósito para esto. Las aves cantoras mas pequeñas presentan muchas dificultades

para los experimentos por la pequeñez de sus órganos vocales. La laringe del mirlo, que se parece á la del ruiseñor y otras aves cantoras, es bastante conocida segun los experimentos de Savart. La parte mas interesante es el ligamento vocal esterno, cordon elástico situado al lado interno del tercer cartilago bronquial. La prominencia que forma puede aumentarse por el movimiento de los primeros anillos bronquiales, en especial el tercero, siendo sumamente importante la rotación del semi-anillo, observada por Savart. La membrana semilunar sobre el travesaño de la bifurcacion de la tráquea, que dirige su borde libre hácia esta última, parece tener tambien mucha importancia, pero menos que el ligamento vocal esterno; juicio que uno se forma observando las vibraciones que pueden tener ambos de delante atrás, cuando cortamos la tráquea inmediatamente por delante de la laringe inferior. Echase de ver que las cuerdas vocales son empujadas hácia delante por el soplo que sale de uno de los bronquios, y que sus movimientos se estienden bastante mientras que las vibraciones de la membrana semicircular son muy débiles.

Basta soplar por uno de los bronquios en el que se ha introducido una cánula, estando el otro tapado, ó en comunicacion con su pulmon. Los silbidos que se obtienen son bastante fuertes, y muy semejantes á los que producen los aparatos artificiales, cuya descripcion he dado, y salen con mas facilidad cuando se comprime un poco de afuera adentro la pared esterna del principio del bronquio. La elevacion del sonido aumenta, cuando se gradúa esta presion, y tambien cuando se empuja el bronquio hácia la laringe inferior; de esta manera podemos, como en el papagayo, obtener la mayor parte de las diferencias de los sonidos. Cuando acorté la columna de aire disminuyendo la longitud de una parte de la tráquea, se oian sonidos exactamente semejantes, pero no tenian tanto brillo, cosa que no sucedia despues de la ablacion total de la tráquea hasta la laringe inferior, y aun entonces se podian variar los sonidos siguiendo el procedimiento que he descrito. Intenté prolongar la tráquea y con ella la columna de aire, por la adición de pequeños tubos de vidrio, pero la gran movilidad de las partes no me permitió obtener resultados decisivos. Sin embargo, no se puede dudar que

las vibraciones simultáneas de la columna de aire ejercen el mismo influjo que en el papagayo, única ave en que los experimentos pueden conducirnos á la verdad, en razon del grosor de las partes y de la facilidad en fijar las cuerdas vocales con el aparato que he dado á conocer.

Nunca suena mejor el aire en el aparato vocal de las aves cantoras que cuando se sopla con la boquilla, como lo ejecutan los que tocan la trompeta.

El casoario de Nueva-Holanda produce sonidos oscuros, sordos, interrumpidos y que se repiten de tiempo en tiempo. Su mecanismo nos es todavía desconocido; pero se refieren sin duda dichos sonidos á la configuracion particular de la tráquea, que se abre por la hendidura en un gran saco; y nada hay en la bifurcacion de la tráquea capaz de esplicarlo.

Relativamente á las dilataciones de la tráquea del mirlo y del pato, se puede determinar con bastante verosimilitud la influencia que ejercen en el sonido de la laringe inferior. Deben obrar sobre los sonidos de estrangul de esta laringe, absolutamente lo mismo que lo harian tráqueas muy largas sin dilatacion, porque yo encuentro los sonidos fundamentales de las columnas de aire de estas tráqueas dilatadas, mas graves que los de otros de igual longitud que no lo estuvieran. He comparado entre sí los sonidos fundamentales de las columnas de aire de dos tráqueas disecadas sin laringe superior ni inferior. Ambas tenian la misma longitud, siete pulgadas y media y tres líneas de ancho, esceptuando las dilataciones de la una, pues una era uniformemente cilíndrica, y la otra tenia dos dilataciones fusiformes considerables. Estando cubierto daba la primera *la*₁ y la segunda *re*[#]₁.

Voz de los peces.

Los peces que producen sonidos eran ya conocidos por Aristóteles (1): y son los que él llamaba *lyra chromis*, *capros chalcis*, *coccyx*, que se refieren á los géneros *Trigla*, *Cottus*, *Sciæna*, *Pogonias* y otros. Es difícil asignar un

(1) *Hist. animal*, lib. IV, cap. 9.

principio comun para la produccion de los sonidos. En los escienoides y triglos hay una vejiga natatoria que tiene prolongaciones del ciego y músculos en su parte media; pero los *Cottus* carecen de vejiga natatoria. La *Sciæna aquila* que produce sonidos, segun aseguran, no tiene músculos en su vejiga natatoria; y en muchos triglos está desprovista tambien de prolongaciones. La vejiga natatoria de los *Sciæna aquila*, *Triglu gusnardus* (que tienen ciegos) y *Trilineata* (que carece de ellos), nada me han presentado, ni exterior ni interiormente, que pueda producir sonidos. Lo primero que debemos averiguar es si cualquiera de estos peces permiten oír en el agua el sonido que se les atribuye, pues todos convienen en que solo le producen fuera de dicho líquido cuando se los comprime. Pero entonces el animal puede tragar aire y depender el sonido de las mismas causas que los borborigmos en el hombre. Hese dicho que los *Sciænas* y *Pogonias* hacen oír sus sonidos en el agua; pero este es un hecho que no está todavía suficientemente demostrado.

CAPITULO III.

DE LA PALABRA.

Además de los sonidos formados en el órgano vocal, que tienen un valor musical, hay una multitud de ellos y de ruidos que proceden de los tubos anejos á dicho órgano que, asociándose de diversos modos, constituyen la palabra, de los cuales algunos sirven para designar los objetos, cualidades, acciones y relaciones. Los idiomas no emplean todos los sonidos que pueden formarse de este modo, porque se encuentran algunos entre ellos que sería muy difícil reunir con los otros. Así que, la mayor parte de los que se asocian con más facilidad figuran en casi todos los idiomas. Cada uno de estos contiene cierto número de dichos sonidos; pero ninguno los posee todos, y las diferencias que se observan en dichos idiomas dependen de que emplean mas particularmente los unos, mientras que, ó no usan, ó solo rara vez, los demás.

A la fisiología pertenece referir los sonidos de la palabra á un sistema natural: pues cuantas tentativas han hecho los gramáticos para conseguirlo han sido infructuosas,

en razón á que sus clasificaciones estaban basadas en cualidades que no son esenciales. En efecto, la distincion de los sonidos articulados, fundada en los órganos que se ha creído los producian, es viciosa, porque ella reúne los que se diferencian totalmente entre sí segun la fisiología, y porque muchos puntos de la boca concurren á la producción de la mayor parte de ellos. Tales son los defectos que pueden encontrarse en la division, en sonidos labiales, dentales, guturales y linguales, y tambien en la mas sencilla en sonidos bucales y nasales. Encontramos algo de cierto en el fondo de la clasificacion que se ha formado para los sonidos mudos y para los líquidos; pero tienen á la verdad mala aplicacion. Ni aun se han estudiado convenientemente las mismas propiedades de las vocales en oposicion con las consonantes. En general hacen consistir su esencia en que no son mudas, que no se reducen á simples ruidos como las consonantes, pero que nacen de sonidos que se forman en el órgano vocal y son modificadas por la boca. Sin embargo, la diferencia entre las vocales y consonantes es menos considerable, porque á todas las vocales y consonantes podemos hacerlas mudas y reducir las á simples ruidos, como sucede cuando hablamos en voz baja; así que, las vocales que suenan no dependen mas que de la consonancia de la voz. Penetrando en la esencia de las vocales y consonantes, la diferencia entre ellas es otra. Un vicio capital de muchos proyectos de clasificacion natural de los sonidos de la palabra, ha consistido en que no han reflexionado en la posibilidad de formarlos sin entonacion, con el carácter de simple ruido que son capaces de tener. Para apreciar bien las propiedades es preciso tomar por base la locucion en voz baja ó cuchicheo, y buscar despues las modificaciones que pueden depender de la adición del sonido propiamente dicho, ó de la entonacion. Siguiendo este camino llegamos á fijar dos series; en una, las palabras son mudas é incapaces absolutamente de reunirse con la voz, y en la otra, son tan aptas para convertirse en mudas, como para acompañar á la voz. Consiste otra diferencia importante entre los sonidos de la palabra, en que los unos, producidos por un cambio repentino de la posición de la boca, solo duran un momento, sin poderlos prolongar ni sostener (*strepitus incontinuus explosibus*), mientras que otros salen sin que varíe la situacion de las par-

tes de la boca, y podemos prolongarlos á nuestro arbitrio tanto quanto dure el aliento (*strepitus continuus*). Todos los sonidos de la primera clase son mudos é incapaces de reunirse con la entonacion, en vez de que casi todos los de la segunda especie pueden asociarse con ella. De esta última combinacion resultan modificaciones particulares, mientras que los sonidos completamente mudos ó esplosivos son capaces de experimentar una trasformacion cuando se juntan con una aspiracion (1).

SISTEMA DE LOS SONIDOS ARTICULADOS MUDOS EN VOZ BAJA.

Vocales mudas.

a, e, i, o, u, y las vocales nasales *a, e, o*. Todas estas vocales pueden pronunciarse de un modo bien distinto, bajo la forma de simples ruidos. Trátase de averiguar si como vocalas mudas se parecen á las consonantes de igual clase, ó difieren de ellas, fisiológicamente hablando. Las consonantes mudas se forman en el tubo colocado delante del órgano vocal, es decir, en la cavidad oral y nasal; y dependen de ruidos formados por el aire que recorre el conducto modificado de diferente manera. Pero las vocales mudas se conducen de distinto modo hasta cierto

(1) *Cons.* sobre esta palabra á J. WILLIS, *De loquela s. sonorum formatione*, en C. AMMAN, *Surdus loquens*. Leyden, 1727.—KRATZESTEIN, *Tentamen resolvendi problema ab. Acad. sc. Petrop.*, 1780, *propos.*—KEMPELEN, *Mechanismus der menschlicher Sprache, nebst der Beschreibung seiner sprechender Maschine*, Viena, 1791.—REITHER, *Methodenbuch zur Unterricht fuer Taubstumme*. Viena, 1828.—RUDOLPHI, *Physiologie* t. II.—CHLADNI, en GILBERT'S *Annalen*, 1824.—C. MAYER, en MECKEL'S *Archiv*, 1826.—R. SCHURTHESS, *Das Stammeln und Stottern*. Zurich, 1830.—DE GÉRANDE, *De l'education des sourds-muets de naissance*. Paris, 1827, in 8.º—WILLIS, in POGGENDORFFS, *Annalen*, t. XXIV.—PLERKINJE, *Badania o przedmiocie fizyologii mowy ludzkiej*. Cracovia, 1836.—*Cons.* sobre todo A.-M. RAPP, *Versuch einer Physiologie der Sprache*, t. I, 1836; t. II, 1839.—HUMBOLDT, *Urber die Kawi-Sprache der Insel Java nebst einer Einleitung ueber die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues und ihren Einfluss auf die gestige Entwickelugn des Menschengeschlechtes*. Berlin, 1836.—DUTENHOFER, *Untersuchungen ueber die menschliche Stimme*. Stuttgart, 1837.

punto, pues aunque aquí no resuena la voz, sin embargo, la causa primera está en la glotis y no en la boca, como nos podemos convencer fácilmente de ello experimentándolo en nosotros mismos. El ruido que forma una vocal muda nace, á lo que parece, cuando el aire pasa á lo largo de las cuerdas vocales, sin que por esto resuenen. No difiere del que se llega á producir en la glotis cerrando la boca, abriendo la nariz y evitando emitir ningun verdadero sonido, porque estando la boca abierta, la diferente figura que adquiere el conducto bucal, le modifica de modo que sirve para producir los sonidos *a, e, i, o, u*.

La forma del conducto oral es la misma para las vocales mudas que para las vocales que pronunciamos en alta voz; y solo se diferencia en que en el segundo caso la glotis en vez de un simple ruido, produce un verdadero sonido. Kratzeustein y Kempelen han demostrado que las condiciones necesarias para la trasformacion del mismo sonido en vocales diferentes se reduce al grado de latitud de dos partes, el conducto bucal y el nasal. Otro tanto puede aplicarse á las vocales mudas. Kempelen considera como conducto bucal al espacio comprendido entre la laringe y el paladar; ciertas vocales exigen que se ensanchen el orificio bucal y el conducto oral, otras que ambos se estrechen, y no faltan algunas que requieren que uno se ensanche y otro se estreche. Si admitimos con Kempelen cinco grados de latitud para el conducto oral, tendremos para

<i>a</i>	latitud del orificio bucal	5,	id. del conducto oral	3
<i>e</i>		4		2
<i>i</i>		3		1
<i>o</i>		2		4
<i>u</i>		1		5

Purkinge ha demostrado que las condiciones necesarias para formar algunas vocales, en especial la *a* y la *e* no han sido indicadas por Kempelen de un modo exacto. Estas dos vocales dependen principalmente de la forma del espacio comprendido entre la base de la lengua y la faringe: para ambas este espacio es grande, algo mas para la *e* que para la *a*, pero *a* y *e* pueden pronunciarse con la misma abertura de la boca. La posicion indicada á los labios para la emision de la *o* no es menos necesaria.

Despues de las vocales puras vienen necesariamente las

mudas de timbre nasal *a, e, o*, por ejemplo en las palabras *sangre, singular, hombre, obra*; dependen estas modificaciones de la estrechez del velo palatino y ascension de la laringe.

Consonantes mudas y sostenidas.

La pronunciacion de todas las consonantes que se colocan aquí puede sostenerse tanto tiempo cuanto lo permita el aliento y mientras las partes de la boca conserven la misma posicion al principio, al medio y al fin. Así podemos sostener la pronunciacion de la *f, ch, s, r, l*, &c. No se puede decir otro tanto de las consonantes esplosivas $\beta, \gamma, \delta, \pi, \tau, \kappa$; como la posicion de la boca es diferente en el principio, medio y fin de su formacion, solo pueden durar un momento, ó hasta que se haya verificado el cambio repentino de las partes de la boca.

Las consonantes sostenidas son *h, m, n, ñ, l, ch, s, r, l*.

Podemos colocarlas en tres clases:

1.^o *Consonantes sostenidas orales, cuya emision exige que el conducto bucal esté completamente abierta.* La aspiracion *h* pertenece sola á esta clase. Aquí la causa del ruido producido por el paso del aire no depende de una oposicion de las partes de la boca entre sí. El ruido de la aspiracion es la mas simple impresion de la resonancia de las paredes de la boca durante la aspiracion del aire. La *h* falta en la lengua italiana: esceptuamos un reducido número de casos esceptuaciones, como *ho, hai, has, hanno*. Se puede consultar la obra de Purkinge y la de Rapp sobre el uso de esta aspiracion en los idiomas diferentes.

2.^o *Consonantes nasales sostenidas, cuya emision exige que esté completamente abierto el conducto nasal.* Estas son *m, n, ñ*. En ellas el aire atraviesa simplemente el conducto nasal, estando cercado el oral, ya por los labios ya por la lengua aplicada al paladar; tampoco hay oposicion entre las partes por donde pasa el fluido. En la pronunciacion de estas tres consonantes la cavidad bucal representa una especie de fondo de saco mas ó menos largo, á espensas del istmo de las fáuces y conducto nasal.

Este divertículo es mayor para *m* que para *n* y sobre todo que para *ñ*.

La boca se cierra á beneficio de los labios para la pronunciacion de la *m*. Algunos fisiólogos, entre ellos Rudol-

phi han partido de este punto para colocar dicha letra entre las labiales, pero no lo es, puesto que no es el acto de la cerradura de la boca quien le da origen, sino que se forma despues de cada oclusion por el simple paso del aire con resonancia del fondo del saco de la cavidad oral.

En la pronunciacion de la *n* se cierra la boca por la punta de la lengua que se aplica á la parte anterior del paladar.

En la de la *ñ* la oclusion de la boca se verifica un poco mas atrás por la aplicacion del dorso de la lengua á la parte posterior del paladar. La *ñ* no es una consonante doble, sino una emision de voz simple, lo mismo que *m* y *n*.

3.º *Consonantes orales sostenidas cuya emision exige que ciertas partes de la boca se pongan en oposicion unas con otras, como especies de válvulas.*

Estas son *f*, *ch*, *sch*, *s*, *r*, *l*. Las partes que se ponen en oposicion poniendo un obstáculo al paso del aire, unas veces son los labios *f*, otras los dientes *sch*, *s*, y otras la lengua y el paladar *ch*, *r*, *l*.

En la pronunciacion de la *f*, los labios se colocan como para soplar; hay dos modificaciones de este ruido de fuelle, la *f*, y la *v*. La abertura de los labios es mas redondeada para la *f*, y para la *v* dejan entre sí una hendidura estrecha pero ancha.

La *ch* correspondiente á la χ de los griegos falta en la lengua francesa: exige que la lengua se acerque al paladar y que el aire pase al través de un intervalo estrecho que queda entre ella y este último. Hay tres χ , segun el punto en que la lengua se aproxima al paladar.

a. En la primera ó χ anterior, espresada algunas veces por *g* en aleman, es la parte anterior de la lengua la que se acerca al paladar, como en las palabras *lieblich*, *selig*.

b. En la segunda ó χ media, el dorso de la lengua se acerca á la parte media del paladar. Esta *ch* tiene un sonido enteramente distinto del de la anterior, por ejemplo en las palabras *tag*, *sagen*, *suchen*, *Aachen*, *ach*. Kempelen dice que viene siempre despues de una *a*, de una *o* ó de un diptongo de *ou*. En efecto esto es lo que mas comunmente sucede; pero esto no es absolutamente necesario, porque las tres vocales pueden asociarse tambien á *ch* anterior, como sucede en ciertas palabras vulgares, tales como *papa-chen*, *mamachen*. Los polacos tambien usan la *ch*.

c. En la tercera ó χ posterior, que es propia de los sui-

zos, tirolese y holandeses, se aproxima el dorso de la lengua á la parte posterior del paladar ó de su velo. Es la (*kheth*) de los hebreos, el *kha* de los árabes, y tambien, segun Parkinge la poseen los bohemios.

Para pronunciar el *sch* de los alemanes, *ch* francés, *sha* inglés se aproximan ó sobreponen los dientes de las mandíbulas encontrándose la lengua detrás de ellas sin tocarlas. En Westfalia confunden esta letra simple con $\sigma\chi$.

En la pronunciacion de la *s* se ponen los dientes en contacto, tocando la punta de la lengua á los de la mandíbula inferior. Constituyen modificaciones de esta el *th* de los ingleses, Θ de los griegos.

Para la *r* vibra la lengua contra el paladar; pero no toda vibracion constituye una *r*, porque el temblor de los labios no produce este sonido. Haller considera á las vibraciones de la lengua para producir la *r* como otros tantos movimientos voluntarios, y pensaba poder servirse de ella para calcular la velocidad de la accion nerviosa. Pero indudablemente habia incurrido en un error; porque las vibraciones no son aquí mas que temblores que la columna de aire comunica á la lengua que la resiste, y no dependen de la voluntad mas que las de los labios cuando se estremecen. Hay dos especies de *r*: la *r* pura ó lingual en cuya pronunciacion la lengua es la parte vibrante, permaneciendo en reposo el velo palatino; y la *r* gutural (1) en cuya pronunciacion no toma parte la lengua, sino que vibra el velo palatino. Esta última especie produce el defecto que se llama media lengua ó tartamudez. Los chinos carecen de esta letra.

En la pronunciacion de la *l*, se aplica la lengua al paladar y el aire solo pasa por los lados entre esta y las mejillas; sonido que podemos formar con un solo lado, y que falta en la lengua.

Kempelen coloca algunas de estas letras entre las consonantes con entonacion, porque se oye la voz lo mismo que los ruidos que los determinan, del mismo modo que cuando se pronuncia la *r* y *l*. Sin embargo, todas pueden con-

(1) En español no tiene este sonido gutural, antes se conceptúa como un defecto, bastante comun en los niños de la corte. (LL. RR.)

vertirse en mudas; pues la consonancia de la voz no hace mas que imprimir las modificaciones, que descuidamos cuando hablamos en voz baja.

Consonantes mudas explosivas.

Estas son β , γ , δ , y sus modificaciones π , ν , τ .

La situacion de las partes de la boca que sirven para formarlas, cambia repentinamente; empiezan á formarse cerrando la boca y concluyen abriéndola; así que, no podemos prolongar estas consonantes á nuestro arbitrio, pues el ruido que las caracteriza cesa inmediatamente despues que se abre la boca.

1.^o *Consonantes explosivas simples*, β , γ , δ .

B, β . Está cerrada la boca por los labios, y se abre para dar paso al aire.

D, δ . Dicha cavidad lo está por la lengua aplicada á la parte anterior del paladar, ó á los dientes, y se abre para el paso del aire.

G, γ . Está cerrada la boca, mas hácia la parte posterior, por la base de la lengua aplicada al paladar, y se abre para el paso del aire.

Las consonantes mudas b , d , g , se forman generalmente por la abertura repentina de las vias aéreas; pero podemos tambien hacerlo por la oclusion repentina de estas mismas vias

2.^o *Consonantes explosivas aspiradas* p , t , k .

Los sonidos p , t , k , correspondientes á b , d , g , no son mas que modificaciones debidas á una aspiracion que se junta á ellos en el acto de abrir la boca. Por la aspiracion de b resulta p , la de t y g se convierte en k . Los antiguos y á su imitacion Kempelen y Rudolphi creian que la diferencia entre las dos series, consiste en que hay resonancia de la voz para la b , d , y g . Pero esta asercion es inexacta porque podemos convertirlas perfectamente en mudas. Segun Schultness su esencia depende de la fuerza de la corriente de aire, cosa que es verdadera: sin embargo, no es indispenable que las aberturas posteriores de la nariz se cierren antes de la explosion. Así que, la única diferencia entre ambas series depende de la aspiracion que se verifica al pronunciar la p , t , k , explicacion que ya di en 1827.

No se usan en los idiomas muchos signos esplosivos que nos es fácil determinar.

Todos los sonidos principales de la palabra articulada pertenecen, como se ve, al sistema de la locucion en voz baja. Solo hay un reducido número de consonantes cuya formacion exige la consonancia de la voz, y que es imposible pronunciar en voz baja, como la *j* alemana, *j* francesa, *ge* y *z* francesas, *l* y *r* con entonacion. En lugar de las consonantes con entonacion, usamos, hablando en voz baja, las consonantes mudas equivalentes. Así, se sustituye á la *j* alemana la *ch*, á la *j* francesa *sch*, á la *z* francesa la *s* y á la *l* con entonacion la *l* muda, á la *r* la *r* muda.

Por lo espuesto se observa que es posible en la educacion primaria de los niños, recurrir, para la mayor parte de consonantes, al modo de pronunciarlas, que consiste en formarlas como simples ruidos, pero que todas las consonantes con entonacion no pueden pronunciarse en voz baja; de modo que este método usado indiscretamente es mas perjudicial que útil, y pierde las ventajas que ofrece cuando se hace una juiciosa aplicacion.

Sistema de los sonidos de la palabra en alta voz.

En la palabra en voz alta, subsisten mudas algunas consonantes, es decir, limitadas á simples ruidos, por serles imposible juntarse á la consonancia de la voz. Tales son las esplosivas, *b*, *d*, *g*, y sus modificaciones por *p*, *t*, *k*; y tambien la *h* entre las consonantes sostenidas. Otras son susceptibles de pronunciarse de dos modos, en voz baja y alta, con resonancia de la voz en el último caso; estas son *f*, *ch*, *sch* (1) *s*; *l*, *r*, *m*, *n*, *ñ* (gu).

Vocales.

La situacion de la boca es la misma que cuando las pronunciaciones en voz baja.

Se forma el sonido en la laringe, como el ruido en las vocales mudas, y se modifica el sonido laríngeo por el conducto faríngeo bucal y la abertura de este mismo, de modo

(1) Carece la lengua española de esta consonante. (LL. RR.)

que resulta *a, e, i, o, u* (*ou, œ, æ*) (1), y las vocales nasales graves *a œ, o œ*. Los diptongos son asociaciones de dos vocales, y Rudolphi los confunde con las verdaderas vocales *u, œ œ*. Finalmente es menester colocar en este lugar la *e* (2) muda que se aproxima mucho á las vocales en voz baja.

Estas últimas no se encuentran generalmente en la locucion en alta voz; así que, solo quedan algunos vestigios en los dialectos eslavos, por ejemplo el polaco.

Consonantes que permanecen mudas en la locucion en alta voz.

1.^o *Esplosivas b, d, g, y sus modificaciones p, t, k.* Es imposible juntar estas consonantes mudas con la entonacion de la voz: si tratamos de pronunciarlas en alta voz, les sigue la entonacion y queda por último una vocal muda á *b, d, g, ó á p, t, k.*

2.^o *Continuas.* La única consonante continua que es absolutamente muda, é incapaz de reunirse con la entonacion de la voz es la *h*. Si intentamos pronunciarla en voz alta, la esplosion de la voz no sale al mismo tiempo que ella, sino despues, y la aspiracion se apaga tan luego como el aire produce un sonido atravesando las cuerdas vocales.

Consonantes que en la locomocion en alta voz pueden pronunciarse, tanto mudas, es decir, como un simple ruido, como con entonacion de la voz (semivocales).

Pertencen todas á la clase de las consonantes: *f, ch, sch, s, r, l, m, n, ñ, (ng)*. Las consonantes con entonacion que forman parte de esta serie, faltan en muchos idiomas. La lengua francesa es de las que mas posee, ya las es-

(1) No se usan en nuestro idioma: pues solo tenemos cinco *a, e, i, o, u,*

(2) Tampoco se usa en español esta variedad de la *e* muda propia del francés. (LL. RR.)

presa por letras particulares como la *z* y la *j* por la *s* y *sch* con entonacion, ó ya por la *e* muda colocada despues de la *l*, *m*, *n*, *r*. Una *e* breve y poco sensible que sucede á la *l*, *m*, *n*, *r*, no llena el mismo objeto, porque esto constituye una entonacion simultánea para la pronunciacion de dichas consonantes. La *e* muda colocada despues de otras letras no tiene valor ninguno, á menos que no sirva para determinar con mas precision un carácter de escritura, del que nos servimos para pintar otros sonidos; así *ge* y *che* representan el signo aleman *sch*, mientras que *g* seguido de *a* corresponde á la *γ*. La lengua alemana no tiene mas que un solo caso en el cual diferencia una consonante con entonacion de su correspondiente muda, y el de la *j* que difiere de la *j* francesa; porque la *j* alemana es la *ch* con entonacion, y la *j* francesa es la *sch* con entonacion. Kempelen ha conocido muchas consonantes con entonacion; así que sabe, por ejemplo, que la *j* alemana resulta de la entonacion de la *ch*; la *z* francesa de la entonacion en forma de gorgéo de la *s*; la *j* francesa de la entonacion de la *sch*. Coloca igualmente á la *l*, *m*, *n* y *r* entre las consonantes; pero no puedo participar de su opinion. Finalmente considera á la *b*, *d*, *g*, como consonantes con entonacion, mientras que son absolutamente mudas, del mismo modo que *p*, *t*, *k*, que declara mudas esencialmente. He aquí las series correspondientes de las consonantes sostenidas, tanto mudas como con entonacion.

Mudas.

Con entonacion.

Sostenidas nasales.

- m*. *m*. En la escritura francesa, una *e* muda despues *m*, pero sonando con ella.
- n*. *n*. En la escritura francesa, una *e* muda despues *n*, pero sonando con ella.
- ñ* (*ng*). (*gn*) *ñ*. Puede pronunciarse arbitrariamente con entonacion.

Tambien pueden formarse las consonantes con entonacion, estando la nariz tapada.

Sostenidas orales.

- f* y *v*. *v*. La *f* con entonacion suena como la *v* con la misma.

Mudas.

Con entonacion.

Sostenidas orales.

χ *ch.* de los alemanes; falta

en francés. *j.* En la palabra alemana *ja*, si se pronuncia *cha* con entonacion, resulta *ja*. La lengua polaca la posee tambien en la palabra *ja* (*yo*). En francés no se halla mas que el caso de *l* líquida (*ll*).

Sch, che en fran-

cés.

j. En *jamais* (nunca) francés, pronunciamos *schamais* con entonacion de *sch* tenemos *jamais*. La *z* polaca es el mismo sonido con entonacion.

l.

l. En francés una *e* muda despues de la *l*, pero esta *e* suena con la *l* y no despues; *salle, sable, ville*.

r.

r. En francés una *e* muda despues de la *r* suena con la *r*, no despues, *verre*.

s.

z. Pronunciando *zone, zele* con una *s* muda se tiene *sone sele*; y cuando entonamos lijeramente la *s*, resulta *zone zele*. La *z* polaca se encuentra en el mismo caso.

El uso que se hace de las consonantes sostenidas mudas, varía mucho segun los idiomas. Las sostenidas nasales *m, n*, pueden muy bien ser mudas al principio de las palabras, como por ejemplo en *mond, narr*, mientras que al fin de ellas son casi siempre con entonacion, en especial cuando van despues de otras consonantes, como en *darm*. La *ng* puede ser muda, y lo es en efecto en *magnus* pronunciado en voz baja; pero en la locucion en alta voz, siempre es algo entonada.

Las sostenidas orales *r, l*, pueden ser completamente mudas al principio de las palabras alemanas, como en *rand, land*. Tambien al fin como en *war*; pero en general son entonadas y aun en aleman que no hay *e* muda que indique la entonacion. Puede acontecer que desaparezcan vocales enteras entre dos consonantes al entonarlas; así *mer* por *mir*, en aleman, no es más que la asociacion de una *m* y una *r*, ambas con entonacion, y aun de una *m* muda y de una *r* entonada. La entonacion de la *r* puede además aproximarse á la *u* ó á la *i*. A veces encontraba una *r* absolu-

tamente muda en los idiomas eslavos, como en la palabra *piotr* en polaco: tambien en este mismo idioma se observa la *l* muda despues de otras consonantes, por ejemplo en las palabras *kladel*, *szbladl*, *szedl*; pero muchos no la pronuncian absolutamente.

Se busca algunas veces la entonacion con cierta afectacion, como cuando llamamos á alguno con cólera diciéndole; *Monsieur...r!*; *Seño...r!*

La *z* ó *ch* muda, es propia de muchas lenguas, lo mismo que la *z*, entonada ó *j* alemana. Este idioma tiene la *sch* muda, y el francés la *sch* entonada ó *j* francesa: tambien es esclusiva de esta última lengua la *s* entonada ó la *z*. Vemos que la lengua francesa se distingue por el número de sonidos entonados. Por el contrario, la alemana tiene pocas consonantes de esta especie; así no posee mas que la *j* ó *z* entonada, la *l*, *r* y *f*; pero la francesa é idiomas eslavos, á pesar de su diversidad en otros puntos, tienen consonantes cuya entonacion es muy pronunciada; así encontramos en ambos la *s* entonada ó *z*, la *sch* ó *j* francesa, y en el polaco la *z* entonada ó *j* alemana. La lengua francesa carece de *z* muda; y solo se encuentran algunos vestigios de *z* entonada en la *l* líquida (*ll*), que no es mas que una *l* entonada con una *z* de la misma especie.

Lo que caracteriza este idioma es el frecuente uso que hace de los sonidos nasales *m*, *n*, (*ng*) *ñ*, y sobre todo la particularidad de no juntarlas mas que con las vocales nasales *a*, *o*, *æ*, pues sus asociaciones mas sonoras con *e*, *i*, *u* (*ou*) faltan completamente. En las lenguas alemana é inglesa todas las vocales se reúnen á la consonante nasal *ng*; *ang*, *eng*, *ing*, *ong*, *ung*. Pero los franceses aun cuando escriben *em*, *ing*, sustituyen en la pronunciacion otras vocales á las de la escritura, como en las palabras *empereur* y *singulier*. De este uso limitado de los sonidos nasales, que obliga á multiplicar algunos de ellos, juntos con las vocales nasales *a*, *æ*, *o* resulta una especie de monotonía nasal, mientras que la lengua francesa se distingue tan ventajosamente bajo otros aspectos, y en especial por la abundancia de las consonantes suaves y entonadas. Lo que llama mas la atencion es el escesivo uso que hace del sonido *ang*, *temps*, *evidemment*, *sang* &c.

Los sonidos que acabamos de estudiar son los elementos esenciales de todas las lenguas perfeccionadas, y no nos

podemos ocupar en este lugar de las diferentes maneras de espresarlos, ni de la confusion que con tanta frecuencia reina entre ellos. *Q*, *x* y *z* no son consonantes simples: podremos consultar á Purkinge respecto de la existencia de los sonidos en las diferentes clases de lenguas.

Además de los sonidos consonantes ordinarios de que nos servimos en la locucion, hay una multitud de ellos que pueden formarse en la boca y la laringe, ya esplosivos, ya sostenidos, como por ejemplo, los que se producen comiendo, gargarizando, arraucando las mucosidades del fondo de la garganta, gimiendo, besando, estornudando, suspirando, moviendo vivamente la lengua de un lado á otro, tragando poco á poco, haciendo vibrar los labios, castañeteando la lengua y los dientes en el paladar &c. Este último sonido se encuentra segun Lichtenstein y Salt en la lengua de los otentotes y de otros pueblos del Africa.

Siendo los diferentes sonidos y ruidos de la palabra el resultado de condiciones físicas determinadas, podrán ser imitados por el arte á beneficio de máquinas. Así es como algunos han producido con la mayor facilidad la *b*, por ejemplo, soplando en un tubo cilíndrico que se tapa y destapa alternativamente con la mano; ó la *u* cuando el tubo tiene un estrangul con lengüeta membranosa. Kratzenstein, Kempelen y R. Willis, se han ocupado de este problema; así es que han llegado á imitar gran número de sonidos articulados. Pero las máquinas son siempre imperfectas, pues exigen un aparato especial para cada vocal y consonante, lo que hace muy difícil juntarlas con un solo fuelle para la produccion de las palabras. No debemos sorprendernos de que ciertas aves, como los loros y los cuervos, sean capaces de formar sonidos articulados, pues considerada su boca de un modo general, presenta las mismas paredes con partes que obran á la manera de las válvulas. Nadie duda que las aves aprenden á producirlos del mismo modo que el niño adquiere esta aptitud; de modo que los movimientos necesarios para la formacion de cada uno, acaba por constituirse en hábito, y por estar despues sometidos á la voluntad, cuando esta tiene la intencion de emitir los sonidos que le son posibles.

Ventriloquia.

Se conoce en el hombre un modo especial de locucion, designado con el nombre de ventriloquia. Algunos fisiólogos como Magendie, creen que los sonidos producidos por los ventrílocos, no son mas que modificaciones del timbre de los que se forman en el órgano vocal. Otros opinan que dependen de una causa particular, por ejemplo, de que el sugeto articula durante la inspiracion; opinion que es la mas generalmente estendida. No nos atrevemos á negar la posibilidad de articular los sonidos aspirando, á pesar de las dificultades que se tendrán que vencer para ello; lo mismo que los sonidos que se formen de esta manera carezcan de alguna analogía con los de los ventrílocos; sin embargo, opino que esta teoría es inexacta. Hay otro modo mas fácil de imitar la voz de los ventrílocos, dando un timbre particular á los sonidos de la suya, y estoy persuadido de que es el que usan los ventrílocos de profesion. Hago una inspiracion profunda, de modo que el diafragma empuje las vísceras abdominales hácia delante, despues expiro de un modo particular, cerrando mucho mi glotis, y haciendo salir al aire muy despacio por la contraccion de las paredes torácicas, mientras que el diafragma conserva la situacion que tenia durante la inspiracion, y por consiguiente el vientre permanece inclinado hácia delante en la locucion. Esta entonacion por medio de una gran estrechez de la glotis, y de un aliento suave determinado por las solas paredes del pecho, sin el concurso de los músculos abdominales, produce un timbre especial de los sonidos de esta clase; pudiendo formar los sonidos que se parecen á los de un hombre que llama de lejos. Como el vientre permanece distendido mientras que se habla, se cree de pronto imitar al ventríloco durante la inspiracion; pero no tardamos mucho en convencernos de que esto se verifica durante la espiracion, porque cuando se continúa hasta que falta el aliento, el pecho va disminuyéndose mas y mas, y llegado el caso de no poder producir ningun sonido por falta de aire, es preciso hacer una nueva inspiracion.

Entre los efectos que producen los ventrílocos, hay muchos que es menester atribuir á simples ilusiones de otros sentidos del oido, por ejemplo, como cuando el sugeto figura

que sus palabras vienen de un sitio determinado. En general, distinguimos poco la direccion del sonido, y cuando nuestra atencion se dirige hácia un punto, nuestra imaginacion está pronta al momento á referirnos á él lo que escuchamos.

Vicios de la locucion.

Una buena pronunciacion supone que la cavidad bucal está bien conformada y el oido es exacto. Las imperfecciones de la palabra dependen de un vicio en cualquiera de estas dos condiciones; así que, es defectuosa, relativamente á la formacion de ciertos sonidos, y al mismo tiempo nasal cuando hay un agujero en la bóveda palatina. Es incompleta en los que les faltan los dientes. Se puede consultar á Kempelen y á Schultenss, respecto de los vicios de pronunciacion de cada letra. La tartamudez depende de la torpeza é inmovilidad de la lengua: la embriaguez la produce de un modo pasajero y la parálisis del nervio gran hipogloso de un modo permanente. Pero la palabra puede tambien ser imperfecta por no sucederse convenientemente los sonidos, aunque el sugeto tenga la facultad de formarlos puros. La tartamudez es la imposibilidad momentánea de pronunciar una consonante ó vocal, ó de unirla á las precedentes; pudiendo encontrarse el obstáculo al principio ó al medio de las palabras. Si la letra difícil de pronunciar se encuentra en medio de una palabra, sucede con frecuencia que la sílaba precedente, ó aquella que no puede salir de un modo completo, se repite muchas veces de seguido, *zi-zi-zi-zitze, lillachen*. Falta en el primer caso la posibilidad de unir la consonante *t*, con la vocal *i*, que precede; y en el segundo la de unir la consonante *l*, con la vocal *a*, que la sigue. La repeticion de lo que precede, no constituye como lo ha hecho notar Schultenss, la esencia de la tartamudez; y si una especie de repeticion para hallar el paso, la transacion. Si la consonante precedente es explosiva, el individuo se inclina á repetirla por no poderla someter á su arbitrio hasta que salga la vocal. Pero si esta consonante es sostenida (*m, n, ng, f, x, sch, r, l, s*), la repeticion es mas necesaria, porque el sonido puede prolongarse hasta que aparezca la vocal, ejemplos: *Bbbhoire, l—lire* (*Bbbbeber, l—leer*). Sin

embargo, sucede tambien que el tartamudo repite la consonante sostenida y pronuncia *Illire* (llleer).

Alguna vez, intercala involuntariamente en la palabra, letras que no la pertenecen, *d*, *t*, *ng*, *nd*, y otras. Schultenss opina que son las vocales y no las consonantes, cuya articulacion es dificil, las que producen la tartamudez. Esta opinion está fundada en una observacion atenta de la naturaleza; sin embargo, aunque rectifique un error acreditado hasta ahora, avanza mucho, porque sucede con frecuencia que estando formada la vocal, la consonante que viene despues no se puede unir. Conozco un jóven muy versado en las matemáticas, y que ha tartamudeado mucho en otra época; de modo que cuando pronunciaba su nombre, le solía suceder decir T-Tessot, en vez de Tessot. Hay además muchas circunstancias en que existe el obstáculo en la primera consonante de una palabra. En este caso tambien depende menos el defecto de la articulacion por las partes activas de la boca, que de una oclusion repentina de la glotis que se opone al paso del aire necesario para producir tal ó cual consonante. Esta oclusion de la glotis sobre la que Arnott ha llamado mucho la atencion, no sobreviene sino cuando se tratan de asociar entre sí ciertas articulaciones, permaneciendo el paso del aire libre para otras, por ejemplo, para la repetición de la sílaba precedente; de todos modos, el obstáculo está en la glotis, ya sea que no produzca el sonido necesario cuando se trate de una vocal, ya que no deje pasar el aire y durante la tentativa que hace el sujeto para articular el sonido en su boca. Este trabajo de la glotis se anuncia claramente en las personas que tartamudean mucho por la dificultad de la espiracion, y por la congestion de sangre en la cabeza y venas del cuello. La esencia de la tartamudez consiste, pues, en un estado patológico de los movimientos asociados de la laringe y de la boca. Cuando ha llegado á su mas alto grado, se observan tambien movimientos en los músculos de la cara; el efecto es el mismo que cuando queremos contraer un músculo de dicha region y lo ejecuta toda ella, porque se experimenta gran dificultad en aislar el influjo nervioso.

Estoy enteramente conforme con la opinion de Arnott y de Schultenss, cuando designan como causa próxima de la tartamudez, una afeccion espasmódica de la glotis. Consiste esta en una oclusion momentánea de la glotis, ya por la

aproximacion de los cartilagos aritenoides que se aplican el uno contra el otro, ya por la presion que ejercen los músculos tiro-aritenoideos, que pueden adherir las cuerdas vocales entre sí. Es menester convenir en que esta afeccion momentánea es una asociacion patológica con ciertos movimientos de la boca, en particular de la lengua, pues de ella dependen enteramente. Las partes de la boca estan colocadas como deben para formar la *b*; los labios pueden tambien abrirse como lo exige la esplosion de esta letra; pero falta la corriente de aire que viene de la glotis. El camino mas cómodo para remediar la tartamudez consiste en facilitar la asociacion entre los movimientos de la laringe y las articulaciones, cantar las palabras es un medio de conseguirlo, porque en el canto la atencion se fija mas en la parte que la laringe toma en la pronunciacion, que no lo hace la locucion ordinaria; así los tartamudos cantan mejor que hablan.

Parece favorece la tartamudez tener muy baja la lengua en la boca; así que, el método de madama Leigh, trata de corregir este defecto elevando la lengua hácia el paladar. Tambien los antiguos recurrían á un medio análogo cuando aconsejaban tener cuerpos estraños debajo de la lengua. El indicado por Arnott, está basado en nociones fisiológicas exactas, relativas á la tartamudez. Si fuesen visibles los labios de la glotis, como los de la boca, dice cierto escritor, no permaneceria por mas tiempo la naturaleza de esta afeccion cubierta bajo un velo. La glotis se cierra de vez en cuando en el que tartamudea; trátase de que la naturaleza pierda este hábito por el ejercicio. Arnott propone la union de todas las palabras en una sola por entonaciones intercaladas hasta que se agote el aliento: verdad es que este medio es bueno pero no basta, pues el obstáculo principal reside generalmente en el interior mismo de las palabras, y depende de los movimientos asociados que reclaman ciertas articulaciones. Si tuviera que proponer un método para la curacion de la tartamudez, además del de Arnott emplearia el siguiente: le escribiría al sugeto términos en que no se encuentra ninguna consonante muda ni esplosiva (β , δ , γ , π , τ , κ); estas palabras no comprenderian mas que frases en cuya composicion entrarian además de las vocales, consonantes susceptibles de entonacion concomitante (f , x ; sch , s , r , l , m , n); mandaria pronunciar todas estas letras con

entonacion, de modo que la glotis nunca esté cerrada. Luego que el sugeto esté bien acostumbrado á tener la glotis abierta sin interrupcion, aun entre las palabras, como lo aconseja Arnott, y á no cerrarla antes y despues de cada consonante y vocal, podremos pasar á la consonante muda *h*, y despues á las esplosivas; porque cuando ya se ha conseguido esto, ya sabe el sugeto de qué se trata. El proceder de madama Leigh es un empirismo ciego; ni el maestro ni el discípulo saben lo que deben hacer (1).

Hay cierto vicio bastante comun de la locucion, que difiere esencialmente de la tartamudez, y consiste en la entonacion entre las palabras, la interpolacion de una *e*, *æ*, *a*, mas ó menos larga, de alguna de las vocales nasales, ó de un sonido particular modificado por la garganta durante la pronunciacion de aquellas mismas, por ejemplo *je.....e* (yo.....o) Parece oir un instrumento de música cuyo sonido se prolonga mas allá de lo que quisiéramos. Estos sonidos estraños forman y facilitan el paso de una palabra á otra, y esto acaso sea la causa, si bien con frecuencia dependen de la rapidez del pensamiento. Encontramos muchas veces este defecto en los tartamudos, porque es un medio de evitar una interrupcion al pasar á la palabra siguiente.

La formacion de los sonidos puros supone oido: así es que los sordo-mudos tienen gran dificultad en aprender á pronunciar los mas groseros. No les falta mas que el oido, en su totalidad ó en parte; de modo que la mudéz es consecuencia de la sordera. Con mucho trabajo aprenden á imitar los movimientos para articular los sonidos, que ven hacer delante de sí; pero su lenguaje es siempre una especie de ladrido, que no puede servir en sociedad, pues la falta de oido les priva del regulador que necesitarian para articular debidamente (2).

(1) Consúltese á Magendie, artículo tartamudez del Dict. de *médecine et de chirurgie pratiques*, t. IV, p. 63.—Colombat, *Traité de tous les vices de la parole, en particulier de bégaiement*. Paris, 1843.—A. Becquerel, *Traité du bégaiement*. Paris, 1843.

(2) Véase De Gérando, de *l'Education des sourds-muets de naissance*. Paris, 1827.—Bébian, *Manuel d'enseignement pratique des sourds-muets*. Paris, 1827.

Por lo demás el oído y la palabra no pueden depender simultáneamente uno de otro sino por el intermedio del cerebro; pues no se concibe la utilidad de las conexiones nerviosas entre el órgano de la audición y el de la fonación. La anastómosis del facial y lingual no tiene ninguna relación con el oído, ni con la palabra; porque el nervio facial nada de común tiene con el primero, ni el lingual con la segunda. El principal nervio de la fonación es el gran hipogloso, pues preside á los movimientos de la lengua; el facial también hace algun papel en las articulaciones, al menos en aquellas en que los labios toman parte. Ambos nervios pertenecen á la fisonomía en el sentido de que la mímica de la cara y la de la palabra representan objetivamente, cada una á su modo, nuestros estados interiores. Luego ambos parecen depender de la misma parte central, los cuerpos olivares.

Acento.

El acento es una entonación mas elevada que damos á ciertas sílabas ó palabras:

1.^o *Acento prosódico.* Cada palabra tiene su acento. Muchos sujetos no elevan la sílaba acentuada mas que un semitono; otros mas, y entonces la palabra se hace armoniosa. Por el contrario, cuando se pronuncian todas las sílabas en un mismo tono, resultan monótonas; esta falta de variación es insoportable en los pedantes, cuyo natural es-
presa.

En los idiomas antiguos, el acento y cantidad ó longitud de las sílabas son dos cosas completamente diferentes. En el ritmo de la poesía se miden las sílabas segun su longitud natural, independientemente del acento.

En alemán, el acento coincide casi siempre con la cantidad: y así, es preciso alargar todo lo que lleva acento.

Las lenguas romanas modernas tienen poco acento y cantidad para poder usar con ventaja el ritmo de las sílabas largas ó breves: así que, no se miden las últimas sino por el número.

2.^o *Acento gramatical.* La acentuación de las palabras en el discurso expresa la modificación del juicio. En las frases interrogativas, afirmativas &c. siempre carga el acento

en la palabra principal. La proposición mas simple, la que se compone de tres palabras, sugeto, verbo y atributo, tienen diferente significación, según el miembro donde se coloque el acento.

3.^o *Acento de los dialectos.* La acentuación en los diversos dialectos, pinta el carácter de los pueblos; así que, esto es fisonómico: el que no depende del carácter del individuo es amanerado. En las grandes poblaciones, los que afectan el buen tono, en general tienen un modo especial de acentuar, diferente del de el pueblo. Los alemanes no acentúan ordinariamente como los franceses, daneses y suecos.

DE LOS SENTIDOS

DE LOS SENTIDOS

Los sentidos (1) son facultades de los estados de hechos que por las sensaciones espaciales que nos transmiten los nervios sensitivos por demarcación también las cualidades y modificaciones de los cuerpos que nos rodean, mediante que ellos determinan estatus particulares en los mismos nervios. Todos concurren en el sentimiento, pero difieren en el modo de percibirlo. En este concepto se conocen cinco: vista, oído, olfato, gusto y tacto. También se por tacto el modo de sentir propio de los nervios de esta clase (sensitivos), tales como los trigéminos, el vago, glossofaríngeo

(1) Comp. sobre los sentidos Jacq. *Théorie des sensations et de la notion en général*, et des sens en particulier, Paris, 1797, 3 vol. en 8.^o — Kistler *Lehrn der Sinne*, Leipzig, 1785, 2 vol. — Auch, *Beiträge zur Psychologie der Sinne*, Göttingen, 1811. — Forster, *Die Sinne des Menschen*, Münster, 1827.

LIBRO QUINTO.

DE LOS SENTIDOS.

NOCIONES PRELIMINARES.

Los sentidos (1) nos instruyen de los estados de diversos cuerpos por las sensaciones especiales que nos transmiten los nervios sensoriales. Nos demuestran tambien las cualidades y mudanzas de los cuerpos que nos rodean, mientras que ellos determinan estados particulares en los mismos nervios. Todos convienen en el sentimiento; pero difieren en el modo de percibirlo. En este concepto se conocen cinco: vista, oído, olfato, gusto y tacto. Entendemos por tacto el modo de sentir propio de los nervios de esta clase (sensitivos), tales como los trigéminos, el vago, glosofaríngeo

(1) Cons. sobre los sentidos á LÉCAT, *Traité des sensations et des passions en général, et des sens en particulier*. Paris, 1767, 3 vol. en 8.º fig.—ELLIOT, *Ueber die Sinne*. Léipzick, 1785.—SPREINBUCH, *Beitrage zur Physiologie der Sinne*. Nuremberg, 1811.—TORTUAL, *Die Sinne des Menschen*. Munster, 1827.

y raquídeos, es decir las sensaciones de cosquilleo, placer, dolor, calor, frío, y todas las táctiles. La palabra sensación solo nos servirá en adelante para designar la trasmisión al *sensorio*, propia de todos los nervios sensoriales. Los sentidos, hablando propiamente, solo nos procuran la conciencia de las cualidades y estados de nuestros nervios; pero el pensamiento y el juicio están siempre prontos para interpretar, como cualidades y mudanzas de los cuerpos que nos rodean, los cambios que causas externas determinan en nuestros nervios. Respecto á los sentidos, que rara vez se afectan por causas internas, como la vista y el oído, tan habitual se nos ha hecho esta confusión, que á menos de no reflexionar, ni siquiera la percibimos. Pero relativamente al tacto, que tan pronto actúa por una causa externa como por una interna, y que nos proporciona la conciencia de las sensaciones propias de nuestros nervios táctiles, nos es fácil conocer que lo que sentimos, dolor, placer, es un estado de nuestros nervios, y no una cualidad de las cosas que los determinan. Esto nos lleva á ciertos principios generales, cuya esposición debe preceer á la historia de cada uno de los sentidos.

I. No podemos tener, por efecto de causas externas, ninguna especie de sensación, que no poseamos también sin el concurso de ellas y por la sensación del estado de nuestros nervios.

Esta proposición es completamente evidente respecto al sentido del tacto. Los nervios táctiles pueden percibir el frío, calor, dolor, placer é innumerables modificaciones de sensación, que ni son el dolor ni el placer, pero contienen los mismos elementos sin ser llevados al extremo. Estas diversas sensaciones las tenemos á cada momento por causas internas, en cualquier punto donde hay nervios sensitivos; igualmente pueden depender de causas externas, pero estas nunca podrán introducir un elemento demás que pertenece á los mismos nervios, y que resulta de una excitación interior. Así, los nervios sensitivos no aprecian mas que nuestros propios estados, las cualidades puestas en evidencia por los estímulos internos ó externos.

Podemos tener la conciencia de una sensación olfativa, aun en ausencia de toda materia olorosa, cuando el nervio olfatorio tiene la disposición que se requiere para esto. Estas percepciones de olores, dependientes de causas internas,

no son comunes: sin embargo, se observan ejemplos en sujetos de una complexión muy irritable.

Otro tanto debe suceder relativamente al gusto, aunque aquí es difícil establecer la diferencia, porque no sabemos si el sabor que se percibe depende de un cambio particular de la saliva ó de la secreción de la mucosa bucal. En todos los casos la repugnancia, que como sensación, pertenece á la clase de las gustativas, depende indudablemente de una simple disposición nerviosa.

Las sensaciones propias del sentido de la vista, la luz, los colores, oscuridad, pueden tambien producirse sin causa esterna. Reducido el nervio óptico al último grado de escitabilidad, no experimenta otra sensación que la de oscuridad. Por el contrario la exaltacion de su sensibilidad se manifiesta, estando cerrados los ojos, por efectos de claridad y centelleo, que son una simple sensación, independiente de ninguna luz material, y por consiguiente incapaces de iluminar ningun objeto. Todos saben con qué facilidad, cerrando los ojos, se ven los mas hermosos colores, en especial por la mañana, cuando el ojo goza de mucha escitabilidad: fenómenos que aparecen con frecuencia en los niños al despertarse. La naturaleza exterior no puede en este caso proporcionarnos ninguna impresion que no sea debida fácilmente tambien á una causa interna, y así se concibe cómo un hombre que ha cegado en su juventud por el oscurecimiento de los medios transparentes, debe conservar una entera intuición interior de la luz y de los colores, no habiendo padecido la retina ni el nervio óptico. Las ideas que se forman frecuentemente acerca de las sensaciones nuevas que proporciona una operación á un ciego de nacimiento, son exageradas é inexactas. El elemento de la sensación usual, la luz, color y oscuridad, deben ser tan conocidos para este hombre como para los demás. Supongamos que un sujeto nace en medio de una naturaleza uniforme y despojada del prestigio de los colores, por consiguiente las impresiones de estos jamás le han venido de afuera, pues no por esto su sentido de la vista será menos perfecto que el de otro; porque la luz y los colores le son innatos, y no necesitan mas que una escitacion para llegar á la intuición.

Tambien las sensaciones auditivas nos vienen de afuera ó del interior. Siempre que está irritado el nervio óptico,

esperimentamos la sensacion que le es propia, así oímos ruidos, zumbidos y sonidos, pues este es el modo de manifestarse tales enfermedades: y así tambien es como se conoce la parte que toma dicho órgano en las afecciones del sistema nervioso por leves y pasajeras que sean.

De lo espuesto se deduce claramente que las influencias exteriores, no producen en nosotros ninguna sensacion, que no puedan originarse siu el concurso de causas esternas, y solo por el de las internas que obran sobre los sentidos correspondientes.

II. *Una misma causa interna produce sensaciones diferentes en los diversos sentidos, en razon de la naturaleza propia de cada uno.*

La acumulacion de sangre en los vasos capilares de los nervios sensoriales, en casos de congestion ó inflamacion, es una causa interna que obra sobre todos del mismo modo. Sin embargo, produce fenómenos de claridad y centelleo en los nervios ópticos aunque esten cerrados los ojos. Zumbidos y ruidos en los acústicos, y dolor en los tactiles. Del mismo modo un narcótico mezclado con la sangre ocasiona en cada nervio sensorial los trastornos relativos á su naturaleza especial, centelleo en los nervios ópticos, zumbidos en los auditivos y hormigueo en los tactiles.

III. *Una misma causa esterna determina sensaciones diferentes en los diversos sentidos, en razon de la naturaleza propia de cada uno.*

La influencia mecánica de un golpe, choque, presion &c., ocasiona en el ojo la sensacion de luz y de los colores. Nadie ignora que comprimiendo el ojo despues de cerrado, se determina la aparicion de un círculo de fuego, y que á beneficio de una presion menor, la de los colores, pudiéndolos trasformar unos en otros, fenómenos con que se divierten algunas veces los muchachos cuando despiertan antes del dia. La especie de claridad que percibimos comprimiéndonos el ojo, con algo de fuerza, en la oscuridad, no constituye mas que una sensacion, que no puede iluminar los objetos exteriores: cosa de la que cualquiera puede convencerse fácilmente. He repetido muchas veces el experimento y nunca me ha sido posible distinguir en la oscuridad, á beneficio de esta luz subjetiva, los objetos mas inmediatos al ojo. Tiene sin embargo alguna importancia, pues hay casos en los que los tribunales han sometido el

fenómeno á la apreciacion de la medicina legal (1). La luz que se escita comprimiendo el ojo, es invisible para otra persona, pues depende únicamente de una sensacion exaltada.

La facultad de brillar que se atribuye á los ojos nada tiene en sí que *à priori* pueda combatirla. En el fondo, parece admisible que los nervios de los animales dejen escapar luz, y como nos proporcionan la única ocasion que tenemos de contemplar, sin lesion previa, un nervio, la retina, al través de los medios transparentes, aquí es donde debiéramos observar el fenómeno, si es que se verifica un desprendimiento de luz, en los órganos nerviosos. Si se verificase realmente en el aparato de la vision, ninguna conexion tendria con la luz que nos hacen percibir ciertas causas internas. Pero la esperiencia no confirma que se verifique un desprendimiento de luz objetiva en los nervios ni en la retina, y los hechos que hemos mencionado anteriormente estan muy distantes de probarlo.

La influencia mecánica escita tambien en el nervio acústico las sensaciones que le son propias, así por ejemplo, un soplo, y esto ya es proverbial, produce en los nervios auditivos, ópticos y los del tacto, las sensaciones particulares de dichos sentidos. Por el contrario, nada demuestra que un golpe pueda determinar la sensacion de un sabor ó de un olor; sin embargo, la irritacion mecánica del velo palatino, epiglotis y base de la lengua, proporcionan un sabor nauseabundo. El efecto que los cuerpos determinan sobre el oido en la sensacion auditiva, es puramente mecánico; así una impulsión repentina del aire, determina la sensacion del sonido en el oido, como la de la luz en el ojo; si esta impulsión es violenta, se percibe una detonacion; si débil, oímos un ruido, y finalmente si la causa persiste por algun tiempo, el sonido se sostiene tambien. En ciertas condiciones determinadas, el ruido se convierte en un sonido claro ó apreciable; y el mismo ruido

(1) Encuéntrase en Muller (*Archiv. fuer Anatomie*, tom. I, p. 140 (1843) un ejemplo que se refiere á un hombre que atacado una noche por dos ladrones, decia haber conocido perfectamente á uno, á beneficio de la luz brillante producida por un puñetazo que le dieron en el ojo derecho.

que subsiste con este carácter: mientras permanece continuo y sin interrupciones regulares, toma el de un sonido musical, tan luego como se interrumpe con frecuencia y regularidad, en un corto espacio de tiempo. El roce de los dientes de una rueda contra una chapa de madera, en la máquina inventada por Savart, no produce mas que un ruido cuando le consideramos en sí mismo y como impulsión mecánica propagada al órgano auditivo; pero si se vuelve la rueda con mucha velocidad y se suceden los ruidos rápidamente, van poco á poco haciéndose mas distintos entre sí, y acaban por constituir un sonido musical, cuya agudeza crece en razon directa de la rapidez de los choques ó de la rotacion de la rueda. Las vibraciones de un cuerpo, que tomadas aisladamente solo producirian un simple ruido, y esto con dificultad, adquieren el carácter de un sonido musical por el hecho de su repetida sucesion; la impulsión es tambien mecánica. Admitiendo que la materia de la luz obra sobre los cuerpos por oscilaciones mecánicas, tenemos en esto un ejemplo mas que nos prueba que las vibraciones se conducen de distinto modo en diversos sentidos; así determinan la sensacion de la luz en el ojo, y la del color en los nervios del tacto.

Tenemos en la electricidad otro ejemplo de una irritacion que provoca sensaciones diversas en diferentes nervios sensitivos. Basta que dos metales heterogéneos formen la cadena con el ojo, para producir en la oscuridad la sensacion de un resplandor fosfórico; y no se necesita que dicho órgano se halle en la corriente, pues con tal que esté muy próximo se observa igualmente el fenómeno, por inclinarse hácia él una parte de dicha corriente: esto es lo que sucede cuando, por ejemplo, una de las chapas está en contacto con la cara interna de un párpado, y la otra con el interior de la boca. Una electricidad mas fuerte determina sensaciones de luz mas intensas; y la irritacion galvánica provoca la sensacion auditiva en el oido. Habiendo Volta comprendido sus oidos en la cadena de una pila de cuarenta pares, esperiméntó un silbido, y una especie de sacudida todo el tiempo que permaneció cerrada la cadena (1),

(1) *Philos. Trans.*, 1800, p. 427.

y Ritter en el mismo caso oyó un sonido semejante al del *sol*₃.

La electricidad por roce determina un olor de fósforo en los nervios olfatorios. Colocando la lengua entre dos metales heterogéneos, se experimenta un sabor ácido ó salado, según la situación de las chapas, de las que una está colocada sobre el órgano y la otra debajo. Se ha querido explicar esto por la descomposición de las sales de la saliva; pero cuanto hemos espuesto hasta aquí relativo á otros sentidos nos basta para demostrar la insuficiencia de esta explicación.

En los nervios del tacto la electricidad no produce sensaciones de luz, sonido, olor ni sabor; pero sí sensaciones propias de estos órganos, como percusiones, picor &c.

Las influencias químicas ejercen también una acción diferente en cada nervio sensorial; pero se concibe fácilmente lo poco instruidos que estamos en esta materia. Lo único que se sabe es que ciertas influencias químicas determinan impresiones táctiles, como ardor, dolor en los nervios del tacto, sensaciones de sabor en los nervios del gusto, y cuando son volátiles sensaciones de olor en el olfato. Nos es imposible ejercer una acción química sobre los nervios de los sentidos superiores, sin trasmitirla á la conciencia, de otro modo que á beneficio de sustancias introducidas en la sangre. Aquí se colocan los efectos de los narcóticos, que, como todo el mundo sabe, determinan fenómenos subjetivos de visión y audición.

IV. *Las sensaciones propias de cada nervio sensorial, pueden ser provocadas por muchas influencias internas y externas á la vez.*

Esto es lo que resulta ya de los hechos citados anteriormente, porque:

1.^o La sensación de la luz es producida en el ojo.

a. Por las vibraciones ó emanaciones que se llaman luz, según su acción sobre el órgano de la vista, aunque determinen otros muchos efectos, hasta químicos, y que también mantengan las acciones orgánicas de las plantas.

b. Por influencias mecánicas, tales como un choque y un golpe.

c. Por la electricidad.

d. Por las influencias químicas, como las de las sustancias narcóticas, digital y otras, introducidas en la san-

gre que ocasionan fenómenos subjetivos de vision, el centelleo de la vista &c.

e. Por la irritacion sanguínea en la congestion.

2.^o La sensacion de sonido en el órgano auditivo.

a. Por influencias mecánicas, vibraciones de los cuerpos, que trasmiten á dicho órgano los medios para propagarlas.

b. Por la electricidad.

c. Por los agentes químicos introducidos en la sangre (narcóticos, alterantes y nervinos).

d. Por la irritacion sanguínea.

3.^o La sensacion de los olores en los nervios olfatorios.

a. Por las influencias químicas de naturaleza volátil, los aromas.

b. Por la electricidad.

4.^o La sensacion de los sabores.

a. Por las influencias químicas que obran, ya de afuera, ya por medio de la sangre sobre los nervios del gusto. Magendie pretende que los perros á los cuales se ha inyectado leche en la sangre, experimentan su gusto y se lamen el hocico.

b. Por la electricidad.

c. Por las influencias mecánicas, tal es el sabor nauseabundo que provocan las titilaciones del velo palatino, epiglottis y base de la lengua.

5.^o Las sensaciones táctiles.

a. Por influencias mecánicas, vibraciones sonoras, estímulos de toda especie.

b. Por influencias químicas.

c. Por el calor.

d. Por la electricidad.

e. Por la irritacion sanguínea.

V. *La sensacion es la trasmision á la conciencia, no de una cualidad ó estado de los cuerpos exteriores, sino de una cualidad y estado de un nervio sensorial, determinado por una causa esterna, cualidades que varian en cada nervio sensitivo.*

En otro tiempo para esplicar la diferente aptitud que tienen los nervios sensoriales, para percibir influencias determinadas, por ejemplo, los ópticos la luz, los auditivos las vibraciones &c., se les atribuia á cada uno un modo especial de escitabilidad; pero esta hipótesis no era sufi-

ciente para explicar los hechos. Los nervios sensoriales poseen, á no dudarlo, una escitabilidad específica para ciertas influencias, porque la misma irritacion que obra con fuerza sobre un órgano de los sentidos, influye poco ó nada en otros, así las vibraciones tan rápidas como las de la luz, no obran mas que sobre los nervios ópticos y táctiles; otras mas lentas no se perciben mas que por estos y por los auditivos, los aromas no son apreciados mas que por los olfatorios &c. Los estímulos exteriores deben ser homogéneos con el órgano sensorial; la luz es el irritante homogéneo de la retina y las vibraciones menos rápidas que obran sobre el nervio auditivo, son heterogéneas ó indiferentes al nervio óptico; porque tocando el ojo con un diapason que vibra, no se experimenta mas que una sensacion táctil en la conjuntiva, sin percibir ninguna de luz; sin embargo, hemos visto que ciertos estímulos, por ejemplo la electricidad, tienen el poder de determinar sensaciones diversas en cada órgano de los sentidos; esta electricidad es pnehomogénea á todos los nervios sensoriales, y sin embargo las sensaciones que provoca difieren entre sí. Lo mismo puede decirse de otros estímulos, tales como los de la naturaleza química y mecánica. La escitabilidad específica de los nervios sensoriales no basta, pues, para explicar los hechos, y es preciso atribuir á cada uno de estos nervios, como lo hacia Aristóteles, energías determinadas que son sus cualidades vitales, lo mismo que la contractilidad es la del músculo. Esta opinion ha recibido nuevo apoyo en nuestros tiempos por las observaciones de Elliot, Darwin, Ritter, Goethe, Parkinge, y Hjort, sobre las sensaciones objetivas. Se conocen con este nombre los fenómenos provocados, no por el estímulo acostumbrado de un nervio sensorial, sino por otros que le son generalmente estraños. Por espacio de mucho tiempo se les habia mirado bajo un falso punto de vista, considerándolos como alucinaciones de los sentidos, mientras que son realmente verdades sensoriales y fenómenos fundamentales, por cuyo título merecen ser estudiados seriamente en el análisis de los sentidos.

Así la sensacion del sonido es la energía propia del nervio acústico; la de la luz y los colores la particular del nervio óptico &c. Una análisis exacta de lo que se verifica en toda sensacion, debiera ya habernos conducido á esta ver-

dad por otro camino. Las sensaciones de calor y de frío, por ejemplo, nos indican la existencia del calórico imponderable, ó de vibraciones particulares próximas á los nervios táctiles. Pero no sabemos relativamente al calor esplicarle por solo lo que constituye inmediatamente el estado de los nervios del tacto; es menester para esto entregarse al estudio de las propiedades físicas de dicho agente, buscar las leyes de su propagacion, desprendimiento, aptitud para hacerse latente de la facultad que posee de dilatar los cuerpos &c.

Y todavía no esplica esto lo que hay de particular en la sensacion de calor, como estado de los nervios. El hecho puro y desnudo de toda esplicacion, es que el calor como sensacion, se presenta siempre que obra el calórico sobre un nervio del sentimiento, y el frío se produce del mismo modo cuando el calórico se sustrae de un nervio del sentimiento.

Podemos decir otro tanto del sonido. El hecho incontestable es que cuando se comunican al nervio acústico un cierto número de vibraciones, nace el sonido como sensacion; pero el sonido con este carácter, difiere mucho de un número cualquiera de vibraciones. El mismo número de vibraciones de un diapason que trasmite los sonidos al nervio auditivo, es percibido como cosquileo por los nervios del tacto. Así que, es necesario se junte alguna cosa á las vibraciones para que podamos percibir un sonido, y esta condicion esencial se halla, á no dudar, en el nervio acústico.

La vision se encuentra en el mismo caso. La diferente fuerza con que obra el fluido imponderable llamado luz, produce una desigualdad de sensaciones en los diferentes puntos de la retina, cuya accion depende de sacudidas, ó de una corriente dotada de una velocidad infinita, ora adoptemos la teoría de la ondulacion, ora la de la emanacion. Pero esto es solamente porque la retina siente, como estando medianamente iluminados los puntos afectos, como siendo muy luminosos los que reciben una viva impresion y como permaneciendo oscuros ó sombríos, los que subsisten en reposo ó no experimentan nada, y se forma una imágen luminosa determinada, cuyos contornos estan trazados segun los puntos de dicha membrana que han sido afectos. Tambien es inherente el color al mismo

nervio óptico, y cuando procede de la luz exterior se presentan en virtud de una propiedad, que hasta ahora desconocemos, rayos á los cuales damos el epíteto de colores ó de oscilaciones necesarias para producir la sensacion del color. Los nervios del gusto y olfato son susceptibles de recibir un número infinito de determinaciones esternas; pero cada sabor depende de un estado determinado, del nervio, que las circunstancias exteriores ocasionan, y es ridículo consignar que la cualidad del ácido se trasmite por los nervios gustativos; porque el ácido tambien obra sobre los nervios táctiles, pero sin producir una sensacion de sabor.

La esencia de los estados de los nervios por medio de los cuales ven la luz, perciben el sonido y su naturaleza, como cualidad del nervio acústico, la de la luz del nervio óptico, del gusto, olfato y tacto, siempre permanecerá oculta para nosotros; jamás la conoceremos, del mismo modo que nos sucede con las causas finales de la física. Así que no hay medio de racionar sobre la sensacion del color azul; pues es un hecho superior á nuestra inteligencia. Con querer explicar las sensaciones particulares y diversas que una misma causa determina en diversos sentidos por la rapidez diferente de las vibraciones del principio nervioso, nada adelantaremos; pues aun suponiendo que esta teoría fuese verdadera, era necesario empezar por aplicarla á la explicacion de diversas sensaciones que se forman en el dominio de un sentido determinado, é investigar por medio de ella, porque, por ejemplo, el *sensorio* recibe la sensacion del color azul, rojo y amarillo; la de un sonido grave ó agudo, la del dolor ó placer, del calor ó del frio; y la del gusto amargo, dulce y agrio. En este sentido solo ofrece algun interés la explicacion siguiente: la causa de la diversa elevacion de los sonidos depende al menos de la diferente velocidad de las vibraciones de los cuerpos sonoros, y el contacto con los nervios táctiles de la piel, si permanece aislado produce una sensacion simple de tacto, pero cuando se repite con velocidad produce, del mismo modo que la vibracion de un cuerpo sonoro, una sensacion de cosquilleo, de modo que lo que dije encuentra de específico en la sensacion de placer, depende acaso, salvo en los casos que provenga de causas puramente internas, de la rapidez de las vibraciones del principio nervioso en los nervios táctiles.

Podiérase atribuir á un vago conocimiento de las sensaciones visuales por causas internas, lo que condujo á los filósofos de la antigüedad á sospechar la parte esencial que toma el ojo en la sensacion de la luz y del color. La teoría de la vision, que espuso Platon en el *Tímeo*, nos demuestra indicios que no debemos desconocer.

Aristóteles habia consignado ideas mas justas, presentadas en una forma mas científica en su tratado de los sueños, pues la esplicacion que dicho filósofo da de los fantasmas como efectos internos de los órganos sensoriales, se halla enteramente al nivel de los conocimientos actuales. Tampoco pasó por alto una observacion, hecha tambien por Spinoza, que al despertarnos podemos recoger en los órganos de los sentidos las imágenes que les han ocupado durante el sueño; siéndole además perfectamente conocidos los cambios subjetivos de color que sufre la imagen del sol en el ojo, despues de haberle estado mirando algun tiempo.

En el estado actual de los diferentes ramos de las ciencias naturales, que por su estension es preciso cultivar aparte y hasta cierto punto independientemente unos de otros, sería un problema sumamente interesante que se propusiera á los filósofos someter al crisol de la análisis las esplicaciones de los fenómenos fundamentales, y principalmente en aquellos puntos en los cuales las ciencias naturales tienen sus respectivos dominios como encajados unos en otros, por ejemplo, lo que se refiere á la accion de la luz sobre los seres orgánicos. Pero semejante trabajo ofrece inmensas dificultades; pues no hay medio de llevarle á cabo sin un profundo conocimiento de los hechos. La filosofía moderna no hace mas que deslizarse sobre esta clase de cuestiones que tanto pertenecen á la física como á la fisiología. La esposicion sucesiva de los objetos, no esplica la naturaleza de la luz, pues para que produzca este efecto en nosotros se necesita el concurso de un órgano visual viviente. Otros muchos agentes hacen tambien este mismo papel; pues si existiese para la electricidad un órgano tan delicado como para la luz, no gozaria la electricidad menos que la luz de la propiedad de manifestarnos la existencia de un mundo corporal.

De cuanto precede se deduce claramente, que los nervios sensoriales no sirven esclusivamente para transmitir las cualidades de los cuerpos á nuestro *sensorio*; pues por sus

propias cualidades y esclusiva aptitud para experimentar las modificaciones mas ó menos considerables de parte de los objetos exteriores, nos informan de la presencia de los últimos. La sensación táctil que se procura la mano no nos instruye del estado de la superficie de los cuerpos tocados, sino los puntos de nuestro cuerpo que tienen este encargo. El entendimiento y el juicio convierten la sensación simple en otra cosa diferente. Y en el diverso modo que determinan los cuerpos los estados de nuestros cuerpos, está basada la seguridad de la clasificación que establecemos por medio de nuestros sentidos. Pero, según esto, se concibe por qué el conocimiento que adquirimos por nuestros sentidos del mundo exterior, de nada nos sirve respecto al de la naturaleza y esencia de este mundo. No percibimos mas que nuestras relaciones con los objetos exteriores, y si, según el modo como hacen que las apreciamos, pudieran suministrarnos algunas ideas relativas á su naturaleza, que fueran algo exactas, tampoco tendríamos de dicha naturaleza una intuición inmediata semejante á aquella que adquiere nuestro *sensorio* de los estados de las partes de nuestro cuerpo.

VI. *Parece que un nervio sensorial solo es apto para una especie determinada de sensación; un sentido no puede ser sustituido por otro sentido.*

En cada órgano de los sentidos, puede la sensación ser llevada hasta un grado que sea agradable ó desagradable, sin que por esto cambie de naturaleza, y tome los caracteres de la sensación de otro órgano sensorial. Percibe el órgano de la vision lo agradable y desagradable como armonía de los colores y deslumbramientos, el del oido la concordancia ó discordancia de los sonidos, el gusto y olfato tienen sabores y olores que los deleitan ó desagradan; y el órgano del tacto experimenta el placer ó el dolor. Parece que aunque los órganos sensoriales esten afectados en el mas alto grado, no por eso dejan de conservar su energía específica. Todos saben que la sensación de la luz, sonido, sabores y olores, solo se perciben en los nervios correspondientes: pero esto mismo es mucho mas claro relativamente al tacto, y podemos sobre todo preguntar si la sensación del dolor no puede efectuarse en los sentidos superiores, por ejemplo, si una fuerte tension del nervio óptico se percibe solo como una sensación de luz, y no como dolor. Gran-

des son las dificultades que presenta la resolucion de este problema. Además de los nervios sensoriales específicos, los órganos de los sentidos reciben tambien nervios táctiles; así, la nariz, independientemente de los olfatorios, recibe los nervios sensitivos de la segunda rama del trigémino; la lengua posee á la vez el gusto y el sentimiento que pueden perderse aisladamente subsistiendo el otro; y otro tanto sucede en el ojo y órgano auditivo. Para resolver el problema es preciso hacer experimentos sobre los nervios sensoriales aislados. Cuantas observaciones se han recogido hasta ahora relativas á este objeto, anuncian que los nervios sensoriales no son susceptibles de ninguna otra sensacion que la que les pertenece en propiedad, y que carecen del sentimiento propiamente dicho. Magendie ha visto los nervios olfatorios de un perro insensibles á las picaduras; y tambien ha observado que las lesiones mecánicas del nervio óptico y retina, no ocasionaban dolor. Por otra parte Tortual ha demostrado que la seccion del nervio óptico, en la estirpacion del ojo, hacia ver al enfermo masas considerables de luz. Los círculos luminosos aparecen cuando se vuelven repentinamente los ojos de lado, dependiendo de la traccion del nervio óptico, y constituyen fenómenos que pertenecen á esta clase. Acontece con frecuencia cuando está indicada la estirpacion del ojo, que el mismo nervio óptico ha experimentado una degeneracion tal, que no tiene aptitud para experimentar ninguna sensacion; así que, no debemos esperar en todos los casos de la misma clase la repetición del fenómeno observado por Tortual, y en efecto no ha sucedido así en dos estirpaciones de ojos que se han practicado en Berlin. Por lo demás, no sé que la seccion del nervio sea mas dolorosa que ningun otro tiempo de la operacion; pues semejante lesion en un nervio tan voluminoso, debería ir acompañada de dolores tan atroces que arrancasen súbitamente al animal un grito espantoso, si estuviese dotado de la sensibilidad táctil.

Cuando es irritado un nervio sensorial puede, sin contradiccion, provocar á su vez otras sensaciones, con el concurso del cerebro, es decir, por reflexion. Así, la audicion de ciertos sonidos, por ejemplo del ruido ocasionado por el vidrio rayado, ocasiona una sensacion especial, una clase de temblor en los nervios táctiles. Sucede igualmente que la sensacion de una luz deslumbradora produce en el

nervio óptico, por reflexion, una impresion desagradable sobre los nervios sensitivos de la órbita y del ojo; al menos así es como llegamos á comprender las sensaciones desagradables que experimentamos en el globo ocular despues de la esposicion á una luz intensa.

En lo que se refiere á la olfacion, Magendie se ha engañado evidentemente cuando dijo, segun sus experimentos sobre la destruccion de los nervios olfatorios, que la facultad de percibir los dolores residia en las ramas nasales del trigémino; porque las sustancias que ha empleado introduciéndolas en las narices, como el ácido acético, el amoniaco, aceite de espliego y el de Dippel, escitan extraordinariamente la sensibilidad tactil de la mucosa nasal. En todos los casos bien observados de falta de nervios olfatorios, no dejaba de existir la facultad de percibir los olores.

Nadie disputará á los nervios visuales el poder obrar sobre los demás nervios del sentimiento, en los límites asignados al influjo que puede ejercer sobre los demás por el intermedio del cerebro. En efecto ¡cuánta no es la estension de las afecciones que determina una neuralgia! ¡y qué desórdenes no se manifiestan en los aparatos de los sentidos en un estado nervioso cuyo origen parte de los órganos abdominales! Pues qué ¿no se observan entonces aberraciones de la vista, zumbido de oidos &c., aunque por otra parte, muchos fenómenos de esta clase, cuyo origen se refiera al bajo vientre, le tengan mucho mas profundo, y se hagan depender de la irritacion de la medula espinal?

Tambien bajo este punto de vista es como debemos considerar la influencia del nervio frontal sobre el nervio óptico en las amaurosis que se han observado á consecuencia de sus lesiones; verdad es que esta especie de amaurosis, de las que los modernos rara vez han encontrado ejemplos, deberán referirse con mas propiedad, á la conmocion del ojo y del nervio óptico, por la contusion de la frente.

Las observaciones anatómicas alegadas en favor del replazamiento de un nervio sensorial por otro, descansan en una base muy movediza. Se ha querido decir que la rama oftálmica del trigémino servia de nervio óptico al topo: sin embargo Roch y Henle han demostrado que este animal tiene un verdadero nervio óptico, muy delgado, pero proporcionado al volúmen de su ojo, sucediendo verosímilmen-

te lo mismo en el camaleon. Treviranus y E. H. Weber han demostrado que el nervio acústico de los peces es independiente del trigémino. Cuando mas sucederia que una vaina nerviosa contuviese fibras pertenecientes á diferentes funciones, no por esto se probaria que sensaciones diversas pueden ser trasmitidas por un mismo conductor. Así es como se esplica una particularidad de los peces, en los cuales existe un nervio accesorio del acústico que nace ya del cerebro, ya del trigémino ó del par vago (1), y esta otra disposicion presentada por ciertas aves, segun Treviranus (2) que el nervio vestibular seria una rama del facial. Blainville, Mayer y Treviranus admiten los rudimentos de los nervios olfatorios en los delfines (3); desde entonces no hay necesidad de recurrir á otros nervios para esplicar el olfato en estos animales; pero ignoramos si perciben ó no los olores estos animales.

Entre los hechos fisiológicos dignos de crédito no se encuentra ningun ejemplo de verdadera sustitucion de un nervio sensorial por otro nervio entre quienes existan diferencias especificas. No se dirá hoy que los ciegos ven con los dedos porque el tacto de ellos ha adquirido un desarrollo que le hace esquisito. Relativamente á la facultad de ver con los dedos, ó con los agujeros del estómago, durante el sueño magnético, es un puro cuento en boca de los que lo dicen, y una patraña de parte de los que pretenden poseerla. Los nervios tactiles no poseen mas sensaciones que las que se refieren al tacto; así no es posible oír mas que por los nervios acústicos, porque lo único que perciben los nervios tactiles respecto á las vibraciones de los cuerpos no constituye mas que un sentimiento de temblor que en nada se parece al sonido; á la verdad no deja de ser comun hoy dia confundir entre sí las diferentes formas que tienen las vibraciones para obrar sobre el oído y el tacto. Sin el oído vivo no existe sonido alguno en el mundo y sí solo vibraciones; como sin el ojo vivo tampoco hay claridad, colores, ni oscuridad, solo las oscilaciones de una materia imponderable, la luz, ó la ausencia de ella.

VII. *Se ignora si las causas de las energias diferen-*

(1) E.-H. WEBER, *De aure et auditu*, p. 33, 101.

(2) TREVIRANUS, en *Zeitschrift fuer Physiologie*, t. V.

(3) TREVIRANUS, *Biologie*, t. V, p. 342.

tes de los nervios sensoriales residen en los mismos nervios, ó en las partes del cerebro y médula espinal de donde nacen; pero lo cierto es que las partes centrales de los nervios sensoriales en el cerebro son susceptibles de experimentar independientemente de los cordones ó conductores nerviosos las sensaciones determinadas y propias de cada sentido.

La sensibilidad específica de los nervios sensoriales por estímulos particulares debe residir sin duda en ellos mismos; sabemos por ejemplo, que las vibraciones de una rapidez ó lentitud que permiten apreciarlas, obran solo sobre los nervios de la gustacion, no contribuyen casi nada para producir la sensacion del sabor &c. Pero la reaccion especial que sucede á la exaltacion de un nervio sensorial puede verificarse de dos modos; ó los nervios transmiten directamente las cualidades diferentes al *sensorio*, ó las vibraciones semejantes hacen percibir las cualidades diversas al *sensorio* segun las propias de las porciones del órgano de este último con las que se hallan relacionados los diferentes nervios sensoriales. El problema nos parece insoluble por ahora; está enlazado con la cuestion de averiguar si existe una diferencia en la cualidad de las fibras nerviosas sensoriales motrices y orgánicas, si no convienen entre sí en el modo como se conduce en su interior la corriente y las oscilaciones del principio nervioso, ó si la diferencia en su accion depende únicamente de las partes por las cuales se distribuyen. Antes de ahora hemos consignado todo cuanto podemos decir en el estado actual relativo á esta materia.

Lo único que se sabe es que ciertos puntos centrales del cerebro participan de las energías especiales de los sentidos; porque una compresion del cerebro produce la sensacion de la luz. La parálisis completa de la retina no destruye la posibilidad de imágenes luminosas determinadas por causas internas (1). Un hombre á quien se le vació un ojo galvanizado por Humboldt no dejaba de percibir por este lado fenómenos luminosos (2). Lincke refiere que un enfermo al cual hubo que estirpar un ojo por estar canceroso, vió al dia siguiente toda clase de fenómenos

(1) He referido algunos ejemplos en mi obra *Ueber die phantastischen Gesichterscheinungen*. Cob'entz, 1836.

(2) *Die gereizte Muskel- und Nervenfasern*, t. II, p. 444.

luminosos subjetivos que le atormentaron hasta el punto de hacerle creer que los veía realmente con sus ojos; cerrando el sano observaba en la órbita vacía como flotaban delante de ella las imágenes mas variadas, luces, círculos de fuego, personas bailando, fenómenos que subsistieron por espacio de algunos dias (1).

Del mismo modo algunos que han perdido la aptitud para percibir las impresiones exteriores sobre los miembros, experimentan á veces sensaciones vivas y hasta dolorosas. Es probable que tambien aquí los órganos centrales sean la causa de estas sensaciones; y como las energías sensoriales especiales pertenecen á ciertas partes del sensorio, la cuestion se reduce á saber si los conductores de las impresiones exteriores, es decir los nervios, participan ó no de estas propiedades. No podemos responder hoy, porque los hechos tan bien se esplican por una hipótesis como por la otra. No podemos considerar como una prueba de la participacion de los mismos nervios y de las energías sensoriales determinadas, las causas internas que con tanta frecuencia producen sensaciones que se propagan hácia la periferia, pues sucede tambien á las afecciones de las partes centrales del sistema nervioso, manifestarse por síntomas cuyo asiento se refiere al exterior.

VIII. *Los nervios sensoriales no sienten inmediatamente mas que sus propios estados ó el sensorio percibe los estados de los nervios sensoriales; pero como estos últimos tienen la cualidad de cuerpos, participan de las propiedades de otros, y como ellos ocupan una estension en el espacio, puede comunicárseles una conmocion, y son susceptibles de experimentar cambios químicos por el calor y la electricidad, siguiéndose de aquí que pueden modificarse por causas externas, indicando al sensorio no solo su propio estado, sino tambien los cambios del mundo exterior, y esto de un modo peculiar á cada sentido, en razon de sus cualidades ó energías sensoriales.*

Las cualidades que nacen, como sensaciones, del concurso entre los nervios sensoriales y los órganos de los sentidos, son la sensacion de la luz, color, sonido, sabor amargo, dulce, olor fétido, fragante, dolor, placer, calor

(1) *De fungo medullari*. Léipzick, 1834.

y frío. Las que pueden depender enteramente de causas externas son, la estension, movimiento progresivo vibratorio, y los cambios químicos.

No todos los sentidos son igualmente aptos para comunicar al *sensorio* la impresion de estension en el espacio. Solo el nervio óptico y los del tacto pueden hacerlo, por ser susceptibles de percibirla por sí mismos. En el gusto es donde reside esta sensacion con mas vaguedad, y sin embargo en él se encuentra, porque tiene el poder de determinar la estension de un sabor dulce, amargo, nauseabundo, en la lengua, paladar y garganta. Sin embargo el sentido de la vista y del tacto son los que aprecian el espacio con mas exactitud. La membrana nerviosa del nervio óptico, tiene una testura que la hace muy á propósito para esta clase de perfecciones; porque segun los descubrimientos de Treviranus, las estremidades de las fibras nerviosas estan dispuestas de tal modo en la retina, que acaban por atravesar perpendicularmente todo el espesor, y sus estremidades papiliformes apretadas unas á otras, representan una membrana constituida á la manera de un empedrado ó mosaico. Del número de dichas estremidades depende la limpieza con que distinguen el espacio los sentidos de la vision; porque cada fibra representa un cambio mas ó menos visible en una impresion comun simple que estas fibras comunican al *sensorio*. La distincion del espacio por el sentido del tacto es mucho mas estensa en efecto que por el sentido de la vision; pero tiene mucha menos precision, y porciones considerables del cuerpo ó de la piel son representadas en el *sensorio* por un número pequeño de fibras; de lo que resulta que, así como lo ha demostrado E.-H. Weber, hay ciertas partes de nuestro cuerpo en las que dos puntos de la piel bastante distantes se representan como uno solo. Aunque el sentido de la vision, del tacto y del gusto sean todos tres aptos para apreciar el espacio, la cualidad del que lo percibe como tal, varía en cada uno de ellos segun las cualidades de los nervios; en el primer caso es una imágen cuya cualidad es la luz; en el segundo una sensacion de espacio, que puede depender de numerosas modificaciones del tacto, comprendidas entre el dolor y frío, placer y calor; y en el tercero una sensacion de espacio con apreciacion de un sabor.

La causa esterna que existe en el sentido, la sensacion

con estension en el espacio; puede variar mucho. Para el órgano de la vision es generalmente la luz; pero tambien puede depender de un choque que determine una sensacion humana en este órgano. En efecto, cuando se comprime una parte sola de la retina, no se produce mas que un campo luminoso correspondiente á esta parte, y que ocupa un espacio determinado en el campo visual. La misma electricidad puede ocasionar en el ojo imágenes de forma determinada, como líneas de fuego, cuya situacion varia segun la de los polos, materia en la que mas adelante volveré á insistir. En el órgano del tacto la luz produce tambien la sensacion de la estension de las partes que el sol calienta, proyectando sus rayos sobre ellas; pero en general las impresiones que nos informan de los cuerpos situados fuera de nosotros mismos por medio de este sentido son el contacto, roce, choque, presion ó comunicacion de las vibraciones que entonces percibimos como temblor. Por el órgano del tacto apreciamos á consecuencia de las impresiones mecánicas las primeras y mas importantes nociones sobre la forma y pesadez de los cuerpos, de cuyo juicio no tardamos en hacer uso para explicar la intuicion de otros sentidos.

Estando penetrados por nervios sensitivos miembros enteros y la mayor parte de nuestro cuerpo, resulta de aquí que el sentido del tacto tiene la facultad de apreciar la estension de nuestro cuerpo en todas dimensiones, porque cada punto en donde termina una fibra nerviosa está representado en el sensorio como parte integrante en el espacio. Puede acontecer tambien en el choque de nuestro cuerpo con otros, en especial si es bastante fuerte, que se propague la sensacion á cierta profundidad de nuestro cuerpo, lo que produce una sensacion contusiva en todas las dimensiones cúbicas. Pero generalmente los tres sentidos que indican la estension en el espacio solo nos demostrarán superficies, porque estos son los que abundando en nervios son afectados por el choque. Sin embargo, aquí el sentido del tacto tiene la ventaja sobre el de la vision, que las partes tangentes pueden aplicarse en muchas direcciones al rededor del cuerpo; y aunque entonces la sensacion, considerada en sí misma, sea siempre la de la estension en superficie, es decir la de nuestro cuerpo que corresponde á las superficies del objeto exterior, sin embargo, la imaginacion, despues de

los movimientos necesarios para abrazar este último, completa lo que falta á la sensacion de las superficies para llegar á la intuicion de un sólido.

El sentido de la vision difiere menos del tacto, bajo este aspecto de lo que generalmente se cree. Lo único que le falta para igualarle en todos sus puntos, es que el ojo pueda cambiar de lugar á fin de ver otras superficies del objeto; pero las desviaciones de nuestros cuerpos suplen esta falta.

La sensacion de la estension en el espacio falta casi completamente al sentido del oido, porque no siente mas que la suya: las causas de esta diferencia nos son desconocidas. La retina percibe su propia estension y su espacio, sin tener necesidad de ser afectado exteriormente el resto del mundo; los siente como una oscuridad delante de los ojos. El órgano del olfato siente distintamente cuál es la parte del cuerpo, al menos que percibe los olores, y cuando estos son penetrantes, siente que invaden toda la nariz, y que no podemos menos de percibirlos completamente. En el oido no hay ninguna percepcion de lugar en que se escuche el sonido.

La sensacion del movimiento es doble, como el movimiento mismo, es decir progresiva y vibratoria.

La sensacion del movimiento progresivo se verifica de diferentes modos en tres sentidos, el de la vista, del tacto, gusto, es decir en aquellos precisamente que tienen la facultad de distinguir el espacio en general. De estas dos facultades la primera depende de la segunda y no es mas que una simple consecuencia. Una afeccion comunica de una parte á otra de la retina y nos figuramos que el movimiento de la imagen es el del cuerpo: otro tanto sucede en el sentido del tacto; y el del gusto percibe tambien el movimiento del sabor sobre el órgano digestivo. Relativamente al oido, las sacudidas comunicadas al nervio acústico por el aparato conductor del sonido del órgano auditivo. Y últimamente, por el agua del laberinto no son estensas cuando se suceden con bastante rapidez, y mas bien parecen á un sonido cuya elevacion crece con la velocidad de las vibraciones: cuando son muy lentas, no solo distingue el nervio acústico su expresion comun, como sonido determinado, sino que tambien percibe con bastante facilidad algo de las vibraciones aisladas á la manera de un ruido.

Las vibraciones de los cuerpos, que producen el sonido en el órgano auditivo, determinan en los nervios tactiles

una especie de sacudida, y tambien ocasionan una impresion total de cosquilleo, cuando el cuerpo vibrante, por ejemplo un diapason, se aproxima á partes ricas en facultades sensitivas. Estos fenómenos son exactamente paralelos á los del órgano auditivo. Del mismo modo que los choques de un cuerpo determinan en el oido la sensacion de un ruido, cuando estan aislados y la de un sonido, cuando se suceden con velocidad. Del mismo modo tambien el nervio sensitivo percibe las sacudidas sucesivas; y si las vibraciones tienen bastante rapidez, experimenta la sensacion propia del órgano del tacto, la del cosquilleo.

Por lo demás, los experimentos con la rueda de Savart, y la sirena de Cagniar-Latour prueban que el movimiento ondulatorio no es necesario para ocasionar la afeccion del órgano auditivo, y que una sucesion rápida de impulsiones mecánicas produce un efecto análogo al de las vibraciones. En la sirena una corriente de aire ó de líquido que sale por una abertura, sufre momentáneamente una detencion por cada diente de una rueda que gira con rapidez sobre sí misma: las sacudidas que resultan de esto y son transmitidas al oido, son la causa de los sonidos, cuya elevacion crece con el número de interrupciones en un tiempo dado. En este mismo concepto los efectos de los choques de un cuerpo sobre el órgano del tacto, son iguales á los fenómenos que presenta el órgano auditivo; porque cuando le toca un diapason vibrante, el nervio sensitivo recibe tambien una sucesion rápida de choques, que tomados aisladamente cada uno, no serian capaces de producir la sensacion de cosquilleo.

La facultad de apreciar el tiempo en la sucesion de las impresiones, pertenece á todos los sentidos, solamente que es muy marcada en el nervio acústico, en el cual ha adquirido un desarrollo extraordinario. El instrumento de Savart que produce los sonidos á beneficio del roce de una rueda giratoria contra un cuerpo, ha proporcionado el medio de determinar con mas precision que se habia hecho hasta ahora, qué sonidos son los mas agudos y graves que el oido humano puede apreciar. Savart ha demostrado que cuando la fuerza es suficiente se perciben los sonidos que corresponden á veinticuatro mil choques, ó cuarenta y ocho mil vibraciones por segundo. Dos choques sucesivos, á cuatro vibraciones una despues de otra, bastan ya para formar un

sonido apreciable, es decir, un sonido que para durar un segundo exige mil choques en este tiempo, se hace perceptible cuando solamente depende de dos choques, y puede tambien apreciarse otro sonido que necesite dos mil choques ó mas por segundo; de lo que resulta, que el oido puede apreciar hasta un docemilésimo de segundo; porque el sonido mas agudo que puede obtenerse con el instrumento de Savart admite veinticuatro mil choques por segundo.

El ojo puede comunicar tambien al *sensorio* la imágen de un cuerpo vibrante, distinguiendo las vibraciones cuando son muy lentas; pero en este caso no se comunican las vibraciones al nervio óptico, de modo que las repite de la misma manera que pudiera hacerlo el nervio acústico por su expansion sobre las partes que contienen el agua del laberinto. El nervio óptico no se halla en condiciones tales que pueda propagar ó recibir las vibraciones análogas á las de un cuerpo sonoro; sería preciso para esto, que del mismo modo que el nervio acústico, se distribuyese sobre sacos membranosos llenos de agua, rodeado exteriormente de líquido y comunicando con un aparato conductor de las vibraciones. Si el nervio óptico fuese apto para percibir las vibraciones como el nervio acústico y los del tacto, la vibracion de un cuerpo, trasmitida por el aire á la retina, produciria una sensacion general de luz, como determina una de sonido en el órgano auditivo. He tenido en otro lugar ocasion de manifestar que las sacudidas de un diapason cuando el instrumento toca el bulbo del ojo, no son suficientes para escitar la sensacion especial del nervio óptico en la oscuridad. Esto puede depender de la debilidad de las sacudidas ó de su lentitud. De la debilidad de las sacudidas, que no obran inmediatamente sobre la retina, y es sin duda el punto capital, porque un choque violento dado en la parte del ojo donde se encuentra la retina produce la sucesion de luz. Puede tambien suceder que los choques aunque sean muy débiles esciten esta sensacion, cuando repitiéndose con mucha velocidad, obran sobre la misma retina. Bajo este mismo punto de vista se colocan los efectos de la luz exterior sobre el ojo, cuya accion mecánica por las oscilaciones es la que reune en su favor mayor número de probabilidades en el estado actual de la fisica. Newton se habia servido ya de la teoría de las ondülaciones de la luz para explicar la vision. Segun esta teoría, los colores dependen de la velo-

cidad de las vibraciones y ondas luminosas; y las que producen el color azul son las mas cortas. Segun Herschell, su longitud es de 16,7 millonésimas de pulgada inglesa, y su número setecientos veintisiete billones por segundo. Las ondas luminosas del rojo son mas largas, pues su longitud es de 26,7 millonésimas de pulgada, y su número cuatrocientos cincuenta y ocho billones por segundo (1). Las vibraciones de los cuerpos que producen los sonidos son mucho mas lentas. La columna de aire de un cañon de órgano de treinta y dos pies, da otras tantas vibraciones por segundo; y segun Savart, podemos apreciar los sonidos que resultan de siete á ocho golpes por segundo, cuando cada vibracion produce una impresion de una décimasesta parte de segundo.

Podemos apreciar ciertos efectos químicos por muchos sentidos, principalmente por el olfato, gusto y tacto, demostrándonoslo cada uno por medio de su energía especial. Verdad es que sobre el olfato obran con mas fuerza los cuerpos volátiles que ejercen un influjo químico sobre los nervios; y este sentido experimenta la accion de algunas sustancias que no producen impresion alguna sobre los del gusto y tacto, como son muchas sustancias odoríferas, en especial las emanaciones de los metales, del plomo, de ciertos minerales &c. Pero no se puede decir en general, que sea exclusiva del órgano olfatorio la percepcion de las sustancias volátiles, porque pueden igualmente obrar sobre los órganos del tacto y gusto, cuando tiene una naturaleza capaz de ejercer una accion química sobre ellos, y se disuelven en los líquidos que los cubren. Ciertas sustancias volátiles obran con mucha energía sobre los nervios sensitivos de algunas membranas mucosas, por ejemplo, la conjuntiva y mucosa pulmonal, no produciendo mas que simples impresiones tactiles, tales son los gases acres y asfixiantes. Hay muchas tambien que escitan vivamente el órgano tactil de la piel desnuda de su epidermis, y que provocan la manifestacion de las cualidades propias de los nervios del tacto, como el ardor, los dolores &c.

Ignoramos si los líquidos pueden obrar sobre el órgano

(1) GEHLER, *Physikalisches Wörterbuch*, t. VI, P. I, p. 349.—KUNZEK, *Die Lehre vom Lichte*, Lemberg, 1836, p. 290.

olfatorio, de modo que provoquen la sensacion de los olores. La situacion oculta de este órgano proporciona pocas ocasiones de hacer experimentos de esta clase; pero aunque hasta ahora no se ha observado nada semejante en el hombre, no nos creemos autorizados para negar *à priori* que sea imposible, en razon á que las emanaciones volátiles tienen que disolverse en la humedad de las superficies mucosas, antes de obrar sobre los nervios olfatorios. Además, los peces nos presentan el ejemplo de los animales que olfatean las sustancias disueltas, y no encuentro dificultad ninguna en admitir que un animal pueda percibir los líquidos en las cualidades de los nervios olfatorios tan bien como en los nervios gustativos. Entre olfatear en el aire y en el agua, existe la misma relacion que entre respirar en uno ú otro medio de los espuestos.

Los líquidos determinan en los nervios, tanto del órgano del tacto como del gusto, modificaciones químicas que cada uno de ellos percibe de un modo diferente. La mostaza obra de distinta manera sobre la piel que sobre la lengua, pudiendo decir otro tanto de los ácidos, álcalis y sales. A la verdad, la accion química de estas sustancias debe ser la misma en todas partes; pero la reaccion varía segun las fuerzas que animan los nervios. En la lengua se verifican, probablemente, las dos especies de efectos en nervios diferentes, pudiendo ser escitados por una misma sustancia. De todos los nervios el del gusto es sin duda el mas espuesto á las acciones químicas, y mas susceptible de resentirse por las menores modificaciones de la constitucion química de los cuerpos. Los estados en que se encuentran los nervios del tacto por las acciones químicas, presentan pocas variedades respecto al modo de sensibilidad táctil, y en la piel al menos estan defendidos por el epidermis de las impresiones de los agentes químicos.

Por su concurso con dichos agentes esternos, los tres sentidos inferiores olfato, gusto y tacto, desempeñan un papel importante cuando se trata de distinguir y reconocer las sustancias, aunque ninguna de ellas nos suministre el menor dato relativo á las propiedades íntimas de los cuerpos. Las impresiones ni son constantemente idénticas, cuando provienen de cuerpos que tienen la misma constitucion química, ni tampoco diferentes cuando son debidas á cuerpos de distinta composicion.

Los sentidos superiores no estan espuestos á la accion de los modificadores químicos esternos, de lo que sin embargo debemos guardarnos de concluir que solo los sentidos inferiores son susceptibles de percibirlos.

Una diferencia muy importante hay entre los sentidos, y es la que depende del modo de informarnos de la distancia de los cuerpos. Propiamente hablando, todos no nos indican mas que las que se verifican inmediatamente y delante de ellos. El ojo no percibe cuerpos iluminados; le encuentran sí las estremidades de rayos luminosos que lleguen hasta él, y siente los puntos de la retina que dichos rayos afectan. El órgano auditivo no percibe cuerpos vibrantes, y sí solo los choques que se le comunican por medio de sus vibraciones. Pero la imaginacion no tarda en adquirir tal imperio en los actos del sentido de la vision, que este nos parece obrar hácia fuera, que los objetos mismos toman el lugar de sus imágenes superficiales, y que la imagen de una region, cuyo espacio es el cerco de una ventana, se convierte para nosotros en la intuicion de los mismos objetos próximos ó separados. En los sentidos inferiores la imaginacion no puede mudar hasta este punto la sensacion: nosotros referimos tambien el contenido á los objetos. Pero como estos escitan las sensaciones del tacto y del gusto por su accion inmediata, la reflexion nos proporciona al momento la conciencia de la mayor ó menor exactitud, con que la afeccion de nuestros órganos permite que admitamos esta ó la otra propiedad en los cuerpos que los impresionan.

IX. *No está en la naturaleza misma de los nervios poder colocar actualmente fuera de ellos el contenido de sus sensaciones; instruida la imaginacion por la esperiencia de nuestras sensaciones, es la causa de esta separacion.*

Para conocer la accion primera y espontánea de los sentidos, independientemente de toda educacion era menester conservásemos un recuerdo exacto de nuestras primeras impresiones sensoriales, independientes de toda idea adquirida por ellas, pero esto es imposible, porque aun en el niño, las primeras impresiones que reciben sus sentidos van ya acompañadas de ideas; el único medio que nos queda es examinar los actos de sensacion y representacion con referencia á su contenido. Analizando la operacion del entendimiento que se verifica durante el ejercicio de un sentido, encontramos dos oposiciones. El sugeto que posee la facul-

tad de sentir, y la conciencia de sí mismo, por la cual los estados de los cuerpos debidos á causas externas ó internas se hacen objetos inmediatos, y el mundo exterior con el que el cuerpo de este sugeto entra en concurso. Para la conciencia, para el yo, toda sensacion, toda modificacion determinada por una causa esterna, toda pasion en fin, es ya una cosa exterior. El yo se opone, como sugeto libre, á las sensaciones mas violentas, á los dolores mas agudos. El miembro que nos causa dolor, puede ser separado, sin que el yo se resienta, y este puede perder la mayor parte de los miembros del organismo sin que por esto deje de ser el que era anteriormente. Pero colocándose bajo el punto de vista del idealismo, no existe diferencia entre este exterior que representan nuestros miembros vivos, relativamente al yo, á la conciencia, al alma, y este otro exterior constituido por los cuerpos que nos rodean. Con el sentido del tacto llegamos mas fácilmente á reconocer cómo se establece esta diferencia, y tambien es el primero que entra en concurso activo con el mundo exterior. Si suponemos un ser humano que sin haber experimentado nunca alguna sensacion visual, como el niño en la matriz, que no tiene mas que simples sensaciones tactiles debidas á las impresiones externas sobre su cuerpo, su primera idea vaga y confusa solo será la del yo modificable, en oposicion con el modificador. La matriz obliga al niño á guardar una situacion determinada, y provoca en él sensaciones, es en esta época la causa inmediata de la conciencia que adquiere por esta oposicion. ¿Pero cómo se determina el de los externos, aquel que los miembros del mismo cuerpo del feto constituyen relativamente al yo, y el del verdadero mundo exterior? De dos modos se verifica este fenómeno. Al principio el feto es dueño de los movimientos de sus miembros que mueve voluntariamente, y los percibe como instrumentos sujetos á su yo; pues no es dueño de la resistencia que le opone su ambiente, proporcionándole esta resistencia la idea de un exterior absoluto. En segundo lugar, las sensaciones difieren segun que dos puntos de su cuerpo se toquen mutuamente, produciendo así una doble sensacion, en el punto donde se verifica el contacto, ó segun que una parte de su cuerpo perciba solamente la resistencia esterna. En el primer caso, por ejemplo cuando un brazo toca á otro, la resistencia consiste en el mismo cuerpo del niño, y el

miembro que se le opone no percibe mas sensacion que el otro miembro que toca ; y á la vez perciben los miembros y son objetos exteriores de sensaciones. En el segundo caso el que determina obstáculo ocasiona á la conciencia la nocion de un objeto exterior que no pertenece á un cuerpo vivo ; el miembro que toca no despierta la idea de una parte sometida al yo , y que pertenece á todo viviente. Así , pues , nace en el feto la nocion de una resistencia que su propio cuerpo puede oponer á otras partes del mismo , y al mismo tiempo la de una resistencia , que un exterior absoluto , puede presentar á las partes de su mismo cuerpo : época desde la cual existe la nocion de un mundo exterior como causa de sensaciones. Aunque el ser animal no sienta mas que su persona , que se afectan sus nervios , y la piel , la sensacion de las causas esternas se hace desde entonces inseparable de la del tacto. Esta es la sensacion en el adulto. Cuando ponemos la mano sobre una mesa , tenemos inmediatamente la conciencia , reflexionando , de que solo percibimos la parte de nuestra mano que toca á la mesa , y no está misma ; pero si no reflexionamos , confundimos desde luego la sensacion de la superficie tocada de nuestra piel , con la idea de la resistencia , y creemos indudablemente que sentimos la misma mesa , lo que está muy distante de ser cierto. Pasando la mano por esta mesa , nos formamos la idea de un cuerpo mayor que el que pudiéramos cubrir con ella. Si se necesita para comprender la resistencia que la mano se mueva en diversas direcciones , adquirimos la idea de superficies colocadas en diferentes sentidos , y por consiguiente la de un cuerpo exterior que ocupa cierto lugar en el espacio. La sensacion que poseemos de los músculos necesarios para esto es la causa próxima de la nocion de los cuerpos exteriores , porque la primera idea de un cuerpo estenso ó que ocupa un lugar en el espacio , nace de la sensacion de nuestra corporalidad. Esta es sin duda la medida segun la cual juzgamos , en todo lo que se refiere al tacto , de la estension de todos los cuerpos que nos oponen resistencia. La cuestion de averiguar si la idea del espacio existe primordialmente en el *sensorio* , é influye sobre todas las sensaciones , ó resulta de un modo progresivo por la esperiencia , podemos pasarla ahora en silencio ; pues debemos ocuparnos de ella al hacerlo de las funciones del alma. Lo único cierto que hay es que si no existe primitiva-

mente la idea del espacio, *sensorio*, de modo que no se haga mas que despertar cuando sentimos, debe formarse experimentalmente en los primeros momentos en que entre en ejercicio el órgano del tacto.

La idea vaga de un cuerpo que siente, opuesto al mundo exterior, y llenando él mismo un espacio, y la de la estension de las cosas exteriores en este mismo espacio, existen ya, ó han adquirido cierto grado de ilustracion, antes que entre en accion el órgano visual, en el momento del nacimiento. Por ellas tardan poco en hacerse perceptibles las sensaciones del órgano de la vision, como tampoco tarda el individuo en aplicar las nociones que ha adquirido.

Es sumamente difícil, si no totalmente imposible, figurarse con alguna verosimilitud cómo el niño juzga las primeras impresiones que recibe sobre su retina, y decidir si considera á la imagen formada en el ojo como una parte de su cuerpo, ó como una cosa exterior á él. En todos los casos no puede creerse en la identidad del yo con la imagen formada; por que lo mismo que el dolor y todo lo que siente constituye un objeto opuesto á este yo del sujeto. Pero constituye otra cuestion el averiguar si esta es considerada como parte integrante del cuerpo viviente, ó una situada fuera de él y á alguna distancia. Se ha pretendido con frecuencia que es propio de la naturaleza del sentido de la vision que el sujeto no se represente la sensacion en el paraje donde ella se forma, como sucede en el órgano del tacto, es decir que la retina no se penetra por sí del estado de la sensacion, refiriéndose esta, no al sitio de la retina, sino lejos de ella, al punto donde se encuentra el objeto. Sin embargo, difícil sería probar semejante asercion; porque la oscuridad delante de los ojos cerrados, que es la sensacion del reposo y del estado no escitado de la retina, solo se percibe delante de los ojos, por consiguiente en el lugar donde se halla el órgano sensible, y nunca está detrás, á los lados ni á alguna distancia. Pero este campo visual oscuro de los ojos cerrados, es precisamente la tabla lisa sobre la cual se pintan todos los contornos de las formas visibles, pero como afeccion de partes determinadas de la retina.

Si las ideas de los objetos exteriores, como causas de la sensacion por medio del sentido de la vista no fueran innatas, el primer ejercicio de dicho órgano debería ir seguido

del mismo acto que hemos visto sucedía al primer ejercicio del tacto. Las afecciones de la retina le parecerían al yo, como objeto opuesto á él, pero de una manera confusa y sin que se supiese si se verificaban fuera del cuerpo viviente ó dentro de él; pero el niño nace con una idea confusa, y de su propio cuerpo y cosas esternas, con la idea de la realidad de estas últimas, como causas de sensaciones. Confunde la sensación y la idea del objeto que la produce, y he aquí lo que debe suceder despues, al menos segun nos es permitido congeturarlo.

Las imágenes de los objetos se marcan en superficie sobre la retina, pues no tiene mas estension que en este sentido. Así que, no determinan mas que la idea de una superficie sin producir alguna relativa á la proximidad, separacion, ó corporalidad. Por mas pronto que el niño las establezca fuera de sí, siempre son para él superficies colocadas á alguna distancia, y trata de coger las mas separadas del mismo modo que las mas próximas; quiere coger la luna. El ciego de nacimiento á quien Cheselden dió la vista con la operacion, veía todas las imágenes, como si estuviesen estendidas sobre una superficie, aunque el sentido del tacto hubiese desarrollado en él ideas muy exactas del mundo corporal, y le parecia que los objetos penetraban dentro de él.

La diferencia entre las imágenes del mundo exterior y la de nuestro propio cuerpo, que se representa con el primero en el cuadro del campo visual, se verificará de la manera siguiente: una parte de nuestro cuerpo proyecta una imagen en el ojo como lo haría un objeto esterno; esta parte, visible á nosotros mismos con los objetos exteriores, es mayor ó menor segun su situacion, puede ser una porcion considerable del tronco ó de los miembros. Relativamente á la cabeza, la imagen proyectada sobre nuestra retina no contiene mas que una pequeña parte, á saber, la superficie y estremidad de la nariz, las cejas y los labios. Esta imagen ocupa regularmente en casi todas las impresiones visuales un lugar determinado en la parte superior, media, é inferior del campo visual; es constante, mientras que las demás imágenes varían continuamente.

Así, el niño distingue pronto la imagen de su propio cuerpo que es constante, de aquellas que varían relativamente á los movimientos del cuerpo y de los ojos. Los mo-

vimientos de la imagen de su cuerpo no tardan en proporcionarle con mas seguridad la idea de él, en oposicion á las que se forma de los cuerpos exteriores, porque á estos movimientos que él ve en la imagen de la retina, corresponden los reales é intencionales de su mismo cuerpo. Las sensaciones tactiles que posee, se combinan con las visuales que adquiere, así, cuando toca una parte de su cuerpo con la mano, ve en la imagen de la retina el complemento de este acto, pues la imagen de la mano toca á la imagen del cuerpo. De este modo las ideas llegan á ser tan exactas para las sensaciones visuales, que no nos contentamos con colocar fuera de nosotros la imagen, que no consiste esencialmente mas que en una reunion de afecciones de partes alícuotas de la retina, sino que confundimos completamente lo que sentimos con los objetos, á pesar de las diferencias de magnitud.

Hay mas todavía, el campo visual que no es mas que una superficie, no tarda en convertirse en la representacion en un espacio estendido en todas direcciones; porque á cada movimiento de nuestro cuerpo, á cada paso que damos adelante las formas de las imágenes varían, lo que estaba distante se aproxima, y lo que veíamos cerca nos presenta otros grados. Esta dislocacion de las imágenes en el órgano visual, durante la locomocion del cuerpo, debe producir el mismo efecto que si caminásemos con ellas, porque la imagen de nuestro cuerpo, se encuentra durante el movimiento con la de los objetos exteriores, que varían á cada instante, dependiendo todo esto de la locomocion.

De cuanto precede se deduce que la facultad de referir al exterior aquello de que nosotros tenemos sensacion, es un resultado del concurso de la imaginacion y de los nervios, y no el efecto del sentido, que entregado á sí mismo, no percibiria mas que sus afecciones.

X. *No solamente recibe el alma el contenido de las sensaciones adquiridas por los sentidos, y las interpreta de modo que resultan representaciones é ideas; sino que tambien influye sobre dicho contenido; dando mas precision y exactitud á las sensaciones, esta intencion puede aislarse para los sentidos que aprecian la estension á las diversas partes del órgano sensible, y para los que miden el tiempo á los diversos actos de la sensacion; tambien puede dar á un sentido la preponderancia sobre los demás.*

La atención no puede consagrarse á un gran número de impresiones á la vez. Si se producen muchas al mismo tiempo disminuye su exactitud en razon del número, ó el alma no percibe claramente mas que una sola, y no tiene mas que una idea confusa de las otras, y á veces ni aun puede informarse de todo. Si la atención se separa de los nervios sensoriales, y el alma está sumida en la meditación ú ocupada por pasiones profundas, las sensaciones de los nervios permanecen completamente indiferentes al yo, que de nada se apercibe, es decir, que carece de conciencia, ó al menos es muy débil, pues el alma no puede detenerse á causa del predominio de una idea fija, y solo vuelve en sí al cabo de cierto tiempo, cuando se ha restablecido el equilibrio; cuando la idea fija que la ocupaba ha abandonado, por decirlo así, el platillo de la balanza. En vista de esto se concibe fácilmente el grado de perfeccion que ciertos sentidos pueden adquirir, cuando otros permanecen en una inacción absoluta; no hallándose entonces dividida la atención entre muchos sentidos, se consagra enteramente á la análisis de las sensaciones del que la ocupa. A tal grado llega la perfeccion del tacto en los ciegos, que distinguen sin dificultad las asperezas mas pequeñas, por ejemplo los relieves de una moneda, llegando en ocasiones á diferenciar el cuerpo ó grano de un color del de otro.

Pero la intencion tambien analiza los detalles de una sensacion. No siendo el alma capaz de prestar la misma atención á todas las partes de un punto afecto de la piel, la sensacion de estas no llega á ser exacta sino de un modo sucesivo, transmitiéndose la atención de unas fibras nerviosas á otras. La intencion puede hacer que una sensacion débil de prurito en un punto de la piel de la cara, adquiere un grado de intensidad molesta y permanente, mientras que se disipa por sí misma cuando conseguimos olvidarla. Otro tanto sucede en el órgano de la vista. Si queremos prestar nuestra atención á todo el campo de una sensacion visual, no conseguiremos ver nada de un modo exacto, pues la intencion se dirige ya sobre un punto, ya sobre otro, examina sucesivamente los detalles de la sensacion, y aquel en que se fija le aprecia mejor que el resto de la sensacion. Es menester no entender por esto que el medio de la retina donde la sensacion tenga mas vivacidad, se vuelve sucesivamente hácia diversas partes del objeto, de

modo que veamos el resto de una manera confusa. Porque la intencion puede, sin que varíe el eje visual, fijarse en la parte de la sensacion visual que está situada sobre el lado. Cuando consideramos una figura matemática compleja podemos, sin variar el eje gótico, examinar sucesivamente mejor los diversos elementos de que se compone, sin prestar atencion al resto de la figura. Un cuadrado atravesado por dos líneas determina en nosotros una impresion diferente, segun que fijemos nuestra atencion en tal ó tal parte del todo; podemos ocuparnos esclusivamente de un triángulo, despues de algunos momentos fijar nuestra atencion en una figura que le atraviesa, y mientras estamos entregados á su contemplacion lo conocemos por las líneas, por mas que existiesen ya. Se encuentran en el mismo caso los adornos de arquitectura, rosetones y arabescos; y la hermosura de estas figuras depende en gran parte del poder que tienen para obligar á nuestra atencion á que se fije en sus pormenores, lo que parece darles cierta especie de animacion. Es verdad que en general los dos ojos, si gozan del mismo grado, ven simultáneamente, pero la intencion puede hacer que predomine la impresion recibida por cualquiera de ellos, como voy á probarlo del modo siguiente: no es difícil demostrar de un modo rápido, que cuando miramos con ambos ojos hay una especie de rivalidad entre ellos, y aun sin conciencia nuestra, hallándonos en las condiciones mas comunes para la vision, resultando una impresion diferente despues de roto el equilibrio. Citaré el experimento en el cual miramos una hoja de papel blanco, colocando en cada uno de nuestros ojos un vidrio de diferente color; las impresiones del azul y amarillo difícilmente se mezclan entre sí, pues ya predomina uno ú otro de ambos colores. En ciertos momentos percibimos unas manchas azules á manera de nubes sobre un fondo amarillo, ó manchas de este último color, y de una magnitud diferente sobre un fondo azul. En otras ocasiones subsiste solo uno de dichos colores, siendo absorbido enteramente el otro. La aparicion por manchas de uno de los colores sobre el otro, prueba que la intencion puede dividirse entre parte de la retina de un ojo y parte de la retina del otro.

En el oido, que no aprecia la estension como la vista y tacto, pero que goza de una sensibilidad tan esquisita para

la division del tiempo, los efectos de la intencion son diferentes. El órgano auditivo, todo lo mas que aprecia localmente, es la perfeccion con que oye este ó el otro ruido, y entonces sucede sin duda cuando ambos lados reciben sonidos diferentes, que la atencion se consagre mas á esta que á aquella impresion. Pero lo mas admirable es el efecto de la intencion relativamente á percibir los sonidos débiles. Casi siempre son estos accesorios ó armónicos de las cuerdas ú otros instrumentos de música, constituyendo sonidos que casi nunca se aprecian; pero la intencion puede hacer bastante notable la sensacion para que nos hiera, y dicha intencion goza tambien del mismo poder relativamente á los ruidos mas insignificantes. Otra aptitud mas sorprendente todavia es poder entre los numerosos sonidos simultáneos que produce una orquesta seguir á nuestro arbitrio los de tal ó cual instrumento, que, aun siendo mas débiles que los demás, disminuyen la impresion de estos últimos sobre nuestro órgano.

Antes de terminar esta introduccion debo examinar la cuestion de si es limitado el número de sentidos, y no puede haber en ciertos animales otros que aquellos que pertenecen á nuestra especie. Sabemos la ilusion que Spallanzani sufrió atribuyendo un sentido particular á los murciélagos, por verlos despues de la pérdida de sus ojos, volar con suficiente precaucion para evitar estrellarse contra las paredes. Sabemos tambien que varios autores han atribuido un sentido especial á los animales para explicar la especie de presentimiento que tienen de la mudanza de tiempo. Como el estado de la presion atmosférica, cantidad de vapor acuoso en el aire, temperatura y elasticidad, ejercen una accion considerable sobre nuestra economía, se concibe fácilmente la posibilidad de semejante influencia en ellos, siendo mayor todavia en ciertos animales; pero cualquiera que sea la dependencia en que se halle un ser viviente por las variaciones del tiempo, no por esto existe relativamente á las sensaciones un nuevo sentido. La constitucion atmosférica puede percibirse por los estados de todo el sistema nervioso, y en especial por las sensaciones de nervios tan numerosos y espuestos á su influencia, como son los tactiles. No podemos admitir *a priori* un sentido especial para la electricidad, pues esta obra sobre todos los sentidos cuyas energías particulares escita. El carácter esen-

cial de un sentido nuevo no consiste en determinar la percepcion de objetos exteriores que no obren ordinariamente sobre los sentidos, sino en que las causas externas produzcan un modo especial de sentir que no se halle todavía comprendido entre las sensaciones de los cinco que poseemos. Un modo particular de sentir dependeria indudablemente de las fuerzas del sistema nervioso, es verdad que nada nos autoriza para asegurar *à priori* que no existe cosa semejante en ningun animal; pero no conocemos hecho alguno que nos autorice á opinar de distinto modo, y además es absolutamente imposible averiguar nada relativo á la naturaleza de una sensacion tanto sobre otras como sobre sí misma.

Se han querido considerar como una especie de sentido aparte las sensaciones internas por medio de las cuales apreciamos los estados de nuestro cuerpo, la especie de sensibilidad general colectiva, que ha recibido el nombre de *cœnæsthesis*. Esta clasificacion es viciosa, porque las sensaciones que nos proporciona la sensibilidad general son de la misma clase que las de la piel, solamente mas vagas y confusas en ciertos órganos. Poco importa para el sentido ser impresionado exterior ó interiormente, pues no hay ninguno por medio del cual apreciamos las sensaciones objetivas y subjetivas, como cosas esencialmente diferentes una de otra. La palabra tocar no espresa verdaderamente mas que una relacion especial del sentido del tacto, es decir, su relacion con el mundo exterior; pero dicho sentido solo trasmite á la percepcion sus energías, proporcionadas por los mismos nervios de doble raiz, esto es, los cerebrales y los nervios mistos. Cuando queremos espresar la accion de estos sentidos por medio de la voluntad, decimos palpar en vez de tocar, y para dar la misma idea respecto de otros sentidos, sustituimos á las palabras ver, oír, gustar y oler con las de mirar, escuchar, saborear y olfatear.

SECCION PRIMERA.

SENTIDO DE LA VISTA.

CAPITULO PRIMERO.

CONDICIONES FISICAS DE LAS IMAGENES EN GENERAL.

I. *Especies posibles de aparato de vision.*

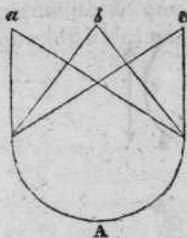
De los hechos espuestos en las nociones preliminares resulta que la luz y el color son sensaciones del nervio óptico y de la retina, y la oscuridad es la sensacion de reposo de la última, es decir, su estado de no escitacion. Las sensaciones de la luz y colores nacen de la oscuridad de la retina en reposo, siempre que se escitan las partes alícuotas de dicha membrana por cualquier estímulo interno (sangre &c.), ó esterno (presion ó electricidad). La sensacion de luz varía de lugar sobre el campo visual oscuro, relativamente igual al punto que se irrite en la retina. La imágen producida por la presion de un lado del ojo cerrado, tiene su sitio determinado; la que produce la presion del otro lado tambien tiene el suyo, es decir, la opuesta del precedente; y las que dependen de la compresion de las partes superior é inferior de la retina, tambien son opuestas. Cuando el cuerpo que comprime es pequeño, por ejemplo, una punta roma y por consiguiente la presion no ha interesado mas que una estension reducida de la retina, la imágen luminosa tambien es pequeña; si por el contrario, la presion de las partes laterales del ojo tiene cierta latitud, como la que resulta del borde de

un cuerpo anguloso, la imagen ofrece una estension correspondiente. Estas imágenes no son limitadas, porque la presión sobre el ojo al través de los párpados y membranas oculares, obra tambien hasta cierto punto en sentido de la latitud. Pero si fuese posible aislar perfectamente la presión, y reducirla á puntos determinados de la retina, obtendríamos tambien, á no dudarlo, imágenes limitadas debidas á causas mecánicas. El principio imponderable que ha recibido el nombre de luz, porque las afecciones luminosas de la retina dependen generalmente de él, cuando afecta toda esta membrana de un modo uniforme produce en ella la sensacion de una luz estendida sobre todo el campo visual, y reemplaza con una claridad la oscuridad tranquila que reinaba delante de los ojos. Pero si este principio bienhechor y homogéneo para la escitacion de la membrana nerviosa, obra solamente sobre algunas porciones de esta última, irritadas las partes alicuotas de la misma, representan en la sensacion imágenes claras y limitadas, mientras que las que no han sufrido estímulo alguno permanecen oscuras como cuando cerramos los ojos. Así es como podemos ver los cuerpos ya que produzcan directamente dicho principio y brillen por sí mismos, ya que desprovistos de esta cualidad reciban la luz de otros cuerpos luminosos, la reflejen en razon de su opacidad y la trasmitan así al ojo. La sensacion de luz nace entonces en un punto determinado de dicho órgano, y creemos tener delante el cuerpo que no hace mas que reflejar el principio escitador de esta sensacion, despues de haberlo recibido de otra parte.

Mas para que la luz proyecte sobre la retina, la imagen de los objetos de esta ú otra parte, es preciso que provenga de partes determinadas de los cuerpos exteriores, ya inmediatamente, ya por reflexion; y no hace entrar en accion mas que las partes correspondientes á la retina, siendo necesarias ciertas condiciones físicas. La luz que emana de un cuerpo luminoso se distribuye en forma de rayos en todas direcciones, si no encuentra obstáculos á su paso: de modo que un punto luminoso alumbrará á toda esta superficie, y no otro aislado de ella. Si la superficie que recibe la luz irradiante de un punto procede de la retina, la luz de dicho punto produce la sensacion de este fenómeno en la totalidad, y no en una parte sola de la mem-

brana nerviosa; pudiendo aplicarse lo mismo á los demás puntos luminosos que pueden alumbrar á la retina en forma de rayos. Supongamos que A sea

Fig. 1.



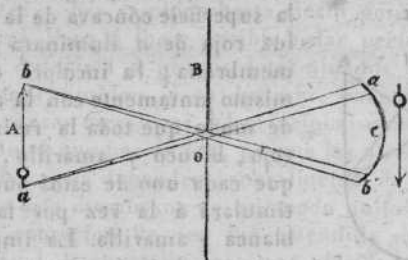
la superficie cóncava de la retina; la luz roja de *a* iluminará toda esta membrana; la incolora *b* hará lo mismo juntamente con la amarilla *c*; de modo que toda la retina A verá rojo, blanco y amarillo, es decir, que cada uno de estos puntos se estimulará á la vez por la luz roja, blanca y amarilla. La impresion no corresponderá á puntos de diferente color *a*, *b*, *c*; antes al contra-

rio será mista y producida por la reunion del rojo, blanco y amarillo, sin que *a*, *b*, *c*, puedan ser mirados como puntos separados. Otro tanto podrá decirse si la retina es convexa en su parte anterior, como en los insectos y crustáceos; así una retina desprovista de aparato óptico que separe la luz, todo lo veria confuso, y solo le sería fácil percibir la claridad general del dia distinguiéndola de las tinieblas.

Por consiguiente, para que la luz esterna escite en el ojo una imágen correspondiente á los cuerpos, es necesaria la presencia de aparatos que hagan que la luz producida por los puntos *a*, *b*, *c*, *m*, *n*, obre solamente sobre otros aislados de la retina, dispuestos en el mismo órden, y que se oponen á que un punto de dicha membrana sea iluminado á la vez por otros muchos del mundo exterior. De tres modos puede verificarse esto; pero la naturaleza al formar los ojos no ha empleado mas que dos especies de aparatos de esta clase (1).

(1) J. MULLER, *Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes*. Leipzig, 1826, p. 307.

Fig. 2.



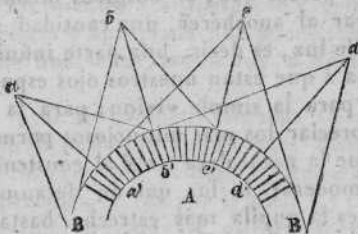
1.^o Sea A el cuerpo luminoso, C la retina, B un plano intermedio entre A y C, este plano es opaco y no da paso á la luz mas que por un agujero situado en o ; de modo que á escepcion de esta abertura se encuentra la retina en oscuridad. Los rayos luminosos a , atravesando o , aparecerán en a' de la retina; los rayos luminosos b , atravesando o , se presentarán tambien en b' , y cada punto del cuerpo $a\dots b$, se representará por su correspondiente $a'\dots b'$ de la retina. Porque $a b$ del cuerpo A son puntos matemáticos, mientras que $a'b'$ de la retina iluminada son pequeñas superficies que tienen tanta mas estension y producen una imágen mas limpia cuanto mayor es la abertura o del plano. A proporción que la abertura o es menor, la imágen es mas perfecta; pero tambien mas oscura, porque el volúmen del cono luminoso que cada punto $a\dots b$ del cuerpo envía á esta abertura, está en razon inversa de su diámetro (1).

La naturaleza no ha empleado este aparato sin duda porque el resultado debió ser muy débil y no le era posible obtener la intensidad de la luz en cada punto sino á espensas de la claridad. 2.^o El segundo medio de separar los rayos luminosos para producir una imágen sobre la retina es aquel sobre el cual llamé la atencion en 1826. Delante

(1) *Cons. sobre la cámara óptica*, ROGET, *Animal and vegetable physiology*. Londres, 1834, t. II, p. 451.—KUNZEK, *Die Lehre vom Lichte*. Lemberg, 1836, p. 28.

de la retina estan colocados perpendicularmente varios conos transparentes, paralelos entre sí, muy numerosos y que no dejan llegar á la membrana nerviosa mas que la luz dirigida en el sentido de su eje, y absorben por medio del pigmento de que se hallan barnizadas sus paredes, toda la que los hiere en direccion oblicua.

Fig. 3.



Sea A la retina que representa la superficie de una esfera, los conos transparentes B deben encontrarse en los radios de esta esfera. [La luz que parte de a, b, c, d , no puede enviar hasta la retina mas que aquellos que estan colocados en la direccion de los radios de la esfera. Así el punto a' de la retina, b' se forma en b' , c en c' y d en d' . Vemos que la claridad de la imágen debe crecer en razon del número de conos levantados sobre la superficie de la retina, que si hay mil conos, otras tantas partículas del campo visual estan representadas en la imágen, y si el número de rayos transparentes es diez mil, es diez veces mayor la pureza de la imágen. Esta organizacion, que la teoría indica como muy á propósito para construir un órgano visual, la he encontrado en los ojos compuestos de todos los insectos y crustáceos, prescindiendo de que tal órgano deba tener la forma de una esfera ó de un segmento de ella. Cuando su circunferencia es bastante-deprimida para aproximarse á una superficie plana, los conos implantados sobre ella son menos divergentes, y el ojo no corresponde mas que á una superficie limitada del mundo exterior; pero el campo se estiende en razon directa de la convexidad del ojo ó de la magnitud del segmento de esfera. La representacion de la imágen en muchos millares de

puntos separados, y que cada uno corresponde á un pequeño campo del mundo exterior, se asemeja á un mosaico; y en efecto, un mosaico construido con mucho arte es la idea mas exacta que podemos formarnos de la imágen que las criaturas dotadas de semejante órgano adquieren de los objetos exteriores. Esta especie de separacion de los rayos luminosos tiene el inconveniente que la cantidad de luz que viene á herir la retina al través de un cono, es muy pequeña; pero parece que, en nosotros mismos, como podemos observar al anochecer, una cantidad muy pequeña ó muy débil de luz, es decir, una parte infinitamente menor de aquella á que estan nuestros ojos espuestos durante el dia, basta para la simple vision; para la que no tiene por objeto apreciar los mas minuciosos pormenores; además parece que la naturaleza trató al construir nuestro ojo mas bien de moderar la luz que no de aumentar su intensidad, pues la pupila mas estrecha basta para ver en medio del dia.

3.^o El procedimiento que ha seguido la naturaleza en el aparato anterior para aislar en diversos puntos del órgano la luz que emana de diferentes lugares, consiste en escluir los rayos que impiden el efecto de su produccion. Consigue lo mismo, aunque con mas precision todavía, y sobre todo con una luz mas intensa, obligando á reunirse sobre un mismo punto los rayos que emanan de otro; pero es necesario que el órgano sensitivo se encuentre precisamente en el punto donde dichos rayos se reunen de nuevo en un mismo foco, es decir, en el vértice del cono luminoso; esta condicion, que no era necesaria en el caso precedente, es aquí de un rigor absoluto. Supongamos que el cuerpo transparente A tenga el poder de reunir en un punto a' la luz que emana de A, iluminándolo todo; que pueda asimismo juntar en b' los rayos que parten de b , y finalmente posea la facultad de asociar en cada uno de los puntos comprendidos entre a' y b' , los rayos emanados de los intermedios entre a y b , resultará una

Fig. 4.

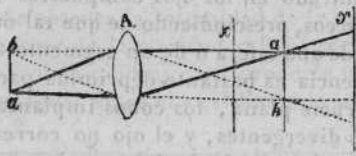


Fig. 4. Diagrama que ilustra la formación de una imagen invertida por una lente convexa. El objeto AB se sitúa entre los focos de la lente A. Los rayos que emanan de A y B se refractan y convergen en puntos a' y b' respectivamente. Una pantalla vertical x se coloca entre la lente y los puntos focales, mostrando una imagen invertida ab .

imágen tan perfecta como sea posible $a b$ en $a' b'$, viéndola en este último si se encuentra en él la retina; pero la imágen será imperfecta si la membrana nerviosa está colocada delante ó detrás de $a' b'$, por ejemplo en x ó en y , porque en este caso $a b$ y todos sus puntos intermedios proyectarán sobre la retina, no el punto que les pertenece, sino una superficie, confundiéndose la luz de todas ellas en una imágen difusa.

Los cuerpos que tienen el poder de reunir de este modo la luz, son los medios transparentes y refringentes. La forma mas perfecta y apropiada que puede tener su órgano visual, es la de una lente, segun voy á demostrar dentro de poco.

Este es el lugar de combatir algunas falsas opiniones, hijas de la ignorancia de las condiciones físicas necesarias para la vision. Se cree con demasiada frecuencia que hay animales que perciben la luz por la piel. Es cierto que algunos animales inferiores que se estimulan bajo el influjo de la luz, carecen de ojos. Rappe (1) ha visto un pólipó llamado *Veretillum Cynomorium* muy sensible á la luz y que se contrae en el momento en que aquella le hiere, prefiriendo siempre los parajes oscuros. Relativamente á los Hidras, los experimentos de Trembley, Backer, Hanow, Roesel, Schaeffer, Ch. Bonnet y Goeze, no han suministrado resultados satisfactorios. Ingenhousz y Goldfuss aseguran que la materia verde de Priestley se acumula en sitios bañados de luz. Es muy posible que la materia verde que se reúne en los parajes bañados de luz, consista en una multitud de infusorios vivos; porque muchos animalillos de esta especie tienen un tinte verde, y en otros se observan ojos, como lo ha demostrado Ehrenberg, pero lo que ordinariamente se conoce con el nombre de materia verde de Priestley es una multitud de cadáveres de infusorios verdes, tales como el *Euglena viridis* y otros.

Relativamente á la reaccion de la luz en los animales inferiores privados de ojos, no poseemos ningun hecho que pruebe que obrando sobre la piel ó toda la superficie del cuerpo de estos seres el lumínico ó sus ondulaciones, produzcan realmente la sensacion de luz y no cualquiera otra.

(1) *Nov. act. nat. cur.*, t. XIV, P. II.

Nuestra piel nos proporciona tambien la sensacion de este principio, es decir el calor; pero nunca la percibe como luz, y si somos consecuentes con los hechos solo el nervio óptico es capaz de proporcionarnos semejante sensacion. Acaso en los animales inferiores privados de ojos las reacciones lumínicas sean de la misma especie; y los vegetales tambien reaccionan con bastante fuerza sobre ella, pues que la buscan en sus espansiones, y con sus retoños tratan de encontrarla.

La necesidad de nervios particulares dotados de una sensibilidad especial para la percepcion del lumínico, está probada además por la existencia real de ojos en gran número de animales en las clases inferiores. Muchos anélidos, tales como los hereidos, y entre ellos diversas especies de *Eunice*, de *Phyllodoce*, de *Spio*, *Nais*, casi todos los hierodíneos, el *Aphrodita Heptacera* tienen puntos oculares de color oscuro en la cabeza. Un género próximo á los sabelos observado por Ehrenberg, Henle, y yo presenta dos puntos oscuros en la estremidad posterior y otros en la anterior; así es que del mismo modo rastrea hácia delante que hácia atrás. E.-H. Weber ha demostrado que la sanguíuela medicinal tiene diez ojos puntiformes en la cabeza, y que se los distingue perfectamente en su embrión, por ser su cuerpo trasparente. Los planarios tienen en la cabeza manchas oculares notables por su pigmento. Nitzsch, Dutrochet (1), Gruthuisen, y Ehrenberg han observado tambien muchos ojos en diversos circulares y rotíferos. Ehrenberg ha demostrado la existencia de estos puntos ó pigmentos en muchos infusorios, y en los asterios, en la estremidad de los radios que levantan cuando nadan; cree muy probable que los órganos pigmentarios colocados en el borde de los discos del medusa tienen el mismo objeto (2). He seguido los nervios ópticos en estos puntos oculares en los anélidos (3) y Ehrenberg ha demostrado que los nervios de los radios de las estrellas de mar se estendian en la estremidad de dichos radios hasta los ojos puntiformes.

(1) *Mém. pour servir á l'hist. anat. et physiol. des végétaux et des animaux.* Paris, 1837, t. II. p. 385.

(2) *MECKEL'S Archiv*, 1834.

(3) *Annales des sciences naturelles*, t. XXII, p. 19.

Gruithuisen admite (1) que todo punto de la piel que tiene un tinte mas oscuro, participa hasta cierto grado de la naturaleza del órgano visual, porque absorbe mas luz. Esta es una opinion completamente falsa, porque la condicion mas esencial para ver es que el nervio posea una sensibilidad especial, y que el que presida á la vision no sea un nervio tactil.

Además, la estructura de los ojos en los gusanos, prueba que es necesario un nervio óptico y un órgano particular, para distinguir simplemente el dia de la noche; porque segun mis investigaciones sobre la estructura de los órganos en los animales de la clase anélidos, es constante que carecen de un aparato óptico para la separacion de la luz, y en consecuencia nada exacto podrán distinguir. Delante de la corioidea en forma de vasito de la especie del *Nereis* que he examinado, no hay cristalino, ni otro vestigio de órganos aisladores de que se hallan provistos los insectos. El cuerpo abrazado por esta membrana no constituye mas que el bulbo del nervio óptico; así, aun cuando se trata de distinguir el dia de la noche, la naturaleza ha formado órganos para esto; y tal parece ser el destino de los puntos oculares de los planarios, asterios, rotíferos é infusorios.

Otra advertencia crítica que debo hacer en este lugar, se refiere á la opinion fundada tambien en la ignorancia de las condiciones físicas de la vision diciendo que la facultad de ver por medio de la piel, sería posible hasta en el hombre, por una exaltacion ó un cambio, una desviacion de la sensacion.

Sabemos que no nos es permitido apreciar los colores con los dedos, aunque pudiéramos llegar á distinguir por medio del tacto los cuerpos ó granos de algunas materias colorantes estendidas en capas gruesas, pues ofrecen desigualdades y contraen adherencia con las partes con quienes se ponen en contacto. La necesidad de aparatos ópticos, ya en mosaico, ya colectores, para la formacion de una imágen sobre una membrana sensible, refuta completamente la pretendida vision por los hipocondrios, ó por los dedos, en el estado que se llama magnetismo animal. Aun

(1) *Isis*, 1830, p. 251.

cuando la piel de la region epigástrica ó los dedos tuviesen la facultad de percibir la luz, cosa que es incierta, no por eso gozaria de la vision, pues no existe en dichos puntos ningun aparato capaz de recoger la luz que viene de los diferentes puntos, *a, b, c, d,n* de un objeto á los puntos *a, b, c, d,n* de la superficie sensible. Luego sin tales aparatos los hipocondrios y estremidades de los dedos, aunque pudiesen percibir la luz, no distinguirian la noche del dia. Pero careciendo estas regiones del poder de sentir la luz, y como tampoco hay sensacion que pueda desviarse, un individuo sumido en lo que se denomina sueño magnético, en ningun caso podrá distinguir, ni aun confusamente el dia de la noche, á beneficio de sus dedos y epigastrio, y si lo consigue solo es por medio de sus ojos, á los cuales es difícil privarles aun vendándolos, de la facultad de ver la claridad, y aun hasta los objetos por debajo del pañuelo, como puede convencerse de ello el que haya jugado á la gallina ciega. Que nos acostemos horizontalmente, como lo hacen los individuos sumidos en el supuesto sueño magnético, y colóquese una venda encima de los ojos, no por eso dejaremos de ver por abajo toda la estension del aposento. ¿Qué médico instruido podrá prestar fé á semejantes cuentos? Científicamente hablando, observamos que una persona que duerme tiene visiones semejantes á las que experimenta algunas veces con los ojos cerrados antes de dormirse; porque los nervios ópticos pueden ser solicitados á la sensacion tanto por una causa esterna, como por una interna. Mientras que los magnetizados no acusen otra cosa que los síntomas nerviosos ordinarios, propios de otras afecciones neuropáticas, podemos prestarles asenso; pero desde que les da por ver con los ojos tapados, ó con los dedos y el estómago, distinguir lo que pasa en la casa inmediata, ó por echarla de profetas, semejantes truhanerías lejos de merecer una admiracion necia, demandan se publique su mentira y fraude.

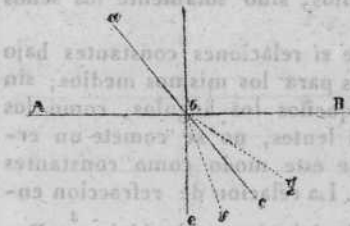
II. *Condiciones físicas de la producción de imágenes por los medios refringentes.*

La importancia de la teoría de la refraccion de la luz para la vision en el hombre y los animales, cuyos órganos visuales estan fundados en el uso que la naturaleza hace de

los medios refringentes, me impone la obligacion de recordar aqui los principales puntos de esta doctrina, para cuya esposicion completa remito á los lectores á los escritos de Porterfield (1) Priestley, Fischer, Biot, Kunzek y Brandes.

Cuando los rayos lumínicos pasan de un espacio vacío

Fig. 5.

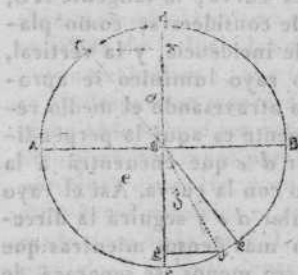


á un cuerpo trasparente, ó de un medio menos denso á otro que lo es mas, se caen perpendicularmente sobre la superficie del segundo medio, continúan caminando en línea recta pero si su incidencia es

oblicua, varían de direccion, y continuando por la prolongacion del plano de incidencia se aproximan á la perpendicular. Así A B, plano de incidencia del medio mas denso c, el rayo a b en vez de seguir la direccion b c se aproxima á la perpendicular b e y caminará en una nueva direccion b f.

Si, al contrario, los rayos pasan oblicuamente de un cuerpo trasparente á un espacio vacío, ó de un medio mas denso, á otro que sea menos, se separa de la perpendicular y en vez de la direccion b e sigue la de b g.

Fig. 6.



El rayo incidente, el refractado, y la perpendicular se hallan en el mismo plano. Si llamamos ángulo de incidencia al comprendido entre el rayo incidente ab y la perpendicular db, y ángulo de refraccion al que lo está entre el rayo refractado bf y la perpendicular be, ax es el seno del primero y fg el del segundo. La esperiencia ha enseñado que cuando ambos

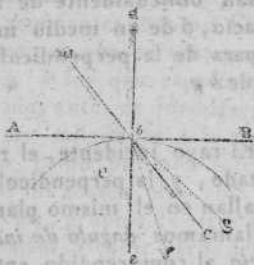
(1) *A Treatise on the eye, the manner and phannonena of vision.* Edimbourg., 1759.

medios son iguales el seno del ángulo de incidencia α está con el seno del ángulo de refracción β en una relacion constante, por grande ó pequeña que sea la inclinacion del rayo incidente respecto del medio refringente. La relacion de refraccion de ambos medios está espresada por

$\frac{\text{sen. } \alpha}{\text{sen. } \beta}$. Pero no son los ángulos, sino solamente los senos

de ellos los que tienen entre sí relaciones constantes bajo todas las incidencias posibles para los mismos medios; sin embargo, mientras son pequeños los ángulos, como los de los radios centrales de las lentes, no se comete un error notable considerando de este modo como constantes las relaciones de los ángulos. La relacion de refraccion entre el aire y el agua es $\frac{4}{3}$; la del aire y el vidrio $\frac{3}{2}$. Por lo demás el poder refringente de los cuerpos no depende solo de su densidad, sino tambien de su combustibilidad.

Fig. 7.

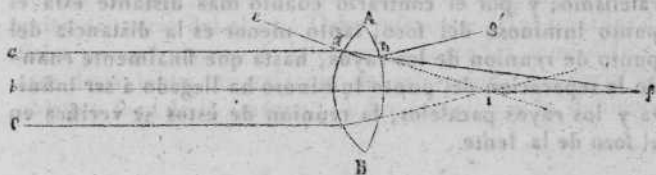


La superficie del medio refringente, cuando es curva podemos considerarla como compuesta de una infinidad de superficies planas; así cuando el rayo lumínico ab cae sobre el medio C , cuya superficie es curva, la tangente AB , puede considerarse como plano de incidencia, y la vertical, cuyo rayo lumínico se aproxima atravesando el medio refringente es aquí la perpendicular de que encuentra á la tangente en el punto de contacto con la curva. Así el rayo ab se aproximará á la perpendicular de y seguirá la dirección bf , atravesando un medio mas denso; mientras que pasando al través de otro que lo sea menos, se separará de la perpendicular de y tomará la dirección bg .

Importa para la teoría de la vision conocer las leyes de la fraccion de la luz en las lentes esféricas; porque estos cuerpos son susceptibles en ciertas condiciones, de reunir de nuevo en un punto los rayos luminosos que emanan, separándose de otro punto y proyectar por esto una imágeu del último.

Cuando los rayos luminosos paralelos ó dependientes de un punto luminoso colocado á una distancia infinita, caen sobre una superficie refringente plana, si la hieren en una direccion oblicua, sufren una refraccion, pero sin cambiar su paralelismo. Cuando por el contrario, caen sobre una lente de superficie esférica, se reunen, es decir toman una direccion convergente.

Fig. 8.

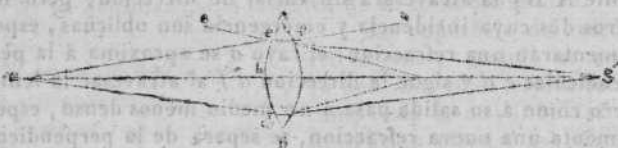


a , b , c son rayos paralelos; b corresponde al eje de la lente $A B$ y la atravesará sin variar de direccion; pero los otros dos cuya incidencia y emergencia son oblicuas, experimentarán una refraccion; el rayo a se aproxima á la perpendicular $c d$ y sigue la direccion $d f$ al atravesar la lente; pero como á su salida pasa á un medio menos denso, experimenta una nueva refraccion, se separa de la perpendicular $h g$ y por consiguiente se aproxima mas todavia al rayo $b f$ paralelo al eje, y toma la direccion $h i$. Si los rayos a y c estan á igual distancia del rayo b , la refraccion c será absolutamente la misma que la de a , es decir que despues de su salida de la lente los dos rayos cortarán al rayo b en un punto cualquiera i , que todos tres se reunirán en este punto, y despues se separarán de nuevo unos de otros. Luego, como todo lo que sea verdadero para a y c debe serlo tambien para los rayos paralelos, separados del paralelo al eje por igual distancia, y que caen con él sobre la lente, todos estos rayos paralelos se cortarán en un punto comun i , llamado *foco* de la lente. La distancia del foco de los rayos paralelos á la lente depende del poder refringente de la sustancia de que esté formada, y de la convexidad de sus superficies; así debe estar tanto mas próximo, cuanto, en igualdad de circunstancias, mas convexas sean sus caras.

Si parten los rayos del foco de la lente, experimentan al atravesarla una refraccion tal que al introducirse en ella, toman una direccion paralela unos con otros. De este

teorema y del precedente se deduce que cuando los rayos luminicos parten de un punto que está mas distante de la lente que el foco, pero sin hallarse á una distancia infinita no pueden reunirse en esta, ni en el foco de la lente. Su punto de concurso está situado entonces entre el foco y la prolongación infinita; pues cuanto mas próximo está al foco el punto luminoso, tanto mas separado de la lente está el punto de reunion de los rayos, y mas se aproximan al paralelismo; y por el contrario cuanto mas distante está el punto luminoso del foco, tanto menor es la distancia del punto de reunion de los rayos, hasta que finalmente cuando la separacion del punto luminoso ha llegado á ser infinita y los rayos paralelos, la reunion de estos se verifica en el foco de la lente.

Fig. 9.



Sea a el punto radioso colocado á una distancia de la lente AB mayor que su foco, el rayo paralelo al eje ab atravesará sin experimentar refraccion; ac se quebrará dos veces en la cara anterior y posterior de la lente; en la primera se aproximará á la perpendicular cc , caminando en la direccion cg ; volverá á refractarse en f y á su paso por un medio mas raro se separará de la perpendicular fh , es decir tomará la direccion fi . Si $bc = bd$, la refraccion del rayo ad será la misma que la de ac y ambos cortarán en un mismo punto i al que es paralelo al eje. Otro tanto debe suceder para todos los rayos del punto a que estan como ac y ad á igual distancia del eje: acd pueden considerarse como la periferia de una esfera, periferia formada por rayos luminosos que se reunen en i . La distancia del punto i á la lente se denomina distancia de la imágen, que es preciso no confundir con la del foco principal: pues esta última es en la que se reunen los rayos paralelos. El foco de los rayos divergentes está siempre detrás del principal, y se se-

para tanto mas de este cuanto mas próximo á la lente se encuentra el punto radioso.

La distancia de la imágen depende: 1.^o de la relacion de refraccion entre la lente y el medio colocado delante de ella; 2.^o de la convexidad de las dos caras de la lente, dependiente de la magnitud de los semi-diámetros de esfera, á los cuales pertenecen las convexidades; 3.^o de la distancia del objeto. Conocidos estos tres puntos podemos á beneficio del cálculo, hallar la distancia de la imágen para cualquier distancia del objeto. Debo referirme á los tratados de física para el planteo de la ecuacion entre los semi-diámetros de la lente, su relacion de refraccion, distancia del objeto y foco de la imágen (1). La ecuacion es la siguiente:

$$\frac{n-1}{f} + \frac{n-1}{g} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$

$\frac{n}{1}$ es la relacion de refraccion, ó la relacion entre el ángulo de incidencia y el de refraccion; f y g son los semi-diámetros de las convexidades de la lente; a es la distancia del punto radioso á la lente, y a' la distancia que buscamos del foco de la imágen. Supongamos que el esponente de refraccion para el aire y el vidrio sea $\frac{3}{2}$; los semi-diámetros de la lente 10 y 12 líneas, y la distancia del punto radioso 100 líneas; tendremos:

$$\frac{\frac{3-1}{2}}{\frac{10}{10}} + \frac{\frac{3-1}{2}}{\frac{12}{12}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{X} \quad \text{ó} \quad \frac{3}{2} - 1 \left[\frac{1}{10} + \frac{1}{12} \right] = \frac{1}{100} + \frac{1}{X}$$

De la fórmula $\frac{n-1}{f} + \frac{n-1}{g} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$ se deduce tambien la distancia del foco de los rayos paralelos. Como para estos,

(1) V. Á FISCHER, *Lehrbuch der mechanischen Naturlehre*, t. II, p. 211.—KUNZEK, *Die Lehre vom Lichte*, p. 115.

la distancia del punto radioso es infinita, resulta de aquí que $\frac{1}{a} = 0$: luego si a es una magnitud infinita

$$\frac{n-1}{f} + \frac{n-1}{g} = \frac{1}{a},$$

ó si llamamos a la distancia focal de los rayos divergentes, el foco principal de una lente está determinado en la fórmula

$$\frac{n-1}{f} + \frac{n-1}{g} = \frac{1}{p}.$$

Combinando la fórmula para la distancia de la imagen

$$\frac{n-1}{f} + \frac{n-1}{g} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a}$$

y la fórmula para la distancia del foco principal $\frac{n-1}{f} + \frac{n-1}{g} = \frac{1}{p}$ se obtiene una fórmula

mas sencilla para las determinaciones ópticas; porque como el primer término de las dos ecuaciones es el mismo,

se sigue que $\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a}$. Aquí p es la distancia del foco

principal de la lente, a la distancia de un punto radioso,

a , la distancia focal de la imagen, y podemos segun la distancia del foco principal de la lente y la distancia del punto radioso, encontrar sin trabajo la distancia focal de la

imagen para cada distancia del punto radioso. De la última ecuacion se deduce que $a = \frac{ap}{a-p}$.

Encontramos, pues, la distancia focal de la imagen de un punto radioso, dividiendo el producto de la distancia del objeto á la lente, y del foco principal de esta última por la diferencia de la una á la otra (1).

Si la pared que recibe la imagen no se halla á la distancia del foco, en vez de la representacion del punto radioso, se tiene la de un círculo de dispersion, ó de un segmento de cono luminoso, obteniendo el mismo resultado cuando la pared que debe recibir la imagen, está situada delante ó detrás del foco. En el primer caso los rayos del cono luminoso nunca se reunen, y en el segundo despues de verificarlo se separan de nuevo en forma de cono.

Hasta aquí hemos examinado la refraccion de las lentes en los casos que el objeto se encuentra en un punto radio-

(1) FISCHER, *Mechan. Naturlehre*, t. II, p. 213.

so; pero si dicho objeto es estenso, y sus puntos estan situados sobre un plano perpendicular á la prolongacion del eje de la lente, su imágen se proyecta tambien sobre otro plano, pero invertido.

Fig. 10.



Sea $\alpha \beta$ el objeto, el cono luminoso que parte de α es conducido á α por la refraccion; el que parte de β lo es igualmente á β , y todos los demás lo son de la misma manera. La imágen representa el objeto invertido; su parte superior se halla hácia abajo, y vice versa; la derecha es izquierda y al revés; pero la situacion relativa de las diversas partes permanece absolutamente la misma. El rayo medio del cono luminoso αa y βb se llama rayo principal porque ó no varía, ó es muy poco, como rayo de un punto luminoso que es paralelo al eje de la lente. Los demás rayos del cono convergen hácia él despues de la refraccion, y la imágen del punto se proyecta siempre en la direccion del rayo principal; de modo que este determina la situacion del punto en la imágen, y los principales de los conos luminosos de cada punto, la magnitud de aquella.

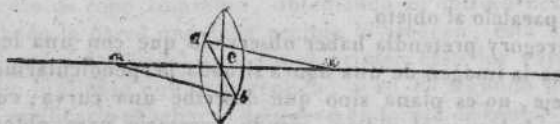
Encontramos por el cálculo los sitios de donde se reúnen los rayos, de puntos separados del eje, resultando de su determinacion que cuando el punto situado fuera del eje está inmediato, de modo que los rayos caen sobre la lente no formen mas que pequeños ángulos con el eje, los diversos puntos de la imágen estan colocados en un plano recto paralelo al objeto.

Gregory pretendia haber observado que con una lente esférica la imágen de una figura situada perpendicularmente al eje, no es plana sino que describe una curva, cuya concavidad mira al vidrio, siendo necesario para obtener una imágen plana, que las superficies de aquel tengan la forma de un segmento de cono. Priestley concede el hecho; pero responde que el error que resulta es insignificante, puesto que las superficies de las lentes no son mas que pe-

queños segmentos de esfera. Kaestner añade además que pasando por alto la aberracion de esferoididad, es decir, suponiendo los ángulos proporcionales á los senos, el cálculo mas exacto ejecutado segun esta suposicion, no demuestra ninguna corvadura en la imágen de una figura plana. Por último, es un hecho experimental el paralelismo del plano y el del objeto, cuando este tiene una direccion horizontal al eje de la lente. No es difícil demostrarlo matemáticamente en una imágen de estension, como se halla en los tratados elementales de fisica (1).

Siendo paralelas las dos superficies de una lente, y hallándose próximas al eje, los rayos que le atraviesan oblicuamente no se separan á su salida de la direccion que tenían al entrar, cuando se verifica su inmergencia ó emergencia en la parte paralela de las dos superficies de la lente. La refraccion se conduce del mismo modo que cuando los rayos atraviesan oblicuamente una lámina de vidrio cuyas superficies son perfectamente paralelas. El rayo se separa tanto de la perpendicular á su salida, cuanto se habia aproximado á la entrada, de modo que no varía de direccion: así el rayo medio de un cono luminoso algo oblicuo, que atraviesa el centro del eje de la lente, debe considerarse como que varía de direccion, y determina la de la imágen que proyecta un punto situado fuera del eje de la lente; por último, el punto por el cual deben pasar los rayos para no experimentar refraccion, no es exactamente el centro del eje de la lente, pues la convexidad difiere en ambas superficies, y aquel se separa hácia delante ó atrás, y solo en el caso en que dichas superficies tengan los radios iguales, es cuando este punto coincide con el centro del eje, y cuando recibe el nombre de *centro óptico* de la lente.

Fig. 11



Sea n el centro de la superficie anterior de la lente, es decir, de la esfera á la cual pertenece, m el de la superficie

(2) KUNZEK, *Lehre vom Lichte*, p. 150.

posterior, y a un punto elegido á arbitrio nuestro en la superficie anterior: $a n$ es el radio de esta superficie; supon- gamos que la línea $m b$ tirada del centro de la otra su- perficie m , sea paralela á $a n$, la línea $a b$ corta al eje de la lente en c , y c es el centro óptico de la lente; porque $a n$ y $m b$ son paralelos, y los ángulos $a b c$ y $m b a$ son iguales. Si $a b$ es un rayo de luz, el ángulo que forma con la perpendicular $a n$ es igual al que constituye con la per- pendicular $m b$. El ángulo de incidencia del aire en el vi- drio, se conduce relativamente al de refraccion $n a b$, del mismo modo que el ángulo de refraccion del vidrio en el aire lo ejecuta con el de incidencia $m b a$; por consiguien- te el rayo permanece paralelo en su entrada y salida, de- biéndole considerar como si no hubiera sufrido ninguna re- fraccion. Si la lente es biconvexa, pero desigualmente, el cen- tro óptico está mas próximo á la superficie mas convexa.

Hasta ahora no nos hemos ocupado mas que de la re- fraccion de los rayos que atraviesan el centro de la lente; preciso es examinar en este momento el modo de condu- cirse los que pasan por el borde, y cuál es su relacion con el foco. Cualquiera que sea la forma de una lente esférica, plana, convexa ó biconvexa, los rayos paralelos que pene- tran á igual distancia de su eje, siempre se reúnen en el mismo punto, porque sus ángulos de incidencia y de re- fraccion son iguales. Además, cuando el eje de un cono lu- minoso pasa por el de una lente, los rayos que la encuen- tran circularmente atravesándola á igual distancia de su eje, siempre se reúnen en un punto; pero ¿cómo se con- ducen los demás rayos del cono? ¿Concurren tambien en el mismo punto, ó existe otro para ellos? Para que los ra- yos paralelos $a b c d$ se reúnan en el foco o es menester que sus refracciones crezcan en proporcion á su distancia del eje de la lente.

En efecto, los ángulos de incidencia 1, 2, 3, crecen proporcionalmente á la distancia que separa los rayos $b c d$ del eje a ; es, pues, necesario para que los rayos paralelos se reúnan en un foco, que los cuerpos refringentes tengan su- perficies curvas.

Fig. 12.



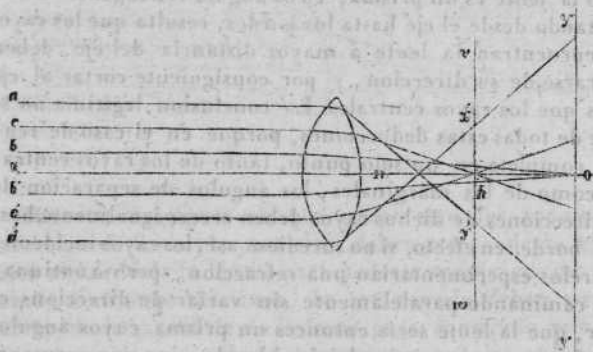
Réstanos averiguar en qué proporción los ángulos de refracción de los rayos paralelos, deben crecer desde el eje hasta el borde de la lente, para poderse reunir en un solo punto, ó en otros términos, de qué especie deben ser las curvas de la superficie de la lente para conseguir este fin. La esperiencia y el cálculo demuestran que las superficies esféricas de la lente no llenan completamente el objeto, y que las curvas necesarias á fin de que se verifique una reunion perfecta de los rayos luminosos en un punto, se separan de la forma esférica; pero no podemos obtenerlo por el desgaste de las lentes sin superficies esféricas. Cuando las superficies de estos instrumentos tienen una forma esférica, la refracción de los rayos marginales crece con mas rapidez que la necesaria para que la reunion de todos los rayos centrales y marginales pueda verificarse en un punto. Esto es lo que se llama *aberración de esferoicidad*. Los puntos de reunion son diferentes para todos los círculos de los rayos, desde el centro á la circunferencia, y estos puntos se dirigen tanto mas adelante hácia la lente, cuanto mas se ensanchan los círculos, ó pasan de los rayos marginales.

No conozco ninguna prueba matemática de este fenómeno que lo explique claramente, así que me he limitado á exponerlo, del mismo modo que se acostumbra en los manuales de física. Kunzek ha intentado explicar la aberración de esferoicidad por una deducción geométrica; pero sin conseguir nada por este medio, demuestra el cambio que sufren los rayos luminosos al través del prisma, cuando se ensancha el ángulo refringente de este último; despues añade que una lente esférica debe compararse con un prisma cuyo ángulo refringente, nulo en el eje, crece simétricamente por cada lado desde el eje hasta el borde de la lente;

luego como el rayo luminoso que atraviesa un prisma, se encuentra separado de su direccion primitiva, tanto mas cuanto mas ensancha el ángulo refringente del mismo; y como la lente es un prisma, cuyo ángulo refringente va aumentando desde el eje hasta los bordes, resulta que los rayos que encuentran la lente á mayor distancia del eje, deben separarse de su direccion, y por consiguiente cortar al eje antes que los rayos centrales. La conclusion legitima no se sigue de todas estas deducciones, porque en el caso de reunion completa en un solo punto, tanto de los rayos centrales, como de los marginales, los ángulos de separacion de las direcciones de dichos rayos deben crecer igualmente hasta su borde; en efecto, si no sucediese así, los rayos incidentes paralelos experimentarían una refraccion, pero continuarían caminando paralelamente sin variar de direccion, es decir, que la lente sería entonces un prisma cuyos ángulos de refraccion no crecerían hácia el borde, sino que permanecerían en el mismo estado, no sería una lente sino un prisma. De este modo de aumento ó de la forma de la curva, depende que los rayos marginales y centrales se reúnan ó no en un punto.

Basta para nuestro propósito dejar al hecho empírico que los rayos marginales de una lente de superficies esféricas, se reúnan antes que los centrales.

Fig. 13.



En esta figura si los rayos $d c b a b' c' d'$ son paralelos, como los rayos b y b' están colocados á igual distancia del eje a , y la refraccion es muy débil en las inmediaciones del eje, estos son los que cortan á dicho eje á la mayor distancia de la lente en el punto o . Los rayos c y c' que están mas distantes del eje, se reunirán y crecerán en h , los $d d'$ que son los mas distantes de dicho eje lo ejecutarán en n . Si se encuentra en o una superficie que recibe la luz, se forma no solo el foco de los rayos centrales, sino tambien un círculo difuso de todos los demás rayos, cuyo foco no es o sino $h n$ y otros puntos del eje $a o$; $y y'$ será el diámetro de este círculo de difusion. Si la pared está colocada en h veremos aparecer el foco de los rayos $c c'$ con el foco de difusion $x' y'$ &c.

Si los rayos $d c b a b' c' d'$ en vez de ser paralelos, constituyen la base de un cono luminoso prolongado al infinito, no se verifica la reunion en un solo punto, y observaremos sobre la pared además del punto de reunion determinado por ciertos rayos, los círculos de difusion de otros. Si los rayos pueden caer á la vez sobre la parte central y marginal de la lente, los círculos de difusion serán mayores que en cualquiera otra circunstancia, en la cual la pared se halle en $u \omega$ ó en $y y'$; porque entonces, además del punto de reunion de ciertos rayos, se presentará la difusion de los otros. Pero si podemos eliminar los rayos marginales de

modo que no pasen más que los centrales, cuando la pared se halle en el punto de reunion de estos últimos en o , el círculo de difusion desaparece completamente y la imagen es limpia. Obtenemos este resultado poniendo una especie de diafragma en todo el contorno de la lente. Será tambien clara la imagen si la luz pasa solo por el borde de la lente, y el centro está cubierto, pues no podrá formarse entonces el círculo de difusion de los rayos centrales. Este último modo no ha sido empleado en los instrumentos de óptica por ofender mas la aberracion del borde; pero todos estos instrumentos deben ir guarnecidos de unas especies de diafragmas para producir imágenes claras.

Cuando la abertura del diafragma es muy pequeña, pueden nacer fenómenos nuevos y particulares que cambien notablemente la forma y claridad de la imagen por la inflexion de la luz en los bordes de aquellos.

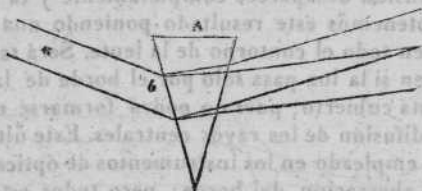
La aberracion de esferoididad puede disminuir y reducirse al minimum por un cambio de relacion entre las curvaturas de las dos superficies. Llega á ser muy pequeña segun Herschell, cuando el radio de la superficie posterior de la lente es seis ó siete veces mayor que el de la anterior. Poniendo dos lentes delgadas en contacto determinamos las relaciones de los radios bajo cuya influencia desaparece completamente la aberracion de esferoididad. Tambien debe disminuirla el aumento de densidad de una lente desde la circunferencia al centro; porque entonces el foco de los rayos centrales es mas corto y está mas próximo al de los marginales cuya longitud es menor. Las lentes que sirven para corregir la aberracion se llaman aplanáticas.

III. CONDICIONES FÍSICAS DE LOS COLORES.

A. Colores dióptricos. Teoría newtoniana de los colores.

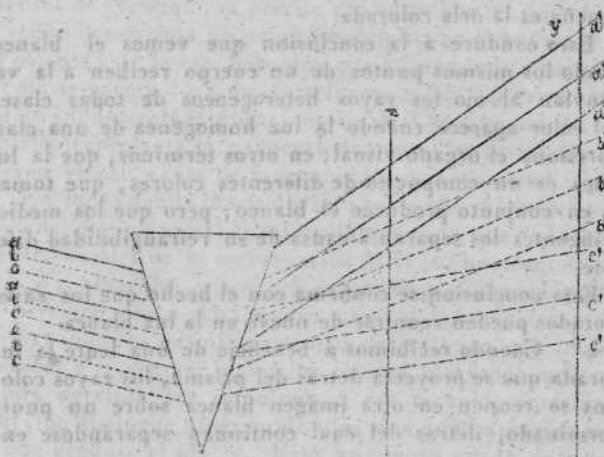
Cuando la luz sufre la refraccion, no solo se separa de su direccion, sino que tambien aparece colorada, bajo ciertas condiciones. Por medio del prisma se aprecia mejor el fenómeno de los colores.

Fig. 14.



Sea a b un haz de rayos solares, paralelos que caen oblicuamente sobre el prisma, sufren dos refracciones, una en la superficie anterior y otra en la posterior; pero en vez de continuar los rayos caminando paralelamente en esta nueva dirección, el haz de luz se estiende, y si lo recibimos en una superficie, presenta los colores del arco iris. Para observar estos colores no es necesario dirigir la luz por el agujero de una ventana en una cámara oscura, pues los vemos en medio del día cuando proyectamos la luz solar sobre una pared después de haber atravesado el prisma; pero el fenómeno es mucho más manifiesto en una cámara oscura, y los límites del espectro son más claros. En vez de una imagen redonda el haz refractado por el prisma determina una figura oblonga de bordes laterales rectos, redondeada en sus estremidades, y en la que los colores están dispuestos del modo siguiente: violado, azul, verde, amarillo, naranjado y rojo. Según las leyes de la refracción, los rayos luminosos paralelos debían recibir del prisma otra dirección, pero sin perder su paralelismo; sin embargo la imagen se ha ensanchado, luego, los rayos que han dejado de ser paralelos no han experimentado la misma refracción. Este hecho condujo á Newton á su teoría de los colores. De la acción del prisma dedujo que el haz de rayos solares sobre el cual se opera, debe contener los elementos ó los rayos que difieren de refrangibilidad, pues los que poseen un mismo grado son los únicos que continúan marchando en la misma dirección.

Fig. 15.



Si por ejemplo, en el haz de rayos paralelos $a a a$ son igualmente refrangibles, que $b b b$, dotados entre sí de la misma refrangibilidad, difieran de la de a en $c c c$, igualmente refrangibles entre sí, y lo sean de distinto modo que a y b , quedarán solo paralelos entre sí después de la refracción $a' a' a'$ $b' b' b'$ y $c' c' c'$ que tienen la misma refrangibilidad; pero ninguno de estos tres hacen conservar su paralelismo con los restantes, siempre que no la posean en el mismo grado que él. Los rayos homogéneos $a' a' a'$ aparecen bajo el mismo color, el violado; los $b' b' b'$ con el azul, y los $c' c' c'$ el verde; y así de los demás relativamente al amarillo, anaranjado y rojo. El violado y rojo están colocados en los límites extremos y opuestos del espectro, porque el primero es el mas refrangible de todos, y al último le sucede lo contrario; pero solo percibiremos los colores recibiendo a una distancia conveniente del prisma, por ejemplo y á donde los rayos $a' b' c'$ que se separan entre sí, no se confunden. Si recibimos la imagen mas cerca del prisma, por ejemplo en x , los rayos heterogéneos $a' b' c'$ se reúnen por su centro, de modo que entonces la parte media de

esta imagen es blanca, no teniendo coloradas mas que su estremidad superior é inferior. Cuanto mas próximo al prisma recibimos el espectro, menos separados estan los rayos heterogéneos, mayor y mas blanca es la parte media, y mas pequeña es la orla colorada.

Esto conduce á la conclusion que vemos el blanco cuando los mismos pantos de un cuerpo reciben á la vez y envian al ojo los rayos heterogéneos de todas clases, y el color aparece cuando la luz homogénea de una clase impresiona el órgano visual; en otros términos, que la luz blanca es un compuesto de diferentes colores, que tomados en conjunto producen el blanco; pero que los medios refringentes los separan á causa de su refrangibilidad diferente.

Esta conclusion se confirma con el hecho que los rayos colorados pueden reunirse de nuevo en la luz blanca.

1.^o Cuando recibimos á beneficio de una lente la luz colorada que se proyecta detrás del prisma, los rayos colorados se reunen en otra imagen blanca sobre un punto determinado, detrás del cual continuan separándose entre sí.

2.^o Obtenemos el mismo resultado haciendo atravesar la luz solar dos prismas cuyo ángulo refringente es el mismo, y una situacion inversa. Por la refraccion que en sentido opuesto determina, el segundo prisma destruye el efecto del primero, y hace que la imagen sea blanca.

3.^o Igual efecto obtenemos á beneficio de un espejo cóncavo, sobre el que hacemos caer oblicuamente los rayos colorados producidos por el prisma. Así reflejados en su parte inferior solo producen una imagen blanca.

Los colores dióptricos se presentan tambien, aunque menos fuertes, cuando en vez del prisma empleamos las lentes, pues entonces forman bandas coloradas al rededor de los objetos. Una lente puede considerarse como un prisma cuyo ángulo refringente crece hácia el borde del instrumento, y en el cual se verifica la descomposicion de la luz, no de arriba abajo, como en el prisma, sino en todas direcciones del centro á la circunferencia. Las tiras coloradas son tanto mas fuertes, quanto mas distante se halla la imagen del punto de reunion de los rayos.

El uso de la palabra rayo en la esposicion de la teoría newtoniana de los colores, ha producido en algunas perso-

nas la falsa idea, que en consecuencia de esta teoría cada rayo de luz blanca estaria compuesto de muchos rayos colorados que constituirian, por decirlo así, los elementos. Pero para apreciar debidamente los resultados de los descubrimientos de Newton, es preciso recordar que el órgano de la vision desempeña un papel importante en el fenómeno de los colores y de la luz. Sabemos que la membrana nerviosa del ojo se parece á un mosaico formado por las estremidades de innumerables fibras nerviosas. Cada papila de este mosaico representa la partícula elemental mas pequeña del órgano visual, capaz de experimentar una sensacion.

En tanto que la luz de distinto color cae sobre este mosaico del órgano visual de tal modo que cada una de las partes elementales de la retina reciba de la luz homogénea *a* el azul, *b* el amarillo, y *c* el rojo; estas impresiones coloradas se perciben como si existiesen unas al lado de las otras; pero cuando las mismas partículas de la retina son impresionadas á la vez por todos los colores, de modo que una papila nerviosa sea impulsada á ver el rojo, amarillo y azul, no distingue ninguno de ellos sino una impresion mista que produce el blanco. Esto es cuanto puede deducirse de las observaciones de Newton; así, la impresion simultánea de todos los colores sobre la misma partícula de la retina, produce la sensacion del blanco.

Newton admitia sin fundado motivo siete colores dióptricos, que resultan de la descomposicion de la luz blanca por la refraccion, y largo tiempo se ha admitido esta hipótesis arbitraria, que debió rectificarse por los trabajos de T. Mayer y Goethe. No hay mas que tres colores principales, el amarillo, azul, y rojo, por cuya mezcla se explican los demás. Entre el amarillo y el azul se encuentra el verde que depende de su mezcla; entre el azul y rojo el violado, y entre el rojo y amarillo el naranjado. Cuando cae la luz roja y azul sobre la misma partícula de la retina, no ve mas ninguno de estos colores sino el violado, y otro tanto puede decirse de los demás que se juntan para producir las sensaciones mistas. De aquí resulta que la asociacion de un color misto y de otro puro, corresponde á la de tres colores principales. Así por ejemplo, $\frac{2}{3}$ de naranjado y $\frac{1}{3}$ de azul son lo mismo que $\frac{2}{3}$ de azul, $\frac{1}{3}$ de rojo y $\frac{1}{3}$ de amarillo, pues estos dos últimos constituyen juntos los $\frac{2}{3}$ de naranjado. Cuando por medio de un aparato particular verificamos la

reunion del naranjado y azul prismático, resulta la impresion del blanco, como la producirian los tres colores principales reunidos. Otro tanto sucede con el rojo y el verde que contienen azul y amarillo, este y el violado que se componen del rojo y azul. Un color prismático misto, y otro prismático puro, que producen el blanco, toman el epíteto de *complementarios*, á cuya clase pertenecen el verde, rojo, amarillo, azul, y naranjado. El negro no es una cosa positiva, sino mas bien la espresion del reposo de ciertas partes de la retina, ó de todas. Cuando las impresiones de los colores sin mezcla de blanco son muy débiles, se les agrega necesariamente la circunstancia de mas ó menos oscuras al mismo tiempo. Siempre que la impresion de la luz blanca es muy débil, el órgano visual percibe el gris, ó como han dicho, una mezcla del blanco y negro. Sin embargo, el gris puede tambien depender de la reunion de los colores pigmentarios, pues los pigmentos rojo, amarillo y azul mezclados entre sí producen el gris. Podemos igualmente obtenerle con dos pigmentos solamente, siempre que uno de ellos sea un color puro y el otro uno misto, es decir, debido á la mezcla de otros dos, que con el puro representan los tres colores principales, rojo, amarillo y azul. De este modo el rojo y el verde, amarillo y violado, naranjado y azul, producen el gris; habiendo llamado tambien *complementarios* á los colores que asociándose determinan el gris.

Fig. 16.



En la figura de arriba los tres colores principales rojo, amarillo y azul, estan colocados en los ángulos de un trián-

gulo equilátero unidos por un círculo. Los colores mistos se encuentran entre los paños que les corresponden; los complementarios, cuyos pigmentos producen el gris, y los espectros prismáticos el blanco, reuniéndose, están opuestos y colocados en las dos estremidades de los diámetros. La misma figura explica también otros tintes que reunidos producirán el gris ó el blanco según su intensidad. Así, supongamos representados en el círculo todos los tintes intermedios entre los seis colores indicados en él; los colores complementarios estarán siempre colocados regularmente enfrente unos de otros, por ejemplo, el tinte entre el naranjado y el rojo es complementario del que corresponde entre el verde y el azul. Cuando después de haber dividido un disco circular en tres porciones iguales, y pintado cada una con los colores principales, se le hace girar sobre sí mismo con bastante velocidad para que los colores varíen de sitio en la retina antes que se borre su impresión, entonces se observa el gris en vez de dichos colores. Otro tanto sucede cuando está pintado el disco con dos colores complementarios, pero en ciertas proporciones (en número $\frac{2}{3}$ del misto y $\frac{1}{3}$ del puro); pero si uno de los colores predomina, influye sobre el gris que es menos puro. Dos colores primitivos, sin el complementario, jamás producen gris cuando se los mezcla; sino que solo resulta por su reunión un tinte, por ejemplo, del verde para el azul y amarillo, del violado para el rojo y azul, y del naranjado para el rojo y amarillo.

Estos hechos se han considerado como una prueba de la inexactitud de la teoría newtoniana de los colores, por la cual reunidos entre sí los principales, y por consiguiente también los complementarios debieran producir el blanco y no el gris; sin embargo, sería difícil que esto sucediera así siendo cierta la teoría de Newton; porque los pigmentos están muy confusos y absorben demasiada luz para no producir el gris en vez del blanco, cuando los mezclamos entre sí. En efecto, según la teoría de Newton, un cuerpo colorado tiene este ó el otro color para absorber uno ó muchos de los de la luz solar blanca, y solo reflejar uno determinado. La impresión de muchos campos colorados pintados sobre un disco circular, que tiene un movimiento de rotación, no puede ser blanca, porque un disco de este color refleja toda la luz, mientras que otro de diferentes co-

lores no lo hace más que con una parte. Y así, la reunión de las impresiones coloradas sobre los mismos puntos de la retina, debe ser un blanco bajo, un gris más ó menos claro ú oscuro, según la alteración en que se encuentre el pigmento.

Pero si se juntan los colores claros del espectro prismático, obtenemos un blanco puro que resulta también de la reunión de dos colores dióptricos complementarios, como lo ha demostrado Grothuss (1).

Es necesario observar que los colores claros intermedios que se obtienen por la reunión de dos prismáticos, pueden también ser descompuestos por el prisma en sus primitivos, mientras que el prisma no tiene poder para hacer otro tanto con los del espectro prismático. Esta diferencia parece probar que la luz solar contiene más de tres colores primitivos, que hay verosíblemente en ella un número infinito de rayos de diferente refrangibilidad, que los colores intermedios prismáticos y los que resultan de mezclas produzcan el mismo efecto, por ejemplo el verde, mientras que se conducen de distinto modo relativamente á su descomposición, como se explica en la teoría de la ondulación por la viveza de las ondas, pues aquellas que poseen la velocidad de los rayos verdes primitivos hacen la misma impresión en la retina, que las ondas simultáneas de velocidad diferente de rayos amarillos y azules que hieren juntamente el mismo punto de la retina. La velocidad de los rayos verdes es intermedia entre la de los azules y amarillos; pero la de los violados es más considerable que la de los azules y rojos.

Por último, la teoría newtoniana de los colores conserva su valor relativamente á los puntos esenciales, ora se adopte la doctrina de la emanación, ora se prefiera la de la ondulación; porque las impresiones que en virtud de la primera hacen los rayos de nulidad diversa de la luz colorada sobre el ojo, dependen en la segunda de la diversidad de ondas y velocidad de las luces de distintos colores, y los rayos experimentan una refracción desigual, atravesando los medios refringentes. Las objeciones que Goethe ha he-

(1) SCHWEIGER'S *Journal*, 3, 158.

cho á la teoría newtoniana de los colores, está fundada en un error. Gœthe y Seebeck consideran á los colores formados de blanco y negro, atribuyéndoles cierta oscuridad cuyo grado establece la diferencia que reina entre ellos, en razon á depender del blanco y negro, como amarillo, naranjado, rojo, violado y azul; mientras que el verde parece encontrarse entre el amarillo y el azul. Esta observacion, aunque sin influjo en la teoría de Newton es justa, y las investigaciones de Herschel han dado la confirmacion esperimental. Este último examinó la intensidad de la luz de los rayos colorados que le servian para iluminar los objetos en el microscopio, el amarillo y el verde manzana eran los que mas luz prestaban; le seguian en un órden decreciente el naranjado, rojo, azul y violado (cuyo lugar creíamos encontrar entre el rojo y azul). La claridad de los rayos verdes era mas débil tambien que la de los verde manzana. Hallamos otra prueba mas segura todavia de la diferencia de claridad entre los rayos colorados en los fenómenos que acompañan al acto de deslumbrarse cuando hemos mirado al sol y cerramos los ojos hasta producir una oscuridad completa; la imágen que deja el sol parece clara ó blanca sobre un fondo negro; pero esta imágen pasa por toda la serie de los colores hasta el negro; es decir, hasta que no se separa del fondo de este, y la serie de colores que recorre desde el blanco al negro, guarda la proporcion de los mas claros á los mas oscuros, amarillo, naranjado, rojo, violado y azul. Si por el contrario despues de haber mirado al sol fijamos la vista en una pared blanca, aparece la imágen del astro negra sobre el fondo blanco de la pared, y pasa de los tintes oscuros á los claros, hasta que llega al blanco que no podemos distinguir de la pared.

Pero por mas exacta que sea la observacion de Gœthe sobre la diferencia de claridad de los colores, no se sigue de aquí que debamos decir con él, que el color es una mezcla del claro y oscuro. Este, como ya lo he dicho anteriormente, no tiene una existencia positiva, pues no constituye mas que el reposo de ciertos puntos de la retina ó de toda la membrana. Un color puede, sin ser el resultado de la mezcla del azul y negro, estimular mas ó menos la retina, por consiguiente tener una intensidad mayor ó menor y parecer mas ó menos oscuro, dependiendo este efecto de

la diferencia de la velocidad de las ondas luminosas, de la que se observa en el volúmen de los colores, ó de cualquiera otra propiedad de la luz.

Los puntos principales de la teoría de los colores, inventada por Gœthe, estan basados en la idea falsa que tenia acerca de lo oscuro ó negro; pues lo consideraba como una cosa positiva. El gris que sustituye al blanco cuando mezclamos los pigmentos con los colores complementarios, dan cierto tinte de verdad á la opinion de Gœthe y de Seebeck, pero es fácil esplicar la formacion de este gris, y además probar que el blanco y el negro nunca producen color alguno. Solo resulta de esta mezcla el gris, bién sea que las dos impresiones como en el disco giratorio se sucedan con bastante rapidez para que la imágen persistente de un punto se confunda con la que aparece en el otro, ó bien de dos causas que obran á la vez sobre los mismos puntos de la retina, lo que equivale á decir que modificada la accion de la causa del blanco, produce el gris.

Los fenómenos que observamos mirando los objetos incoloros al través de cuerpos semitransparentes, son los que parece comprueban la teoría de Gœthe. Sin embargo, podemos esplicarlos tambien en vista de los hechos conocidos, por medio de la teoría newtoniana.

Los medios turbios, como dice Gœthe, dan á la luz el aspecto blanco, amarillo, y hasta amarillo rojizo moderándola: tal es el efecto del vidrio blanco, ó de un aire cargado de vapores durante el crepúsculo. Se atribuye este fenómeno con razon á la propiedad del vidrio blanco, que por tener siempre un tinte azulado, permite pasar mejor los rayos amarillos y rojos que los azules de la luz blanca. Sin embargo, muchos medios turbios carecen de esta propiedad, segun observa Brandes; así, por ejemplo, una nube húmeda hace aparecer blanca tanto á la luz refleja como á la trasmitada, porque deja pasar todos los colores á la vez.

Las objeciones sacadas de los fenómenos prismáticos que Gœthe presenta contra la teoría newtoniana de los colores, carece de fundamento. Este autor consigna como condicion á la imágen prismática colorada, el que se limite desde el claro al oscuro; el color no se presenta en este límite, porque necesariamente es preciso que se reunan el claro y oscuro para su produccion, lo que hace que un objeto blanco, una pared por ejemplo, vista al través del prisma, aparezca

blanca y no colorada. No obstante, este último efecto es una consecuencia legítima de la teoría de Newton; porque todos los puntos de la pared reflejan luz blanca, es decir, rayos azules, rojos y amarillos á la vez, de modo que cada parte de la retina es afectada por todos los rayos colorados juntamente, ó lo que es lo mismo, por el blanco. Creo que sea necesario un límite menos claro ú oscuro para que los colores dióptricos aparezcan; pero esta condicion es tambien necesaria, segun la teoría de Newton, porque los únicos rayos susceptibles de ser vistos como tales son aquellos que no encuentran otros colores en la imágen, y que se aíslan al límite de aquel, en virtud de su refrangibilidad diferente.

Finalmente, la esplicacion que da Gœthe de los colores prismáticos no es satisfactoria; pues segun él, la refraccion es causa de que sobre el límite de una imágen oscura y clara se coloque el campo oscuro sobre el claro y *vice versa*, resultando de esto el límite y las fajas coloradas. Sin embargo, la luz puede muy bien dispersarse en el límite oscuro sobre las partes que en el ojo estan en reposo, pero no el oscuro sobre el claro, porque bajo el punto de vista fisiológico, al que debemos referir todo en este lugar, la oscuridad siempre se refiere á aquella parte de la retina donde percibimos el estado de reposo (1). El mérito de Gœthe relativamente á la teoría de los colores, no depende de la manera como ha considerado las causas de los colores prismáticos. No es este el lugar de examinar los preciosos resultados de sus investigaciones sobre los colores fisiológicos, sobre los efectos morales de los colores y sobre la historia de su teoría.

B. Colores naturales de los cuerpos. Pigmentos.

El color natural de los cuerpos no luminosos depende inmediatamente de la luz que cae sobre ellos, y que nos

(1) He examinado mas estensamente en mi tratado titulado: *Physiologie des Gesichtsinnes* (Léipzig, 1826, p. 399 y 400) estos defectos de la teoría de Gœthe, que me ha sido imposible perfeccionar, aunque he conservado algunos principios.

envian por reflexion; pero tambien es debido á su afinidad para con ella; porque unas veces la reflejan completamente, y otras la absorben en totalidad, con desprendimiento de calor; ó bien la reflejan y absorben parcialmente, la dejan pasar enteramente, ó dejan pasar unos rayos y absorben los otros. Un cuerpo blanco es el que refleja todas las especies de luz á la vez; uno negro el que toda la absorbe sin reflejar nada; y uno colorado el que absorbe ó deja pasar ciertos rayos colorados de la luz blanca y refleja los demás. Un cuerpo trasparente incoloro deja pasar toda especie de rayos, conservando á su salida el aspecto de luz blanca, reflejando solo una pequeña parte de ellos. Un cuerpo diáfano colorado absorbe ciertos rayos luminosos, y deja atravesar otros por su sustancia; podemos demostrar experimentalmente que el color de los cuerpos opacos depende de que absorben ciertos rayos luminosos y reflejan otros.

Cuando los cuerpos colorados que reflejan ciertos rayos son iluminados por otra luz absolutamente homogénea, no estan en disposicion de reflejar esta última, sino que la absorben, resultando completamente incoloros. La mecha de una lámpara de espíritu de vino que hemos impregnado de sal marina, produce una luz homogénea amarilla, segun las observaciones de Brandes; todos los objetos que se examinan con esta luz parecen incoloros á escepcion de los amarillos. Sin embargo, en el mayor número de veces, la luz colorada no es homogénea, y contiene color blanco independientemente de un tinte especial que predomina. Los cuerpos colorados transparentes, ya parecen de un tinte diverso por reflexion, y trasmision, ya presentan el mismo en ambos casos. Una nube puede parecer azulada por reflexion y amarilla ó naranjada por trasmision; en el primer caso deja pasar los rayos amarillos y rojos, que no vemos, y nos envia los azules, reflejándolos; y en el segundo vemos los rayos naranjados por trasmision, y no los azules que son reflejados. Brandes esplica el tinte azulado, ó dorado de la atmósfera de la manera siguiente. Cuando el tiempo está sereno, parece la atmósfera azul al este y nos refleja mejor la luz de este color, dejando pasar el amarillo y rojo que no vemos; pero es naranjada al oeste, y deja pasar la luz amarilla y roja que nos trasmite, mientras que refleja la azul. Por esta razon un vidrio lechoso azulado parece de un rojo de fuego cuando le miramos contra la

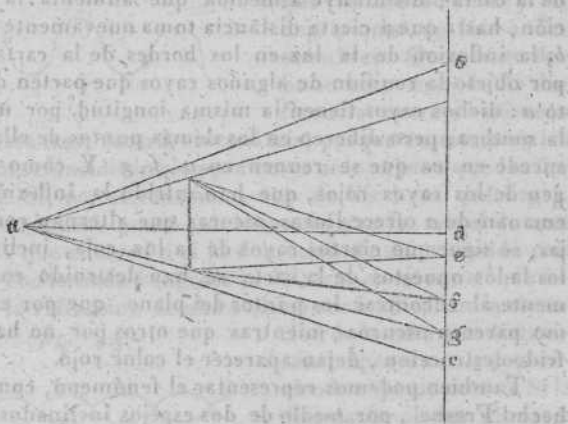
luz. Otros cuerpos transparentes tienen el mismo color por trasmision y reflexion ; pues reflejan parte de una luz colorada , mientras que dejan pasar parte de esta misma luz, y absorben completamente los demás rayos colorados.

C. Colores por interferencia de los rayos luminosos.

La teoría newtoniana de los colores no se ha destruido por los fenómenos que se esplican por el principio descubierto por Th. Young de la interferencia de los rayos luminosos , ó de la accion de las ondas lumínicas entre sí. Como muchos fenómenos de coloracion , acerca de los cuales costaba mucha dificultad formarse idea , deben su origen á esta ley , es necesario para completar la historia de los colores fisicos , esponer los principales puntos de la teoría de la interferencia , y de los colores que produce.

La propiedad de obrar recíprocamente unos sobre otros que Young descubrió en los rayos luminosos , consiste en que dos de estos rayos , que parten de un punto y llegan á otro casi por el mismo camino , y bajo un ángulo de convergencia muy pequeño , adquieren , en ciertas circunstancias , la propiedad de iluminar con mas intensidad , y la pierden en otras condiciones. Esta accion recíproca que ejer-

Fig. 17.



cen unos sobre otros , es lo que se llama interferencia. Su-

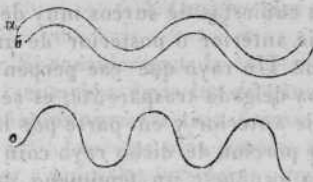
pongamos que el cono luminoso a, b, c , emana del punto a y cae sobre un espacio oscuro; que á cierta distancia del vértice del cono se encuentra una lengüeta estrecha de carton ó madera (que para mayor claridad se ha exagerado mucho en la figura) y que b, c sea un plano que recibe la sombra. Si la luz que parte de a es de un solo color, por ejemplo, el prismático rojo, en vez de una simple sombra sobre la pared bc , proyecta una serie de líneas alternativamente coloradas y oscuras, de las cuales las primeras tienen el mismo color que el cono luminoso. Si aproximamos mucho al cuerpo el plano b, c , la sombra es pura, bien manifiesta y sin líneas; y la media d es colorada. El fenómeno de las líneas claras y oscuras cesa inmediatamente despues que recibimos la luz sobre uno de los bordes de una carta, de modo que por este lado nunca llega hasta el plano b, c . Esto prueba que el fenómeno no depende de la influencia de la luz sobre los bordes, sino de la acción mutua de los rayos que pasan por delante de los bordes opuestos. Pero que estos rayos se encuentren detrás de la carta, resulta de las leyes de inflexion que rigen á la luz, siempre que pasa inmediatamente al borde de los cuerpos. En efecto, el borde de la carta, por delante del cual pasan los rayos, los hace variar desde la direccion a, b , á la g, f, e, d . La inflexion es mas fuerte en los rayos mas próximos á los bordes de la carta; disminuye á medida que aumenta la separacion, hasta que á cierta distancia toma nuevamente la de a, b ; la inflexion de la luz en los bordes de la carta tienen por objeto la reunion de algunos rayos que parten del punto a : dichos rayos tienen la misma longitud por medio de la sombra; pero difieren en los demás puntos de ella; como sucede en los que se reunen en a, f, g . Y como la imagen de los rayos rojos, que han sufrido la inflexion y que emanan de a ofrece líneas oscuras que alternan con las rojas, se sigue que ciertos rayos de la luz roja, inclinados á los lados opuestos de la carta se han destruido completamente al encontrar los puntos del plano, que por esto mismo parecen oscuros; mientras que otros por no haber sufrido destrucción, dejan aparecer el color rojo.

Tambien podemos representar el fenómeno, como lo ha hecho Fresnel, por medio de dos espejos inclinados uno sobre otro formando un ángulo muy pequeño, para conducir la interferencia de los rayos luminosos que parten de un

punto, en términos de realizar por la reflexión lo que en el caso precedente dependía de la inflexión.

La explicación de este fenómeno es fácil, según la teoría de las ondulaciones. La luz roja no se destruye en el punto *d*; pues en él coinciden una multitud de rayos de igual longitud, que han corrido las mismas ondas desde *a* hasta *d*; los rayos que coinciden en *e*, *f*, *g* son desiguales, y de la misma índole es el número de ondas que recorren hasta encontrarse. Todos los rayos interferentes de longitud desigual ó se destruyen ó refuerzan. La diferencia de los rayos que concurren en *e* puede ser menor, ó mayor que la latitud de una onda de luz roja, compuesta de una parte condensada y de otra rarefacta. Si un rayo ha corrido hasta *e* una onda entera más que otro para llegar al mismo punto, no se interrumpen ambas, según las leyes que rigen á los movimientos ondulatorios; porque la parte condensada de un rayo cae en *e* sobre la rarefacta de la onda del otro ó la parte condensada del uno sobre la rarefacta del otro, es decir la elevación de uno sobre la del inmediato y la depresión del uno sobre la del

Fig. 18.



otro, como se ve en la figura 18. Así que, no puede resultar de esto más que un refuerzo del rayo reflejado por el plano, porque las elevaciones y las depresiones de las ondas se cubren. Otro tanto debe suceder cuando la diferencia entre el número

de ondas sea tres, cuatro, cinco ó seis, porque en este caso las elevaciones coincidirán siempre entre sí lo mismo que las depresiones. Si, por el contrario, uno de los rayos que llegan juntos á un mismo punto, no hace más que la mitad de una onda más que el otro, ó si la depresión de uno coincide con la mitad condensada ó engrosada del otro, como se ve en la figura 19 la refracción de una onda se confundirá con la elevación de la otra y se destruirán recíprocamente, apareciendo el punto oscuro. Si la diferencia de los números de dos rayos es menor que una onda, pero mayor que

Fig. 19.



de la otra y se destruirán recíprocamente, apareciendo el punto oscuro. Si la diferencia de los números de dos rayos es menor que una onda, pero mayor que

media ó que una entera, y mas pequeña que dos, los movimientos de los rayos se oscurecerán mas ó menos. Vemos sin dificultad como estos fenómenos deben suministrar ocasion de encontrar por medio del cálculo la longitud de las ondas luminosas en diferentes colores. Finalmente, las líneas oscuras y claras varian de situacion con respecto á la especie de luz colorada sobre la cual hacemos los experimentos.

En el caso en cuestion, los rayos luminosos conducidos á la interferencia eran de luz colorada homogénea que partian de un punto. Empleando la luz blanca, vemos aparecer los fenómenos de coloracion de que nos ocupamos para nuestro objeto. En vez de fajas homogéneas alternativamente coloradas y oscuras, vemos que brillan colores homogéneos mas vivos: cuya esplicacion hemos dado en el experimento anterior. Como las ondas de cada color de los contenidos en la luz blanca tienen diferente latitud, cada uno de los colores principales de esta luz, tendrá sus fajas particulares, claras y oscuras, colocadas en diverso lugar.

Del principio de la interferencia podemos fácilmente deducir los colores diversos que se observan en las láminas delgadas de los cuerpos que tienen una estructura laminosa, y sobre las superficies cubiertas de surcos muy delicados. Sábese que la superficie anterior ó posterior de un cuerpo trasparente refleja la luz. Un rayo que cae perpendicularmente sobre una lámina delgada trasparente, es reflejado en parte por la superficie anterior y en parte por la posterior; la primera y última porcion de dicho rayo coinciden en la reflexion, debiendo producir un fenómeno de interferencia si la diferencia de las distancias que recorren es muy pequeña. Otro tanto sucede á los rayos oblicuos; porque con el reflejado por la cara anterior coincide parte de algunos rayos reflejados por la posterior, y hay interferencia. De este modo se esplican los colores que se observan en algunas superficies con estrías muy finas; y á estas se refieren las irradiaciones de las laminillas de mica, vidrio en hoja, bolas de jabon, nácar de perla &c.

Por conclusion de estas observaciones, consignaré las longitudes y velocidad de las ondas luminosas en los diferentes colores, tales como Herschel las ha calculado, segun los fenómenos de interferencia.

LONGITUD DE LAS ONDAS EN MILLONESIMAS DE PULGADA INGLESA.	NUMERO DE ONDAS POR PULGADA.	NUMERO DE MILLO- NES DE VI- BRACION POR SE- GUNDO.
Límite del rojo. 26,6	37640	458
Límite del rojo naranjado. . . . 24,6	40720	495
Límite del naranjado y amarillo. 23,5	42510	517
Límite del amarillo y verde. . . 21,9	45600	555
Límite del verde y azul. 20,3	49320	600
Límite del azul y añil. 18,9	52910	644
Límite del azul y violado. . . . 18,1	55240	672
Límite del violado extremo. . . 16,7	59750	727

CAPITULO SEGUNDO.

DEL OJO COMO APARATO DE ÓPTICA.

I. Construcción óptica del ojo.

Si consideramos la construcción del ojo relativamente á la sensación de la luz en general y la vista en particular, podemos apreciar tres formas principales:

1.^o Los ojos mas simples ó puntos oculares de los vermes y animales inferiores, en los cuales ignoramos si estos órganos les proporcionan otra cosa mas que la sensación general de luz, es decir si les permiten distinguir algo mas que el dia y la noche, la claridad y oscuridad de los sitios en que habitan.

2.^a Los ojos de los insectos y crustáceos dispuestos á manera de mosaico y provistos de medios transparentes aisladores de la luz.

3.^a Los ojos con medios transparentes que reúnen la luz.

A. Ojos simples ó puntos oculares de los vermes y otros animales inferiores.

Se puede demostrar que los ojos de los insectos, crustá-

ceos y moluscos están provistos de aparato trasparente y necesario para separar la luz que proviene de diferentes puntos de los objetos. ¿Podemos decir otro tanto de los puntos oculares que se ven en los vermes y otros animales inferiores? ¿carecen estos ojos de instrumentos ópticos, y solo están destinados á distinguir la claridad de las tinieblas en general, la noche y el dia? He manifestado anteriormente cuáles son los animales en quienes se encuentran: la sanguijuela medicinal tiene diez dispuestos en semicírculo en la cara exterior de la porcion cefálica, encima de la boca. Segun Weber se elevan por encima de la superficie como una verruga, y se prolongan á la manera de cilindros en el interior del animal; su estremidad está cubierta de una membrana convexa, trasparente, sobre la cual se encuentra una lámina negra, y la estremidad inferior de los cilindros tambien lo es. No se observa pupila ni partes transparentes, como tampoco se ve en los ojos semicirculares de muchos planarios. He estudiado la estructura de los puntos oculares en los nereidos, y en el género *Nereis* de Audouin y Edwards hay cuatro colocados en un cuadro sobre la superficie de la cabeza, no forman prominencia y están cubiertos simplemente por la epidermis. Redondeados posteriormente, y planos por el lado que viene la luz, se componen de una membrana negra, agujereada en forma de embudo, y de un cuerpo redondo, blanco, opaco, contenido en esta membrana y que se prolonga en un nervio óptico. Los cuatro nervios ópticos de los cuatro ojos, se introducen separadamente en la cara superior del cerebro. Tenemos, pues en este animal los ojos sin aparatos ópticos transparentes. La expansion colocada en la coroidea es accesible á la luz, porque dicha coroidea falta en el lado esterno, y ofrece en su lugar una abertura circular; pero esta expansion parece estar formada por la estremidad pupilar del nervio óptico, pues tiene el mismo aspecto é indudablemente es continuacion suya. Es verdad que el nereido habia estado antes en alcohol, pero á pesar de esta inmersión las partes transparentes de los ojos de los insectos, arágnides y moluscos conservan su transparencia (1). Rathke (2) tam-

(1) MULLER, en *Ann. des sc. nat.*, XXII, p. 19.

(2) *De Bopyro et Nereide*. Riga, 1837.

bien ha observado, en el *Nereis Dumerilii*, una abertura en forma de pupila en la corioidea. Este anatómico describe además una especie de ojos que pertenecen al género *Lycoris*, de la misma familia de los nereidos; faltaba la pupila, y la corioidea rodeaba todo el ojo. Menos se puede admitir en estos la facultad de distinguir las formas, y cuando mas supondremos que perciben confusamente la luz y la oscuridad por medio de la luz que atraviesa el barniz pigmentario. R. Wager (1), que ha reconocido en los nereidos recientes la expansion pupilar del nervio óptico, y la falta de todo órgano trasparente, cree haber percibido en las sanguijuelas medicinales muy pequeñas partes transparentes, una especie de cristalino situado en la region anterior del cuerpo vítreo en forma de campana, y cubierto de un pigmento granuloso, rojo y poco adherente. Lo que hay de cierto, es que entre los animales de la familia de los nereidos, los unos tienen una pupila sin órganos transparentes interiores, y los otros hasta carecen de ella. Estamos, pues, autorizados para creer que solo pueden distinguir de un modo general la luz de las tinieblas.

La existencia de verdaderos órganos visuales en un género de nereidos sin pupila, con un barniz pigmentario que cubre todo el ojo, y la analogía de este órgano con los de otros nereidos que tienen pupila, hace creer que tambien existe la facultad de percibir la luz en otros animales inferiores que tienen puntos oculares negros ó de color oscuro, y en los cuales no se percibe pupila. Entre los vertebrados solo se conoce un ejemplo de ojos sin aparatos ópticos. He hallado en la *Myxina glutinosa* un ojo pequeño colocado, no solo debajo de la piel, sino tambien debajo de los músculos, mientras que el ojo de los bdelostomos, próximos á estos animales está situado en la superficie. El ojo de la myxina carece de cristalino; solo se encuentra un cuerpo que le llena completamente, y que se parece mas á un bulbo del nervio óptico que al cuerpo vítreo. Aunque el ojo está cubierto de músculos, sin embargo, la facultad de percibir la luz puede conservarse por algun tiempo, pues vemos la luz al través del grosor de los dedos y huesos. Estos animales solo pueden distinguir la noche del dia.

(1) *Vergleichende Anatomie*, t. I. p. 428.

B. *Ojos compuestos, ó en forma de mosaico, en los insectos y crustáceos.*

Los ojos compuestos de los insectos y crustáceos (1) son segmentos de esfera mayores ó menores, inmóviles en los insectos, pero con movimiento sobre un pedicelo en los decapodos, crustáceos, y otros. El nervio óptico se ensancha en su interior en una esfera gruesa, ó un segmento de ella, de cuya superficie se elevan millares de fibras nerviosas primitivas, que se dirigen como otros tantos rayos á la superficie del órgano. Sin embargo, estas fibras nunca llegan hasta el epidermis trasparente. Entre sus estremidades y la córnea trasparente se encuentran conos de la misma especie, tambien dirigidos en forma de rayos hácia la cara interna de la córnea, cuyas bases se reúnen con esta cara, mientras que los vértices abrazan la estremidad de las fibras del nervio óptico. La longitud de los conos varía mucho segun las especies. Generalmente son cinco ó seis veces tan largos como anchos, segun se observa en los coleópteros y lepidópteros. Rara vez son muy cortos; su longitud excede apenas á su latitud en las moscas entre los dípteros. La córnea entre los insectos y crustáceos decapodos está dividida igualmente en forma de mosaico; cada division llamada faceta corresponde á un cono trasparente con el cual está unida, y á una fibra del nervio óptico las facetas, exágonas en los insectos, rara vez tienen esta forma en los crustáceos, pues casi siempre son cuadradas aunque sus divisiones no se verifican por líneas rectas; porque la convexidad de la superficie del ojo influye en que sean curvas. Es raro que las facetas esten un poco elevadas al exterior ó al interior, es decir que sean lenticulares, como en los lepidópteros; la superficie en general es bastante plana y tiene algunas veces un grosor considerable, como por

(1) Véase sobre esta materia á MULLER, *Zur Physiologie des Gesichtssinnes*. Léipzig, 1826. — *Ann. des sc. nat.*, t. XVII, p. 225, 365. — Continuacion, en *MECKEL's Archiv*, 1829, 38, 177. — F. WILL, *Beiträge zur Anatomie der zusammengesetzten Augen mit facettirten Hornhaut*. Léipzig, 1840. — El mismo en *MULLER's Archiv*, 1843, p. 349.

ejemplo, en los ortópteros y coleópteros. La semejanza entre la cara anterior y posterior hace que esperemos poco de su acción sobre la luz; así, he demostrado que faltan en un gran número de crustáceos y en especial los entomostráceos, en los cuales existen también los conos transparentes. En este caso la superficie de la córnea es perfectamente plana, tanto exterior como interiormente, y solo se observa que las bases de los conos son redondeadas, en vez de estar unidas como generalmente sucede, con las facetas de la membrana. Entre los conos transparentes, y aun entre las fibras del nervio óptico, existe el pigmento claro, oscuro, negro, morado, azul turquí, purpurino, moreno, amarillo oscuro, amarillo claro, verde &c. y á veces este pigmento forma muchas capas sobrepuestas de diferentes colores. Se eleva hasta la córnea entre los conos cuya cara anterior y base suele cubrir, no dejando en el intermedio mas que una abertura pupilar, que es muy aparente cuando los conos son bastante cortos, como en los dípteros. En los demás casos las bases de los conos carecen de pigmento, no hallándose este mas que en los puntos de intersección de las facetas. En los crustáceos inferiores, cuya córnea carece de facetas, los cuerpos transparentes en forma de conos, tienen sus vértices y la mayor parte de su longitud engastados en el pigmento, mientras que sus estremidades redondeadas carecen de él, y miran á la cara interna de la córnea. Por último el número de facetas y conos varía mucho; sin embargo, en general es muy considerable, pues se eleva á muchos millares, por ejemplo á doce y veinte mil en un solo ojo, y rara vez hay pocas como en ciertos entomostráceos. La unión entre las fibras del nervio óptico y los conos ha merecido de R. Wagner un estudio especial. En los insectos se prolongan las fibras en forma de vainas sobre los lados del cono, luego se componen, como en los animales superiores, las fibras nerviosas de un tubo y de su contenido; pudiendo presumir que estos son principalmente los tubos que forman las vainas (1).

He dicho ya que los ojos de gran número de crustáceos no tienen facetas en la córnea, y que las bases de sus

(1) Véase WIEGMANN'S *Archiv*, 1835, t. I, p. 372.—MULLER'S *Archiv*, 1836, p. 613.

conos son redondeadas; por esto en 1829 admití dos modificaciones principales de ojos compuestos; pero existe otra, observada por Edwards, Burmeister y por mí, en muchos crustáceos, en la cual además de los cuerpos en forma de conos, los hay también lenticulares entre la córnea y aquellos. Estas lentes deben reunir los rayos luminosos que caen sobre ellas, é inclinarlos hácia los ejes de los conos. Edwards ha observado esta disposición en los *Callinassa*, muchos braquiuros, en especial el *Cancer maculatus*, y finalmente en el *Amphytoe*, y muchos idriofthalmos (1). He visto también lentes en las facetas de la córnea del *Hyperia*. Según Burmeister el *Branchiopus paludinus*, cuyo eje longitudinal es mas largo que el trasversal (2), las tiene igualmente. Algunos animales de estos, como el *Amphytoe*, y muchos hidriofthalmos, el *Hyperia*, y *Branchiopus*, tienen dos córneas, la esterna lisa y la interna con facetas á la manera de ventanas, de modo que las lentes se encuentran detrás de ellas como en el *Branchiopus*.

Se pueden establecer las modificaciones siguientes de ojos con facetas.

1.º Ojos compuestos cuya córnea presenta facetas y estan provistos de conos transparentes sin lentes: los insectos y la mayor parte de crustáceos decapodos.

a. Con facetas simples en la córnea.

b. Con prominencias lenticulares en la cara interna de las facetas: *Meloe*.

2.º Ojos compuestos cuya córnea es lisa y sin facetas.

a. Con los cuerpos transparentes cónicos redondeados en su base y sin lentes: *Daphnia*, *Apus*, *Gammarus*, *Cyamus* &c.

b. Las bases de los conos soldadas con la córnea: *Limulus*.

3.º Ojos compuestos que tienen las lentes delante de los cuerpos cónicos transparentes.

a. La córnea presenta facetas: *Callinassa* y muchos braquiuros (*Cancer maculatus*).

b. Córnea lisa hácia fuera, que presenta facetas interiormente: *Amphytoe*; muchos idriofthalmos, *Hyperia*.

(1) *Hist. nat. des crustacés*. Paris, 1837, t. I, p. 116.

(2) MULLER'S *Archiv*, 1835, p. 529; 1836, CH.

c. La córnea lisa hácia fuera y con divisiones interiores: *Branchiopus*.

4.^o Agregacion de los ojos simples, de los cuales cada uno contiene las partes esenciales de aquellos, á saber: una lente y un cuerpo vítreo esférico; muchos isópodos, tales como el *Cymothoe* y los insectos miriapodos, *Iulus*. Esta disposicion constituye el paso entre los ojos á manera de mosaico sin lentes, y el órgano visual provisto de una que reune los rayos luminosos.

C. OJOS SIMPLES DE LOS INSECTOS, ARAGNIDES, CRUSTACEOS Y MOLUSCOS, CON MEDIOS DIOPTRICOS QUE REUNEN LOS RAYOS LUMINOSOS (1)

I. *Ojos simples que contienen una lente.*

1.^o *Aragnides.* Los ojos de los aragnides estan formados del mismo modo que los del hombre y demás vertebrados. Detrás de la córnea se encuentra un cristalino esférico, y despues de este un cuerpo vítreo; la corioidea forma un anillo negro al rededor del cristalino. Casi todos los aragnides tienen muchos ojos de estos, por ejemplo el escorpion, tiene dos encima de la cabeza, y otro mas pequeño en el borde anterior de esta: he contado diez en el borde anterior de la cabeza del *Scorpio teter* del Cabo de Buena Esperanza, y en el *Scorpio occidentalis*.

2.^o *Crustáceos.* En estos animales son raros los ojos provistos de medios dióptricos, propios para reunir los rayos luminosos ó de cristalinos; cuando los tienen existen juntamente con los ojos en forma de mosaico. Se denominan ordinariamente ojos simples para distinguirlos de los últimos; el *Limulo Poliphemo* tiene dos simples además de los compuestos.

3.^o *Insectos.* Los ojos de estos contienen un cristalino, y existen solos ó juntos con los ojos en forma de mosaico. El primer caso es el de muchos ápteros; por ejemplo los escolopendros, que tienen cuatro ojos en cada lado de la cabeza, los podiaros y los ápteros parásitos; las larvas de los coleópteros carnívoros tienen igualmente ojos simples

(1) Véase MULLER, *Ann. des sc. nat.*, XVII, 232, et XVII MECKEL'S *Archiv.* 1829, 38, 208.

y no compuestos; hay dos en los cicindelos y aristas, y doce, seis en cada lado, en las larvas de los dícticos. Las larvas de los himenópteros en general son ciegas, y las de las abejas tienen dos ojos simples. Las de los lepidópteros tienen muchos ojos simples en cada lado. Algunos insectos perfectos tienen dos ó tres ojos simples además de los compuestos, tales son los ortópteros, hemípteros, neurópteros, lepidópteros crepusculares y nocturnos. Según mis observaciones, los ojos simples de estos animales no difieren en la estructura de los arágnides. Contienen un cristalino redondo, colocado detrás de la córnea convexa, y una sustancia que puede compararse al cuerpo vítreo. Algunos de estos ojos son prolongados en una direccion trasversal como uno de los de la *Scolopendra morsitas*, y dos de los que estan dispuestos en forma de círculo á cada lado de la cabeza de las larvas del *Dysticus marginalis*: en tales casos tiene el cristalino una forma trasversalmente oblonga.

Los ojos de los insectos no estan destinados probablemente mas que á la vision de los objetos próximos, cosa que hemos deducido debe existir principalmente en las larvas de los ápteros. Muchas observaciones que he hecho sobre la situacion de estos órganos me conducen á la misma consecuencia. En el género *Empusa* el ojo medio inferior cuando camina el animal no puede ver mas que los objetos inmediatos en razon á la longitud de la cabeza. En la *Locusta cornuta* se encuentra igualmente colocado delante de la cabeza, y otro tanto sucede en los trujales. En el *Gryllus vittatus*, el tercer ojo simple está situado debajo ó encima del escudo, y lo mismo se observa en la mayor parte de grillos de cabeza cónica, como el *Gryllus serrulatus* y *crenatus*. En el *Gryllus lithoxylon* el ojo simple medio está inmediatamente oculto en una ranura entre las antenas, de modo que su campo visual debe estar muy próximo y estenderse poco. Los ojos simples de la *Acheta monstrosa*, apenas son perceptibles en la base de las antenas, casi en su articulacion con la cabeza. En general, la inclinacion de esta en los ortópteros hace que sus ojos simples se dirijan principalmente hácia abajo, es decir, hácia el pavimento sobre que corre el animal. En la mayor parte de himenópteros, por el contrario, estan vueltos hácia atrás, por ejemplo, en los géneros *Malaxis*, *Cimbex*, *Tenthredo*, *Leucopsis*, *Sirex*, *Ichneumon*, *Chrysis*, *Lasius* &c. Creo poder concluir

que en los insectos estan estos órganos destinados á la vista miope, y que hay entre los ojos simples y compuestos la misma relacion que entre las antenas y anténulas; las primeras y los ojos compuestos faltan en las larvas.

4.^o *Moluscos.* Se encuentran en muchos moluscos, y principalmente en el género gasterópodos, órganos visuales construidos de una manera análoga á los de las arágnides é insectos. Contienen tambien un cristalino y señales mas ó menos manifiestas de cuerpo vítreo. Se ven á simple vista bajo la forma de puntos negros colocados en la estremidad de los tentáculos, ó en su centro, en el lado esterno, y finalmente en la base. En el género *Helix* estan en la estremidad de los grandes cuernos, un poco hácia la parte lateral. Tienen generalmente una coroides á la manera de embudo, que forma hácia delante una especie de cuello, un cristalino y un cuerpo vítreo, como ya lo habia observado Swammerdam. El *Murex tritonis* tiene uno de los medios refringentes y un gran cuerpo trasparente redondeado. Antiguamente se desconocia la existencia del nervio óptico de los caracoles, confundiéndole con el gran nervio del tentáculo, que pertenece á la sensibilidad tactil. Pero el nervio óptico es mucho mas delgado, y aunque parece ser una rama del precedente, conseguimos sin embargo, aislarle hasta el cerebro. El órgano visual de los caracoles parece solo servir para la vision de los objetos no inmediatos, así el *Helix pomatia* no evita ningun objeto que se le presente á menos que no esté á dos ó tres líneas de distancia de su tentáculo.

Los ojos de los cefalópodes contienen todas las partes esenciales de los animales superiores, hasta el iris y cuerpo ciliar.

2. Agregacion de ojos simples.

Así podemos llamar los ojos de algunos animales que constituyen la reunion de un gran número de ojos simples en una masa en la cual cada uno de ellos tiene la estructura de los aragnides y moluscos, es decir, que su construcción no difiere de la que tienen los animales superiores. He visto estos ojos en algunos insectos, los iulos, y en otros crustáceos, por ejemplo, los cimotoes. La superficie del ojo de estos animales presenta convexidades cuyo número

corresponden al de los ojos agregados; así, pueden estar reunidos en una sola masa cerca de cuarenta ojos. Detrás de cada córnea hay un cristalino redondeado, y despues de este un cuerpo vítreo de la misma forma rodeado por la retina y corioidea. Las agregaciones de los ojos simples constituyen el paso á los compuestos en forma de mosaico que contienen cristalinos, además de los cuerpos cónicos.

D. Ojo del hombre y de los animales vertebrados.

No es este el lugar á propósito para esponer la estructura de las diversas partes del ojo, ni entrar en los pormenores de la anatomía general de dicho órgano (1). Debemos, pues, contentarnos con indicar las disposiciones principales mas importantes para la óptica y las diferencias esenciales que se observan en las diversas clases.

1. Contorno del ojo. Párpados.

Unas veces faltan los párpados, y pasa la piel sobre el ojo como en ciertos peces y muchos reptiles desnudos, tales como los proteidos y los pipa; otras estan formados por la piel. Pero pueden ser simples ó dobles; tener la forma de un contorno circular con una abertura circular, como los camaleones. A los párpados ordinarios se reune en muchos animales la membrana nictitante; cuyo vestigio se observa en los mamíferos, que adquiere su mayor desarrollo en las aves y reptiles escamosos, y de la que hay alguna señal entre los peces, en las lijas. La membrana nictitante de las aves que es trasparente, puede ser dirigida hácia la superficie anterior de dicho órgano por medio de un aparato muscular, que depende del nervio abductor. Entre las lijas, existe en los géneros *Carcharias* y *Galeus*, y falta en los géneros *Scyllium*, *Lamna*, *Selache*, *Alopecias*, *Notidanus*, *Spinax*, *Centrina*, *Scymmus* &c.

Se observa una disposicion análoga á esta en algunos sorianos de la familia de los srincoideos, cuyo párpado inferior es córneo y trasparente, de modo que aun cuando

(1) PAPPENHEIM, *Specielle Gewebelehre des Auges*. Breslau, 1842.

cubre el ojo, no impide que el animal distinga los objetos. Otra cosa muy especial es la cápsula inmóvil situada delante del ojo de los ofidianos. Reemplaza á los párpados en estos animales una cápsula trasparente adherida á la piel por toda su circunferencia, y de la que no constituye mas que una prolongacion delgada. Dicha cápsula está compuesta de tres láminas sobrepuestas; una exterior, continuacion del epidermis, y que por consiguiente se desprende á la época de la muda; otra media que se continúa con el dermis, y una interna que corresponde á la mucosa palpebral; esta produce como siempre la conjuntiva ocular reflejándose sobre sí misma. Entre la cápsula y el contorno del ojo hay un vacio, en el que se introducen las lágrimas, pudiendo salir, como sucede, por el conducto lagrimal: estructura descubierta por J. Cloquet. Tambien la hallamos en las serpientes cuyo ojo está cubierto de una piel gruesa; tales como los anfisbenos y otros: en un mamífero, *Spalax typhlus* la he visto tambien, y sus ojos parecian estar cubiertos de una piel gruesa vellosa, debajo de la cual forma la conjuntiva un saco pequeño. Entre los sorianos, que además tienen párpados, se encuentran los geckos, cuyos ojos ofrecen la particularidad de estar cubiertos de una cápsula trasparente, como los de los ofidianos.

Los órganos lagrimales faltan en los cetáceos, reptiles desnudos y peces.

2. Túnicas del ojo.

La esclerótica tiende en muchos animales á hacerse cartilaginosa y aun ósea. En las aves, los quelonianos y los sorianos ofrece su parte anterior al rededor de la córnea un anillo compuesto de laminitas óseas, que unas veces se cubren á la manera de las tejas de un tejado, y otras estan colocadas unas al lado de otras. La esclerótica de los peces contiene casi siempre dos grandes chapas cartilaginosas.

La coroidea se separa en los animales en dos hojas, coroidea propiamente dicha, y una membrana interna llamada ruisquiána. En los peces la hoja esterna generalmente es plateada, y la interna está cubierta de pigmento. Se encuentra entre ambas hojas hácia la parte posterior, al rededor de la entrada del nervio óptico, un cuerpo en for-

ma de herradura, que recibe mucha sangre y que han denominado glándula coroidea. El círculo ciliar fibroso en el hombre y demás mamíferos, parece ser muscular en las aves. La cara interna de la coroidea está cubierta en todos los animales de una membrana pigmentosa, compuesta de células aplastadas, algunas veces exágonas, y que contienen los granos del pigmento. Los albinos carecen de él en dichas células. También falta en muchos animales en ciertos puntos del ojo, que parecen blancos, ó de un aspecto metálico (tapete). En los rumiadores está situado este en la parte inferior y esterna del ojo, y ofrece muchas células, pero carecen de pigmento. Los colores metálicos parece dependen de un fenómeno de interferencia, debido á la estructura de la coroidea, y no á un color material, así que, desaparecen por la desecacion; pero el tapete enteramente blanco en los carnívoros, que forma en el fondo de su ojo una mancha triangular y limitada, debe su color á uno especial y no le pierde despues de seco. Esta membrana refleja en los animales un minimum de luz que cae en el ojo; esta es la causa de que brillen sus ojos, no en la oscuridad como se ha pretendido, sino con una cantidad pequeña de luz que reciban.

El cuerpo ciliar no existe en los peces mas que en un número pequeño. Se encuentra en ellos una prolongacion falciforme, que pasa al través de una hendidura de la retina, y se adhiere al borde del cristalino, el que permanece en sa situacion por medio del órgano llamado *campanula Halleri*.

El iris es movable en la mayor parte de los animales, sin embargo, lo es muy poco ó nada en los peces huesosos, en el caballo marino, narval, lama y rayas, presenta un apéndice en forma de velo en el borde superior de la pupila; esta unas veces es redonda, otras prolongada en una direccion trasversal, como los rumiadores, ó en una longitudinal, como los gatos y cocodrilo; otras triangular como en el *Bufo igneus*. A las aves pertenece en realidad el peine, pliegue piramidal cubierto de pigmento que nace de la coroidea, atraviesa el cuerpo vítreo, y se dirige hácia el borde del cristalino. Este órgano está situado en la parte posterior y esterna del ojo, y existe en todas las aves. Los sorianos poseen un vestigio, y acaso se puedan referir á él los procesos falciformes de los peces.

3.^o Partes transparentes del ojo.

La testura fibrosa del cristalino ha sido descrita anteriormente. Los campos en los cuales estan colocadas las fibras dentadas varian mucho relativamente á las clases y órdenes (1). Por el aspecto químico el cristalino está compuesto de una sustancia albuminosa y contiene un poco de hierro, sus capas internas son mas fuertes que las externas, y en los peces tienen una dureza extraordinaria, casi cartilaginosa. El cristalino es mas convexo en los animales acuáticos que en las aves, tiene una forma esférica en los peces, y el de las lijas es prolongado en la direccion del eje del ojo. Por el contrario, la córnea de los peces es mas aplanada que la de las aves. Una córnea convexa serviria poco á los primeros, pues la potencia refringente del humor acuoso, difiere poco de la que tiene el líquido en que viven, mientras que los rayos luminosos experimentan una refraccion considerable atravesando la córnea y el humor acuoso de las aves. Esta rarefaccion está compensada en los peces por la gran convexidad del cristalino, pues su mitad anterior forma una prominencia en la cámara anterior del ojo al través de la pupila.

En la estructura de los órganos se observan las diferencias mas notables en los animales.

4.^o Nervio óptico y retina.

El nervio óptico está compuesto siempre de fibras primitivas que tienen la misma organizacion que las del cerebro. Estas fibras son mucho mas finas que las de ningun otro nervio. Unas veces todo el nervio óptico tiene una estructura simplemente fibrosa, como en el hombre; otras estan dispuestas en hojuelas en ciertos puntos, el quiasma por ejemplo, de modo que las hojuelas de uno de los nervios, se desliza por entre las del otro, como en las aves y reptiles. Finalmente en algunas ocasiones todo el nervio es membranoso en su trayecto desde el cerebro al ojo, disposicion que Malpigio habia demostrado en el pez espada, pero que es

(1) BREWSTER, en *Philos. Trans.*, 1836.

común á todos los peces. Si abrimos la vaina del nervio se presenta en la forma de una membrana plegada á la manera de un abanico; y la retina no parece ser otra cosa que la expansion de este (1), lo que parece estar perfectamente de acuerdo con la construccion de la retina de los peces, pues esta membrana presenta además dos bordes libres, en razon á estar hendida desde su parte anterior hasta el fondo del ojo.

La union que los nervios ópticos tienen entre sí desde su origen, merece fijar nuestra atencion. Podemos distinguir relativamente á esto las formas siguientes:

1.^o Conformacion de los peces óseos. Estan unidos los nervios en ellos desde su origen por una comisura estrecha y transversal, despues de la cual crecen sin mezclar sus fibras, y van á terminar el derecho al ojo izquierdo y vice versa.

2.^o Conformacion de los peces cartilaginosos. Los nervios no crecen como en los peces óseos, sino que estan unidos intimamente por una comisura cuya estructura nos es desconocida. Esta conformacion se aproxima mucho al quiasma de los animales superiores.

3.^o Quiasma de los reptiles y de las aves. Se asemeja exteriormente al de los mamíferos, pero su testura es laminosa; las hojuelas de uno de los nervios se deslizan entre las del otro y se cruzan, como lo hacen los dedos de las manos. Ignoramos todavía, si todas las fibras concurren á esto, ó si hay algunas que continuan marchando por el mismo lado.

4.^o Quiasma de los mamíferos y del hombre. No tiene estructura laminosa. Las fibras de ambos nervios se entrecruzan parcialmente en el quiasma, y las que no lo ejecutan continuan caminando por el mismo lado. Esta conformacion es mas fácil de apreciar en los animales que en el hombre, y así en el caballo se ve que la parte superior esterna de las fibras de una de las raices del nervio óptico se dirigen al ojo del mismo lado, y las otras se cruzan y van á terminar en el nervio óptico del ojo opuesto (2). La

(1) MULLER, *Physiologie des Gesichtsinnes*, tabla III, figura 19.

(2) MULLER, *Physiologie des Gesichtsinnes*, tabla II, figura 4 y 5.

estructura íntima de la retina se ha estudiado en estos últimos tiempos por un descubrimiento de Treviranus (1), y por las observaciones de Gottsche (2). Esta membrana se compone de tres capas principales, una esterna pultácea ó granulosa, la media formada de fibras nerviosas, y otra interna de cilindros, que son la continuacion de la capa fibrosa. El nervio óptico se divide en cilindros nerviosos que se distribuyen á manera de rayos por la capa media ó fibrosa. Cada cilindro nervioso, ó cada haz del cilindro se separa, segun Treviranus, de la direccion horizontal á cierta distancia de su trayecto, y se dirige hácia el lado interno de la retina, donde termina á manera de una papila. El diámetro trasversal de los cilindros era de 0,002 de línea en el erizo; el de las papilas en el conejo de 0,0065 y de 0,004 á 0,008 en las aves. En la rana es de 0,0088 para los cilindros, y de 0,0132 para las papilas. Examinada la retina en el estado fresco, presenta en su cara interna, en todos los vertebrados, pequeños cilindros apretados unos contra otros, y cuyas estremidades miran al interior del ojo. Estos cilindros se desprenden fácilmente y flotan entonces con libertad en el campo del microscopio. En los peces estan provistos de ciertos nudos ó papilas, cuya descripcion ha dado Gottsche. Las estremidades de los cilindros nerviosos en la cara interna de la retina solo podemos estudiarlas en el estado fresco; despues de la muerte se alteran rápidamente, y bastan algunas horas, especialmente en verano, para que no podamos apreciar la testura de la membrana, y en lugar de los cilindros solo se observa una capa granulosa indicada ya por los antiguos anatómicos. Por mas convencidos que estemos de la existencia de las tres capas de la retina y de la de los cilindros en la mas interna de todas, no es fácil esplicar la conexion de estos cuerpos con la capa fibrosa, y mucho menos cómo se verifica. Se pregunta si el número de cilindros corresponde al de fibras nerviosas, ó si estan implantados en series sobre las fibras de la capa fibrosa (3).

(1) *Beiträge zur Aufklaerung des organickhen Lebens.* Brème, 1835.

(2) EN PFAYE, *Mittheilungen aus dem Gebiete der Medicin,* cuad. 3, 4, p. 40; cuad. 5, 6, p. 11, 136.

(3) Despues de las investigaciones de Treviranus y Gottsche

II. Teoría de la vision segun la estructura de los ojos.

La teoría de la vision difiere: 1.º segun que el ojo se

se ha estudiado mejor la estructura de la retina. Podemos consultar para esto los trabajos de A. MICHAELIS, en MULLER, *Archiv*, 1837. — B. LANGENBECK, *De retina observationes anat. et pathol.* Gættingue, 1836. — R. REMACK, en MULLER, *Archiv*, 1839, p. 165. — B.-M. LERSCH, *Dis de retine structura microscop.* Berlin, 1840. — BIDDER, en MULLER, *Archiv*, 1839, 1841, p. 348. — A. HANNOVER, *ibid.*, 1840, p. 320; 1843, página 288. — HENLE, *Anat. gen.*, traducida por A.-J.-L. Jourdan, Paris, 1843, t. II, p. 210. Huschke admite cuatro ó cinco capas en la retina, á saber: membrana de Jacob (*stratum bacillosum*), capa fibrosa (*stratum fibrillosum*, s. *vasculo-nerveum*), formada por las fibras primitivas del nervio óptico, la capa de glóbulos (*stratum globulosum*), la capa granulosa y la vascular (*Encyclopédie anatomique*, traducida por A.-J.-L. Jourdan, t. V.) Mandl (*Anat. microsc.*, p. 195) ha encontrado en la retina además de todos los elementos de la sustancia gris del cerebro, vasos sanguíneos, fibras muy delicadas del nervio óptico y los elementos particulares llamados cilindros que forman la parte esterna de la membrana. Designa á los primeros de estos elementos con el nombre de *sustancia gris*, y los cilindros y el nervio óptico con el de *sustancia blanca*. Los vasos pertenecen esclusivamente á la primera. La parte de la retina mas próxima al cuerpo vitreo, ó la sustancia gris, se compone de una de esta clase amorfa, y de granitos formados ya por la coagulación, ya por el desarrollo de sustancia blanca amorfa y corpúsculos grises; estos diversos elementos estan colocados como en la sustancia cortical del cerebro. La capa que forman se estiende mas hacia delante que la de los cilindros. Relativamente á la parte esterna de la retina ó sustancia blanca hallamos en la rana cilindros de $\frac{1}{300}$ á $\frac{1}{250}$ de línea de ancho, y de $\frac{1}{100}$ de línea poco mas ó menos de largo: la mayor parte simples, algunos dobles, y todos colocados oblicua y no verticalmente con algunos glóbulos pequeños en la superficie de $\frac{1}{1000}$ de línea de grosor. Los vasos sanguíneos y las fibras muy delgadas del nervio óptico, estan colocadas entre los cilindros y la sustancia cortical. «Sería imposible, dice Mandl, averiguar si los cilindros se encuentran en relacion con el nervio óptico, y puede que suce-

componga de senos transparentes radiados, cuyas paredes estan cubiertas de pigmento, y que no dejan llegar á las fibras del nervio óptico, colocadas en el fondo del cono, mas que la luz que cae en el eje de este, como en los insectos y crustáceos de ojos compuestos; 2.^o que el ojo posea medios dióptricos capaces de reanir la luz en una córnea, con ó sin humor acuoso, cristalino y cuerpo vitreo, como en los ojos simples de los insectos, aragnides, moluscos y vertebrados.

A. Vision por medio de ojos compuestos y medios dióptricos aislados por el pigmento (1).

La vision en los insectos y crustáceos de ojos compuestos es tanto mas interesante cuanto que difiere de la que se efectua por medio de un ojo semejante al del hombre, y que nos permite profundizar la naturaleza de la funcion.

Mientras no contemos con los conos transparentes y cubiertos del pigmento sobre los lados que estan colocados entre la córnea y las fibras del nervio óptico, y supongamos á estos últimos prolongados hasta las facetas de la córnea, la vision de los insectos permanecerá completamente enigmática. Si las fibras del nervio óptico se estendiesen hasta las fibras de la córnea, cada punto situado delante del ojo *a, b, c, d*, proyectaria la luz sobre todas estas fibras á la vez, es decir, que el animal no veria *a, b, c, d*, y no tendria mas que la sensacion de cierta impresion que resultase de la mezcla de todas las diversidades. Pero los conos solo dejan llegar á sus fibras nerviosas correspondientes la luz que hiere al ojo en el sentido de su eje y toda la

da así á beneficio de los anillos del lado interno. No hemos podido demostrar las asas terminales del nervio óptico, y esta circunstancia sería favorable á la opinion que acabamos de emitir; pero ninguna observacion positiva nos autoriza á afirmarlo. Hasta que se demuestre esta relacion, no podemos espresarnos acerca del carácter anatómico de los cilindros, es decir, manifestar si pertenece ó no al tejido nervioso. (Comp. E. Bruecke, en MULLER, *Archiv.*, 1844, p. 444). (N. del T. F.)

(1) MULLER, *Physiologie des Gesichtsinnes*, p. 315.—*Ann. des sc. nat.*, t. XVII, p. 232.

que encuentra á sus paredes oscuras es absorbida por ellas. De este modo cada cono representa una parte alicuota de la imágen, y esta se compone á la manera de un mosaico de tantas partículas como conos hay, de modo que su limpieza está en razon del número de los últimos.

1.º Grado de pureza de la imágen.

La claridad de la imágen que se proyecta en el ojo de los insectos y crustáceos depende de causas diferentes de las que la producen en el de los animales provistos de aparatos transparentes capaces de reunir la luz, siendo condicion precisa en ellos que se encuentre la retina en el foco de la lente. Por el contrario, en los otros solo depende de la magnitud del ojo y del número de conos ó facetas que concurren para la produccion de la imágen. Un ojo que posea doce mil aparatos aisladores debe distinguir tambien doce mil partículas del campo visual sin confusion. Pero cuando no hay mas que un número reducido de estos órganos, cada cono y faceta lleva á la impresion total la de una mucho mayor que la estension del campo visual. En efecto, todas las partículas del cuerpo que envia su luz al mismo cono y á su fibra nerviosa, no pueden apreciarse entre sí, y se representan bajo una impresion mista. La longitud de los conos debe igualmente influir en la claridad de la vista de los insectos y crustáceos; porque cuanto mas considerable es, mas separada se encuentra la luz que viene de los lados, y tanto mas próximos del eje del cono estan los rayos que llegan á la fibra nerviosa.

2.º Vision próxima y lejana.

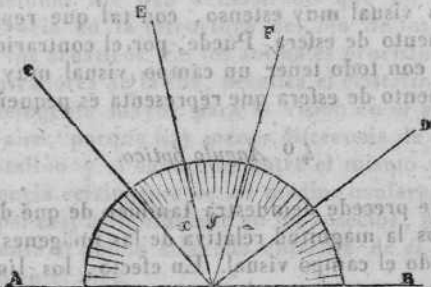
— Resulta de las consideraciones precedentes que entre los ojos en forma de mosaico, y los que tienen cristalino, hay una diferencia relativamente á la vista de cerca ó de lejos. Los ojos en forma de mosaico son á propósito para ambos casos, y la distancia de los objetos no exige que se verifique ningún cambio en ellos; porque, ya esté próximo ó separado el objeto que envia su luz en direccion del eje del cono, siempre se ve claramente como un punto. A la verdad, el número de unidades que se representan como puntos, debe aumentar con la distancia del objeto; pero no

se encuentran aquí círculos de difusión, ni tampoco se necesita cambio alguno interior en el ojo para remediar este defecto. Al contrario, en los animales capaces de reunir la luz, la pureza de la imágen depende, no solo de la separación de los objetos, sino de la justa proporción entre la distancia de la retina y cristalino, es decir, de aquella con la cual coinciden los rayos luminosos; y esta distancia varía; como lo he manifestado anteriormente, siempre que separe el objeto del ojo un intervalo mayor ó menor; así que, es necesario en esta especie de ojos, que sobrevengan cambios interiores, sin los cuales solo veríamos los objetos á una distancia determinada.

3.^o Estension del campo visual.

La estension del campo visual de los insectos puede deducirse con la mayor exactitud relativamente á la forma del ojo, porque como no hay vista mas que donde cae el eje de los conos, es decir, en los rayos del ojo, prolongando con el pensamiento los ejes de los conos, colocados sobre los bordes del último, tenemos exactamente la longitud del campo visual de un insecto ó crustáceo. En otros términos, cuanto mayor sea el segmento de esfera que representa el ojo de un insecto, mas estenso es el campo visual del animal y *vice versa*.

Fig. 24.



Un ojo que tiene la forma de media esfera A, B, representa todo lo que se encuentra delante de él, desde el

radio A, hasta B. El que solo representa el segmento de esfera C, D, tampoco presenta mas que los objetos comprendidos entre las prolongaciones de los rayos C y D. Mucho mas reducido todavia es el campo visual, para un ojo reducido al segmento de esfera E F. Y como la magnitud del segmento de esfera disminuye en razon del aplastamiento del ojo, podemos presentar la proposicion en los terminos siguientes: cuanto mas plano es el ojo de un insecto, menos estenso es el campo visual, mientras que la convexidad del ojo y estension del campo estan siempre en razon directa. Asi, por ejemplo, una ardilla tiene un campo visual muy considerable, pues su ojo representa mas de la mitad de la esfera; el animal debe ver bien hácia delante, atrás y sobre los lados; y sus movimientos nos demuestran que todo sucede de este modo porque son vivas, lijeras, seguras, y frecuentemente se lanzan de costado. Los ojos planos de una chinche de agua, que apenas se elevan por encima del vértice de la cabeza, y que representan segmentos pequeños de esfera, deben tener un campo visual muy reducido. En los naucoros y notonectos, estos ojos planos estan situados delante de la cabeza; así que, no debemos admirarnos de que los movimientos de estos insectos en el agua esten en armonía con su campo visual y sea tan poco estenso; en efecto, siempre se inclinan hácia delante, sin separarse ni á derecha ni á izquierda.

Es fácil juzgar que el volúmen absoluto del ojo no ejerce la menor influencia sobre la estension del campo visual. Un ojo puede ser muy pequeño, y á pesar de esto tener un campo visual muy estenso, con tal que represente un gran segmento de esfera. Puede, por el contrario, ser muy ancho, y con todo tener un campo visual muy reducido, si el segmento de esfera que representa es pequeño.

4.^o *Angulo óptico.*

Lo que precede demuestra tambien de qué depende en los insectos la magnitud relativa de las imágenes, con respecto á todo el campo visual. En efecto, los límites de la imagen de un cuerpo cualquiera, estan determinados por los rayos luminosos que partiendo de los puntos del objeto, caen sobre los ejes de los conos del ojo. Si prolongamos mentalmente estos rayos hácia delante hasta que se en-

cuentren en el ángulo comprendido entre ellos constituirá el óptico. Luego, si nos figuramos que el segmento de círculo que el ojo representa, prolongado hasta un círculo completo, y este dividido en grados, minutos y segundos, la superficie del ojo espresa en grados angulares la distancia de los puntos. Pero como la magnitud relativa de los objetos depende siempre de la situación de los conos que dejan pasar la luz que sale de diversos puntos, podemos en cada objeto indicar en grados, minutos y segundos el valor del ángulo óptico, según la distancia de los conos que atraviesan los rayos que provienen de sus límites. Los objetos colocados á distancias desiguales, y que sin embargo proyectan sus imágenes al través de los mismos conos, tienen naturalmente imágenes de igual magnitud, y su ángulo óptico es el mismo. Así, en la figura anterior, un cuerpo que se estiende desde C hasta la línea E aparece siempre bajo el ángulo óptico x ; y su magnitud aparente es al campo visual como x es á 180 grados. El ángulo menor bajo el cual podrá un insecto distinguir alguna cosa, será aquel que se halle comprendido entre los ejes de los conos aproximados uno á otro. Pero como hay muchos conos en un ojo la perspicacia debe disminuir generalmente, según este principio, en dichos animales.

Si hemos seguido las deducciones que preceden, se observará que no necesita el ojo de los insectos sufrir variación alguna en su estructura para ver en el aire y en el agua porque estas condiciones diferentes no inducen ningún cambio en lo que respecta á la visión: así, mis observaciones me han demostrado que no existe la menor diferencia en la estructura del ojo de los insectos aéreos y de los acuáticos. En los animales provistos de aparatos concentradores de la luz, necesita el cristalino de una potencia refringente mayor para la visión en el agua que para la del aire, porque hay menos diferencia de densidad entre el cristalino y el agua que entre el mismo y el aire. Pero la potencia refringente de los medios oculares desempeña un papel casi insignificante en los insectos, pues cada cono representa el objeto colocado enfrente de él, y le ve en el agua ó en el aire.

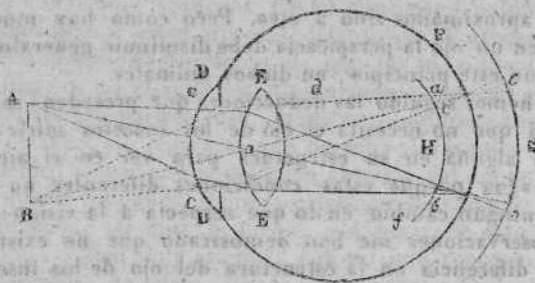
Finalmente, el ojo del insecto mas completo es aquel cuyo volumen absoluto, número de conos y facetas, y longitud de los mismos, proporciona una visión clara y dis-

tinta, y el que además posee un gran campo visual en razon de su convexidad ó de la estension del segmento de esfera que representa.

B. Vision por medio de ojos provistos de aparatos refringentes.

Lo que facilita la vision de los objetos en los ojos compuestos de los insectos y crustáceos, es que entre los rayos del cono luminoso que cada punto aislado proyecta sobre todo el órgano, el que corresponde á cierto rayo del ojo es el único que penetra en su profundidad separando todos los demás. En la vision por medios refringentes, el cono luminoso que parte de un punto se reune de nuevo por la refraccion en otro que se encuentra sobre la retina; pero dicha refraccion por medios refringentes es triple en el ojo del hombre y animales superiores.

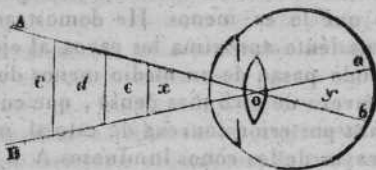
Fig. 25.



En primer lugar, los rayos del cono luminoso que parten de los puntos A y B, son cortados por la córnea C C, y por el humor acuoso comprendido entre esta membrana y el cristalino, es decir, que se aproxima al rayo medio que camina paralelo al eje, porque estos medios refringen en virtud de su convexidad y la diferencia de densidad entre ellos y el aire. Otra refraccion se verifica al través de la cara anterior del cristalino E E, y los rayos del cono luminoso se aproximan todavía mas al rayo que sigue el eje, á causa de la convexidad de esta cara y la diferencia

de densidad entre el humor acuoso y el cristalino. Experimentan una tercera refraccion cuando los rayos del cono abandonan el medio mas denso cristalino para pasar al cuerpo vítreo que lo es menos. He demostrado antes de ahora, que una lente aproxima los rayos al eje, del mismo modo cuando pasan de un medio menos denso á la cara anterior convexa de otro mas denso, que cuando lo ejecutan de la cara posterior convexa de este al medio menos denso. Si los rayos de los conos luminosos A y B se reúnen cada uno en un solo punto *b* y *a*, y si la retina F se encuentra allí, A y B se percibirán en *a* y *b* como puntos perfectamente correspondientes; pero si la retina no estuviere colocada en *a* y *b*, sino mas adelante ó atrás, por ejemplo, en H ó G, en vez de los puntos veríamos los círculos difusos para G, *e* y *o*, y para H, *c* y *f*; porque en H los conos luminosos no se han reunido todavía en un solo punto, y en G tampoco lo estan, pues que han empezado á separarse despues de su reunion en *b* y *a*; así que, es necesario para que se formé una imágen clara, es decir, para que los rayos que parten de un punto se reúnan de nuevo en otro, que la retina F se encuentre precisamente á la distancia del cristalino donde se verifica su coincidencia. Hemos probado que esta distancia es mayor cuando el objeto está mas próximo, y menos considerable á medida que aquel se separa: la direccion que los rayos toman en virtud de la refraccion depende además del rayo medio del cono luminoso hácia el cual se inclinan los laterales. La imágen de un punto se proyecta siempre en la direccion de los rayos medios, es decir, de los paralelos al eje B *a* *b*: en efecto el rayo medio de un cono que en vez de pasar por el mismo eje del cristalino, cae oblicuamente sobre la córnea y la lente, varía su direccion; pero hecha abstraccion de esta circunstancia, el lugar donde la imágen de un punto se proyecta sobre la retina, está determinado por la prolongacion del rayo paralelo al eje; ó por el que atraviesa el medio de la pupila del ojo. Podemos sustituir la figura que sigue á la anterior.

Fig. 26.



A *b* es el rayo central del cono luminoso que parte de A, y B *a* el del cono luminoso que procede de B. La imagen de A aparece en *b* y la de B en *a*, por consiguiente invertida. Lo que estaba en la parte superior del objeto se presenta en la inferior, y *vice versa*, y otro tanto sucede relativamente á la derecha é izquierda, que aparecen la primera á la izquierda, y la segunda á la derecha. Podemos convencernos de cuanto se ha discutido hasta ahora por medio de un experimento sobre el ojo de un animal. Si se abre con precaucion este ojo por su parte superior de modo que sea fácil ver al través del cuerpo vítreo lo que pasa en la retina, se distingue en el fondo del órgano la imagen de un objeto brillante, tal como una ventana donde da el sol. El experimento es mas fácil todavía cuando lo ejecutamos en el ojo de un conejo albino, cuyas membranas son transparentes por faltarles el pigmento negro; basta prepararle bien, y colocar la parte anterior enfrente de una ventana iluminada por el sol, y observar la pared posterior transparente. En este experimento citado por Magendie, se ve en el fondo del ojo una imagen muy clara de la ventana, pero todo invertido.

Se llama ángulo óptico al ángulo *x* comprendido entre los rayos centrales enviados y dos puntos de un objeto. Este ángulo crece con la distancia del punto A al punto B, y como $x \equiv y$; la separacion de los puntos de la imagen *a b* sobre la retina, crece también con el ángulo óptico *x*. Los objetos colocados en distintos puntos, que tienen el mismo ángulo óptico *x*, por ejemplo *c d e*, deben proyectar también sobre la retina imágenes de igual magnitud, y si pertenecen al mismo ángulo, su imagen debe ocupar el mismo sitio sobre dicha membrana.

Hemos admitido anteriormente como rayos paralelos al eje los que pasan por el centro de la pupila, y por consiguiente caen en las inmediaciones del centro de la lente cristalina; sin embargo, esta hipótesis no corresponde con todo rigor á la realidad, esto es, que una línea que pasa por el centro de la pupila no encuentra exactamente la imagen de la retina. Así es que los rayos medios de un cono luminoso experimentan tambien, cuando caen oblicuamente sobre la córnea y cristalino, una refraccion que los separa de su direccion; por esto es necesario recurrir á los experimentos y al cálculo para encontrar el rayo que sirve realmente de guía al cono luminoso procedente de un punto; y este que ha sido llamado del ángulo óptico, debe por consiguiente experimentar una modificacion; así que, los puntos de la imagen *a b* no son mas que prolongaciones de *B o* y *A o*. Se nos presenta ahora una cuestion: una línea recta que parte desde el objeto á la imagen sobre la retina ¿cuánto se separa del rayo central que pasa por el medio de la pupila?

No pudiendo entrar en todos los pormenores que traeria consigo la discusion profunda del problema, me limitaré á indicar el resultado de los experimentos hechos con este objeto. Wolkmann ha publicado sobre esto interesantes observaciones, de las cuales resulta: que en el ojo se halla un punto donde las líneas tiradas de diferentes objetos á sus imágenes sobre la retina, se prolongan; y que el punto donde se cruzan no está situado en medio de la pupila, ni en el centro del cristalino, sino detrás de él.

Como el plano del ojo sobre el cual se forman las imágenes es cosa cóncava, y desde el centro hácia los bordes se aproxima poco á poco al cristalino, se comprende que las imágenes de los objetos colocados lateralmente no pueden ser tan claras como las de los medios en cuya distancia focal se encuentra el centro de la retina. Pero la falta de claridad de las imágenes laterales depende además de otras causas; porque los rayos de un cono luminoso que provienen de objetos colocados en las partes laterales, no se reúnen exactamente en el mismo punto por la desigualdad de la refraccion; sin embargo, la principal causa que hace que la claridad de las imágenes haya disminuido desde el centro á la circunferencia de la retina, parece residir en esta misma membrana.

Los rayos que caen sobre el borde del cristalino experimentan otra refraccion mas que los medios ó centrales por la aberracion de esfericidad; la claridad de la vision exigia que hubiese en el ojo un aparato análogo á aquel de que usamos en los instrumentos de óptica, esto es que el borde del cristalino estuviese cubierto de un diafragma que solo permitiese pasar á los rayos centrales por su abertura media. El diafragma del ojo es el iris, y su abertura la pupila; pero tiene además la ventaja de ser movable y poderse ensanchar y estrechar. La dilatacion de la pupila en los sitios poco iluminados, permite que la cantidad de luz compense la pérdida experimentada por la claridad de la imágen; puede tambien suceder en circunstancias dadas, que con una pupila muy ancha sea clara la imágen de los rayos marginales, precisamente cuando les falta esta circunstancia á los centrales, ó no puede verse por no recibirla á la distancia competente. La contraccion de la pupila, una distancia regular y una luz viva, completan las condiciones que producen una imágen clara y distinta, porque en este caso, la cantidad de luz basta, á pesar de la poca abertura de la pupila, y la estrechez de esta impide la formacion de una imágen confusa por los rayos marginales que tienen otra distancia focal.

Relativamente al cristalino, debe ser esta lente tanto mas densa y convexa cuanto menos diferencia haya entre el humor acuoso y el medio en que vive el animal. En los peces el cristalino es esférico y la córnea plana en el mayor número de casos. En las aves la córnea es mas convexa y el cristalino mas deprimido.

La parte interna de las paredes del ojo, detrás del iris y el cuerpo ciliar, y aun de la misma retina, está cubierta de pigmento, disposicion que hoy presenta las mismas ventajas que el color negro con el cual barnizamos las paredes interiores de los instrumentos de óptica. El pigmento absorbe los rayos luminosos que pudieran ser reflejados, les impide llegar por segunda vez al fondo del ojo, y hace que no puedan debilitar la claridad de la imágen. Tal es el objeto del pigmento que barniza la cara posterior del iris y cuerpos ciliares; pero el que existe en la cara posterior de la retina y coroidea no carece de importancia bajo este concepto. La retina es trasparente: si en vez de una membrana de color oscuro se encontrase detrás de ella otra

capaz de reflejar la luz, los rayos luminosos que hubieran llegado á la retina serian reflejados por esta sobre otros puntos de la misma membrana, lo cual no solo produciria un deslumbramiento por exceso de luz, sino que tambien oscureceria las imágenes. Los animales carecen del pigmento de la coróidea, y los albinos se encuentran en este caso; les deslumbra fácilmente la luz del dia, y ven mejor en la oscuridad. Muchos animales que se prescutan activos, que cazan durante el crepúsculo, y que estan pesados y lentos en el discurso del dia, tienen igualmente puntos de su coróidea desprovistos de pigmento, ó mas bien cubiertos de uno blanco, como los gatos y otros animales enemigos de la luz.

La pureza ó claridad de la imagen en la parte media de la retina, es debida á muchas condiciones diferentes.

1.^o A que los rayos luminosos que vienen de un punto, se reunen en otro correspondiente de la retina, de modo que eviten los círculos de difusion;

2.^o A que la claridad tenga una intensidad suficiente;

3.^o A que las partículas mas pequeñas de la retina esten en disposicion de percibir por sí como si estuviesen separadas unas de otras.

La primera condicion depende de que la retina se halle exactamente en la distancia focal de la imagen, y á ella se refiere el mayor ó el menor grado de vista, diferente en todos los hombres, que como se sabe, unos son miopes, otros presbitas, y otros no tienen límites marcados en esta funcion; pues su ojo se presta á todas las diferencias de separacion de los objetos y distancia focal de las imágenes. Sin embargo, como la facultad de acomodarse á diferentes distancias por cambios interiores tiene sus límites, hay para cada individuo una separacion en la que ve con mas claridad que en las demás, y cuya distancia focal de la imagen es la que corresponde mejor al intervalo comprendido entre la retina y el cristalino, así como al poder refringente de los medios de su ojo. Esta distancia de la vision distinta, puede evaluarse de cinco á diez pies en la generalidad de los sujetos. Los cuerpos que estan muy próximos al ojo proyectan sobre la retina círculos de difusion muy estensos, y esta es la causa de que un cuerpo delgado, por ejemplo un alfiler, colocado muy próximo al ojo, no puede verse, sino que determina la sensacion de una niebla.

Hay pocos hombres que puedan leer la escritura á una distancia de veinte pulgadas. Sin embargo, la potencia refringente de los medios del ojo, produce numerosas diferencias en esta materia. El miope no ve con claridad mas que los objetos que estan muy inmediatos, no distinguiendo los que se colocan á gran distancia; por el contrario el presbita necesita para ver bien un objeto pequeño y difícil de percibir colocarlo á gran distancia. La segunda condicion de la claridad de la vista es una cantidad regular de luz. El exceso ó falta de este medio hace igualmente confusas las imágenes.

Finalmente, la claridad de la sensacion depende de las partículas de la retina que son susceptibles de percibir por sí, como si estuviesen separadas en el espacio. Tenemos un ejemplo en los cuerpos que presentan líneas muy finas blancas y negras. Cuando se mira un grabado á tal distancia que las imágenes de las rayas blancas y negras caigan á la vez sobre partículas de la retina de cierta magnitud, no se pueden distinguir los límites de dichas líneas y se tiene una impresion mista de gris; otro tanto sucede en las rayas muy delicadas de diferente color, y cuyos tintes alternan entre sí. Si son azules y amarillas, producen la impresion mista del verde, y esta es la causa que hace que todas las combinaciones diferentes no nos parezcan una mezcla, sino un tinte intermedio homogéneo. De aquí resulta que hay en la retina partículas que confunden en una sola todas las impresiones recibidas por ellas y no pueden distinguirlas entre sí, aunque sean diferentes en la imagen; luego, la idea que se presenta naturalmente es, que estas partículas segun todas las probabilidades constituyen las terminaciones papilares de la capa interna de la retina. Se puede además presumir que los rayos que caen unos al lado de otros sobre estas partículas de la membrana nerviosa, no se perciben de un modo distinto sino que cada papila obtiene y trasmite una sola impresion media de las influencias que la afectan al mismo tiempo. De este modo la imagen pareceria un mosaico cuyos elementos solo serian homogéneos entre sí, de modo que las partículas mas pequeñas de la retina coinciden exactamente con los puntos sensibles mas pequeños de dicha membrana. El ángulo mas agudo bajo el cual podemos distinguir dos puntos es de cuarenta segundos. Smith ha calculado, segun esto, que el

punto sensible mas pequeño de la retina tenia $\frac{1}{8000}$ de pulgada. Segun las observaciones de Treviranus, el diámetro transversal de las papilas de esta membrana es en el conejo 0,0038 y de 0,002 á 0,004 en las aves: luego, 0,06 de línea = 0,00011 de pulgada inglesa, y 0,008 de línea = 0,00015 pulgadas. De modo que, evaluando el diámetro medio de las papilas de la retina entre 0,003 y 0,004, esto es, próximamente entre $\frac{1}{6000}$ y $\frac{1}{10000}$ de pulgada, la parte sensible mas pequeña de esta membrana, corresponderá exactamente á la material mas pequeña. Las medidas que E. H. Weber habia dado de los glóbulos de la retina, apreciándolas en $\frac{1}{8000}$ á $\frac{1}{8400}$ de pulgada, convienen exactamente con estos cálculos.

Sin embargo, no se encuentra correspondencia cuando tomamos otras determinaciones por puntos de partida, y Wolkmann cree muy probable que la facultad de distinguir con la retina posee mas fuerza que la que tendria si las fibras nerviosas fuesen los últimos elementos. Manck admite que el ángulo visual mas pequeño es de treinta segundos. Treviranus distinguió á una distancia de cuarenta y ocho líneas, un punto negro de 0,00833 de línea de diámetro sobre un fondo blanco; y Wolkmann calcula, en vista de esto, que el diámetro menor de la imágen sobre la retina es de 0,000060 de línea. Esta evaluacion es demasiado fuerte todavia, porque un ojo mediano distingue á la distancia de treinta líneas un cabello que solo tiene 0,002 líneas de diámetro, lo que produciria una imágen sobre la retina que tiene un diámetro de 0,000023 de línea. Un discípulo de Baér percibia á una distancia de veintiocho líneas un pelo que tenía una sexagésima parte de línea, lo que segun Wolkmann, produciria una imágen sobre la retina de 0,00000014 de línea de diámetro. De aquí concluye Wolkmann que haciendo abstraccion del último caso por lo extraordinario que es, las imágenes mas pequeñas sobre la retina, son inferiores á los menores elementos de esta membrana cuya masa conocemos.

III. Cambios interiores en el ojo para la vision distinta á distancias diferentes.

De cuanto precede podemos concluir de un modo general que la vision distinta á distancias diferentes exige que sucedan cambios en el interior del ojo. El foco de la imagen está mas próximo al cristalino para los objetos inmediatos, y algo mas distante para los separados. Olbers se ha ocupado en investigar á cuánto asciende la diferencia en la distancia focal para la vision próxima ó lejana con las condiciones de refraccion que existen en el ojo (1).

Voy á indicar anticipadamente algunos de los resultados que ha obtenido para que se pueda formar una idea clara de la estension de los cambios necesarios de que nos ocupamos. Segun el cálculo de Olbers, he aquí cuál sería la distancia de la imagen en la córnea para otras cuatro del objeto elegidas á título de ejemplo.

DISTANCIA DEL OBJETO.	DISTANCIA DE LA IMAGEN.
Infinita.	0,8996 pulgadas.
27 pulgadas.	0,9189
8	0,9671
1	1,0426

De aquí resulta una diferencia de 0,143 de pulgada en la distancia focal de la imagen, que sería necesaria para la vision distinta á diversas distancias, desde cuatro pulgadas hasta una separacion infinita. Por consiguiente, si la córnea y el cristalino conservan sus convexidades, la distancia de la retina al cristalino no necesita variar mas que cosa de una línea para todas las distancias de los objetos, lo que puede obtenerse ya por la prolongacion del ojo, ó ya por la deviacion del cristalino. Young hace subir el cambio á un sexto del eje del ojo.

(1) *De internis oculi mutationibus*. Gættingue, 1780.

Se concibe que podríamos obtener lo mismo sin cambiar la distancia del cristalino á la retina, si la convexidad de la córnea ó cristalino fuese capaz de modificarse.

Olbers ha intentado tambien por el calculo averiguar cuál seria el cambio que la convexidad de la córnea debía experimentar en la vision distinta á ciertas distancias. El radio de la córnea debía ser el siguiente en los cuatro casos precedentes.

DISTANCIA DEL OBJETO.	RADIO DE LA CORNEA.
Infinita.	0,333 pulgadas.
27 pulgadas.	0,321
8	0,303
1	0,273

Si pudiéramos conseguir que el radio de la córnea variase solo de 0,333 á 0,300 de pulgada, y que la longitud del ojo aumentase una línea, se verificaria la vision distinta á cualquier distancia mas allá de cuatro pulgadas.

Estos resultados servirán de base á las discusiones en que voy á entrar.

Parece cierto que son necesarios los cambios en el interior del ojo para que pueda verificarse la vision con la misma limpieza á cualquier distancia; pero unos como Delahire y Haller, entre los antiguos; Magendie, Simons (1) y Treviranus (2), entre los modernos, han negado al ojo la aptitud para experimentar tales cambios, mientras que la mayoría de los físicos y fisiólogos la consideran como demostrada por los hechos. Magendie se funda en que la imágen en el ojo de un conejo no pierde su claridad, aunque varíe la distancia del objeto; lo que no es aplicable á todos los casos. Calculando los efectos de las lentes

(1) *Journal de Physiologie*, t. IV, p. 260.

(2) *Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge*, 1828.—*Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens*, cal. 1, 3.

de una densidad creciente desde fuera adentro, Treviranus ha llegado á deducir conclusiones, que suponiendo al cristalino una testura de esta especie, la distancia focal de la imágen permanecería la misma, cualquiera que fuese la distancia de los objetos, de modo que no hay necesidad de que se realicen cambios interiores en el ojo.

Sin dejar de conocer la elegancia con que ha tratado este problema de óptica matemática, nos es imposible conciliar los resultados de sus cálculos con las observaciones hechas sobre el ojo; además Kohlrausch ha negado la exactitud de la misma deducción.

La realidad de los cambios del ojo para la vision distinta á diferentes distancias está incontestablemente demostrada por una serie de experimentos tan sencillos como exactos.

1.^o La aptitud del ojo para la vision experimenta grandes cambios en un corto espacio de tiempo. La costumbre de no ver mas que objetos próximos no solo hace miopes á los niños, sino que tambien suele sobrevenir una miopia transitoria, que dura algunas horas despues de haber usado por mucho tiempo el microscopio. Sucede entonces con frecuencia que nos cuesta trabajo distinguir los objetos en la calle á veinte pies de distancia, aunque por otra parte se tenga una vista perspicaz para apreciar los objetos, cualquiera que sea su distancia

2.^o Si miramos con un solo ojo las estremidades alineadas de dos alfileres, colocados á diferente distancia, se ve con claridad la primera, cuando la segunda parece nebulosa, y luego se distingue bien la segunda, sucediendo lo contrario con la primera. Ambas imágenes se encuentran en el eje y se cubren; sin embargo, por un esfuerzo involuntario se percibe en el ojo que la vision distinta se estiende á ambas. Cuando fijo un objeto próximo con mi pupila estrechada, como en tales casos sucede, y la distancia focal de la imágen de este objeto se encuentra en el centro de la retina, los rayos medios del objeto distante que atraviesan la pupila forman un circulo de difusion al rededor del centro de la retina, esto es, no tienen su foco á la distancia á que se encuentra la membrana, sino mas adelante (1).

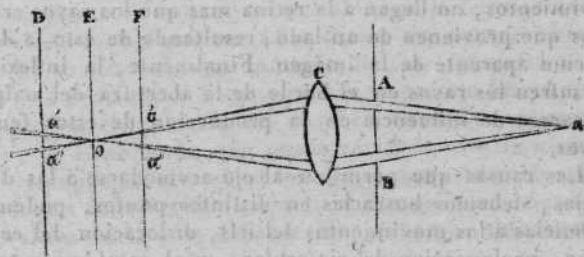
(1) *Jahrbücher fuer wissenschaftliche Kritik*, 1829, octubre, p. 623.

Se puede variar el experimento mirando un alfiler al través de un agujerito practicado en un naípe, pues depende de la voluntad ver claramente el borde de la abertura ó del alfiler; pero entonces tampoco vemos con claridad uno ú otro.

Treviranus no ha prestado á estos fenómenos la atención que merecian. La esplicacion que da diciendo que la accion nerviosa se dirige hácia otros puntos, no es por cierto la mas satisfactoria. Dos imágenes caen sobre el mismo punto de la retina, un alfiler cubre al otro, y sin embargo, se ve el primero al través del círculo de difusion del segundo, y este por medio del círculo de difusion del primero. No es este el lugar mas á propósito para ventilar la relacion de la atención sobre otros puntos de la retina. Veo indistintamente una cuartilla de papel escrita, desde el momento en que verifico en mi ojo el cambio apropiado para otra distancia diferente. Aquí no existe objeto de la vision distinta, es decir, que el cambio se verifica para una distancia mayor ó menor en la que no se encuentra ningun objeto que pueda verse.

3.º El experimento de Scheiner: si se practican en un naípe dos agujeros con un alfiler, mas próximos entre sí que la longitud del diámetro de la pupila, y se mira al través de estas aberturas, se ve un objeto colocado delante de un ojo, y que no parece simple mas que á cierta distancia, pues á cualquiera otra se ve doble.

Fig. 27.



Así A y B representan las aberturas de la carta, y la a vemos simple, en o encontrándose la retina en E; si la dis-

tancia de a es mayor, y la retina colocada en D , de modo que la imágen no caiga sobre la membrana, sino delante de ella en o , los rayos se prolongan detrás de o y la doble imágen $a' a''$ cae sobre la retina D ; de ambas imágenes la inferior a'' desaparece cuando cerramos el agujero opuesto al superior A de la carta, y *vice versa*. Otro tanto sucede cuando la distancia a' es demasiado pequeña; porque entonces la imágen cae detrás de la retina F en o , y la retina F recibe dos imágenes $a' a''$, de las cuales la inferior a'' desaparece tan luego como se cierra el agujero correspondiente á B en el naípe.

Han proseguido las consecuencias de este experimento Porterfield, Young (1), Purkinge, Pláteau y Wolkmann, variándole este último de muchos modos. Demuestra evidentemente dicho experimento, la necesidad de cambios interiores para la vision distinta, y la inexactitud de la hipótesis de Treviranus, tratando de probar que hay circunstancias en las cuales, la imágen cae delante ó detrás de la retina.

Este es el momento de ocuparnos de un experimento de Beudant y Crahy. Si se mira un alfiler á dos ó tres pulgadas de distancia del ojo, al través de un agujerito abierto en una carta, y movemos dicho alfiler de derecha á izquierda, parece estar animado de un movimiento en sentido inverso. Este fenómeno se explica por la falta de pureza en la vision, cuando la imágen cae delante ó detrás de la retina. En el primer caso se separan los rayos despues de reunirse, proyectándose sobre la retina un círculo de difusion. Interceptando la carta parte de los rayos durante sus movimientos, no llegan á la retina mas que los rayos cruzados que provienen de un lado, resultando de esto la dislocacion aparente de la imágen. Finalmente, la inflexion que sufren los rayos en el borde de la abertura del naípe, no carece de influencia en la produccion de estos fenómenos.

Las causas que permiten al ojo acomodarse á las distancias, debemos buscarlas en distintos puntos; podemos atribuir las á los movimientos del iris, dislocacion del cristalino, prolongacion del eje ocular, y al cambio de con-

(1) *Philos. Trans.*, 1804, lám. 1, p. 35.

vexidad en el cristalino y córnea. Se encuentran en la gran Fisiología de Haller (1), en la obra de Olbers, y en la Biología de Treviranus (2), espuestas todas las hipótesis que se han emitido acerca de esta materia.

1.º Mile y Pouillet han admitido como causa los movimientos del iris. El primero lo atribuía á la inflexion ó difraccion de la luz en el borde de esta membrana, lo que debía, segun él, producir distancias focales muy diferentes para los rayos respectivos; el segundo á la vision por medio de los rayos marginales ó centrales, segun el grado de abertura de la pupila.

2.º Young ha buscado esta facultad en la prolongacion ó acortamiento del eje del cristalino: Hunter y Young atribuian á la lente una contractilidad que realmente le pertenece.

3.º Home creia con Englefield y Ramsden en una variacion de la convexidad de la córnea, que, segun él, dependia de la accion de los músculos oculares, y en las aves del músculo particular que Crampton ha descubierto en el círculo ciliar.

La dislocacion del cristalino por el círculo ó procesos ciliares ha sido invocada por Kepler, Scheiner, Porterfield, Camper y otros muchos.

Finalmente, muchos fisicos, como Rohault, Bayle, Olbers, Home, Schroeder y van der Kolk, le han atribuido á la influencia de los músculos oculares sobre la forma de todo el ojo, creyendo unos que la variacion de forma dependia de los rectos y otros de los oblicuos.

Relativamente al iris y pupila, los movimientos del primero tienen un enlace incontestable con la facultad que tiene el ojo de acomodarse á las distancias; porque el iris es ancho cuando miramos un objeto distante, y estrecho cuando está próximo, ó bien sufre una impresion fuerte de luz, como por ejemplo, la de una vela encendida delante del ojo, no impidiendo que pueda variar mucho la magnitud de la pupila, si se dirigen los ejes oculares de modo que, ó se hagan convergentes hácia un objeto próximo, ó caminen paralelos hácia otro distante. Sin embargo, estos cambios

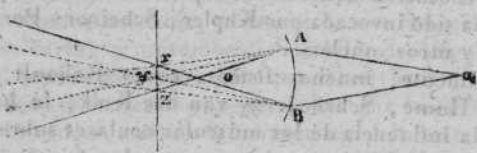
(1) *Elem. physiol.*, t. V, l. XVI, sec. 4, § 20.

(2) Tomo VI, p. 512.

del iris dependen únicamente del movimiento comunicado al ojo por los músculos oculares, y de la influencia que el nervio óculo-muscular común ejerce sobre el gánglio oftálmico y nervios del iris. Estos movimientos son asociados; porque basta para determinar la contracción del iris cerrando un ojo, volver el otro hácia dentro ó arriba, de modo que á título de movimiento asociado, se encuentre unido indisolublemente al movimiento voluntario de muchos músculos oculares, dependientes del nervio óculo-muscular común. No es fácil reconocer en estos fenómenos una conexión inmediata entre el movimiento del iris y la facultad que tiene el ojo de acomodarse á las distancias. Pero se pregunta hasta qué punto puede explicarse la vision distinta á diferentes distancias por los movimientos de la pupila.

1.º He aquí cómo explica Mile la vision distinta á diferentes distancias por los movimientos del iris y por la inflexion de la luz en el borde de esta membrana (1).

Fig. 28.



Sea *a* un punto de un objeto cuyos rayos centrales se reúnan, no en la retina, sino delante de ella, y por consiguiente no podamos ver con claridad á beneficio de estos rayos. Los rayos *a A a B*, pasando por el borde del iris, y los rayos marginales en vez de seguir la dirección *A o* y *B o*, toman la de *A y* y *B y*, y van á reunirse en *y* sobre la retina. El sitio en que estos rayos concurren al mismo tiempo, está prolongado por el borde del iris, mas allá del foco de los rayos centrales, y como la inflexion aumenta cerca de este mismo borde, cuanto mas próximos á él pasan los rayos, mas distantes del cristalino se reúnen. La

(1) MAGENDIE, *Journ. de Physiol.*, t. VI, p. 166.

distancia focal de los rayos centrales y marginales no está todavía determinada; pero una línea de cierta estension y que el ojo pueda percibir con claridad por medio de los rayos que han sufrido la inflexion en el borde del iris, es un objeto del cual los demás rayos no podrian proporcionarle la vision distinta.

El vicio de esta teoría consiste, como lo han demostrado Treviranus y Wolkmann, en que no cuenta para la formacion de la imágen mas que con los rayos que pasan por el borde del iris, y no hace caso de la gran masa de luz y concurrencia de rayos que se verifica en otros puntos, por ejemplo, en *x* y *z*.

2.º La hipótesis de Pouillet no se funda en la influencia de la luz sobre el borde del iris, sino en la diferencia del foco de los rayos centrales y marginales, de los cuales los primeros atraviesan el centro del cristalino, formado de capas muy densas, y los otros pasan al través del borde de la lente, que las tiene menos densas. Los rayos que caen sobre la parte central del cristalino, deben reunirse mejor que los que llegan á herir el borde. De modo que como la pupila se ensancha para ver de lejos, y se estrecha en el caso contrario, los rayos marginales estan separados en este último caso, reuniéndose solo los centrales, mientras que en el primero el ojo admite los rayos marginales cuyo foco coincide con la distancia de la retina al cristalino, pues dicho foco es mas próximo para los objetos lejanos que para los inmediatos. Pero cuando la pupila se ensancha y el objeto está distante, los rayos centrales que entonces se reunen delante de la retina, producen círculos de difusion que tenian para Pouillet poco influjo, en razon á la intensidad de la imágen formada por los rayos marginales convergentes.

Los fenómenos citados anteriormente que se verifican cuando se miran dos alfileres paralelos colocados á diversas distancias, contradicen absolutamente esta teoría. Hemos visto que mirando con un solo ojo las estremidades de dos alfileres, se percibe claramente la primera, apareciendo la segunda como envuelta en una niebla; y que vemos esta bien cuando en la otra lo conseguimos de un modo imperfecto. En el caso en que está la pupila contraida por hallarse el objeto próximo, el que está distante produce un círculo de difusion por sus rayos centrales, que se reunen de-

lante de la retina. De esto se sigue, contra la hipótesis de Pouillet, que cuando se fija el objeto distante y se le mira con una pupila dilatada, los rayos centrales no pueden perderse á pesar de la pureza de la imágen debida á los marginales, y que si no se pierden, la vision distinta á diferentes distancias debe depender de otra causa que la indicada por dicho físico.

3.^o Las mismas reflexiones se aplican á la hipótesis de Treviranus, que admite por elemento no solo la diferencia del cristalino, sino tambien el cambio de la pupila. Segun sus cálculos, una lente puede reunir en un punto los rayos luminosos de objetos colocados á las distancias mas diversas, cuando la pupila modifica en virtud de una ley modificada por él la relacion de los rayos marginales con los centrales.

Finalmente, podemos con Wolkmann objetar á todas las teorías que hacen depender del movimiento del iris la facultad que tiene el ojo de acomodarse á todas las distancias, que si el cambio de la pupila fuese el único medio de conseguir esto, todo cambio que imprima la luz en esta abertura debe ocasionar otro en su situacion, lo cual no sucede. La vision distinta de un objeto mirado al través de una pupila artificial en un naipe, y la posibilidad persistente, á pesar de este diafragma, de ver con claridad á nuestro arbitrio, uno ú otro de dos alfileres alineados prueban tambien que la facultad de acomodarse, no depende del cambio de magnitud de la pupila, y que si esta abertura varia, segun las distancias, proviene indudablemente de cualquier otra causa. Si miro las letras de un libro á la distancia de quince pulgadas, al través de un agujero hecho con un alfiler en un naipe que tengo próximo á la córnea depende de mi voluntad ver clara ó confusamente con esta pupila invariable. Relativamente á la hipótesis del cambio de convexidad de la córnea, parecen ya rebatirla los hechos de que somos deudores á Olbers, pues no es fácil concebir que los músculos oculares ejerzan sobre el ojo una compresion bastante fuerte para producir en el radio de la córnea un cambio de 0,273 á 0,333 de pulgada. Home y Bausdem dicen haber observado los cambios en el ojo vivo durante la vision á diferentes distancias; pero Young no ha podido comprobar el hecho, pues la movilidad del ojo no permite practicar ningun experimento de esta clase en

cuya exactitud pudiéramos fiarnos. Lo único que parece convendría, era observar las imágenes reflejadas por la superficie de la córnea, y ver si su magnitud y situación varían con respecto á los puntos á que corresponden.

La teoría que explica la facultad que el ojo tiene de acomodarse á las distancias por la compresion que sus músculos propios ejercen sobre él, presenta tambien dificultades; verdad es que con ella conseguimos explicar los hechos, pero no por esto se prueba su exactitud, pues aquellos se prestan igualmente á otras explicaciones. Es difícil, como lo indica con razon Treviranus, concebir una prolongacion del ojo en el sentido de su eje, por la accion de sus músculos rectos, tal como opinaba Olbers. La opresion de estos músculos debe impeler al cuerpo vítreo hácia atrás y hácia adelante; pero los músculos oculares solo tiran del ojo hácia atrás, y si la almohadilla de tejido adiposo opone un obstáculo, mas bien se comprimirá el globo que se prolongará. De modo que esta circunstancia favorecerá la vision distante en la cual el foco es mas corto. Además, solo sentimos un esfuerzo interior en la órbita cuando se miran objetos muy inmediatos. La compresion y aumento de longitud del ojo, son mucho mas fáciles de ejecutar por los músculos oblicuos, que tienen el poder de tirar del órgano hácia el lado, contra la pared interna; de este modo es como Lecaus, Rohault y Schræder van der Kolk, han aplicado la situacion de dicho globo. Hay una circunstancia que aboga en su favor, que los ojos siempre tienen que convergir con fuerza cuando se mira muy de cerca, ocasion en que los músculos oblicuos pueden obrar con bastante energia, como indica con mucha razon Luchtman (1). Pero se presentan numerosas objeciones contra esta teoría, lo mismo que contra todas las que atribuyen la situacion á la accion de los músculos oculares. La impresion local de los narcóticos puede colocar rápidamente al ojo en otro estado, mientras que al mismo tiempo la pupila se dilata. Este fenómeno no puede explicarse por la trasmision del narcótico de la conjuntiva á los músculos oculares y á sus nervios, pues la imbibicion solo explica la penetracion

(1) *De mutatione axis oculi secundum diversam distantiam objecti.* Utrecht, 1832:

á una profundidad limitada, además de que el narcotismo local no trastorna el movimiento de los ojos por sus músculos oblicuos. El mejor medio que podemos emplear para esto consiste en instilar sobre las conjuntivas algunas gotas de una disolución lijera de belladona. Al cabo de algun tiempo (un cuarto de hora) la pupila se dilata, y entonces varía enteramente la situación media del ojo, sin que por esto se destruya su facultad. Las observaciones que poseemos de este género son numerosas, y la mayor parte demuestran que el influjo de los narcóticos determina la presbicia, contra cuya consecuencia deponen Purkinge, fundado en los experimentos de Wolkmann.

He practicado por mi parte algunos experimentos relativos á esto, y he visto á cualquier distancia. Lo único notable que advertía era, que la instilación del extracto de belladona en uno de mis ojos afectaba tambien al otro; cuando abria los dos, el bueno se hallaba en un estado de refracción para los objetos mas inmediatos, únicos apreciables; mientras que el enfermo no distinguía claramente los objetos inmediatos. Cuando ambos órganos se disponian para la vision á diferentes distancias, ya el uno ya el otro, veía con mas claridad. Si el ojo malo variaba para los objetos inmediatos, el sano se acomodaba involuntariamente á aquellos que estaban todavía mas cerca; de modo que el ojo enfermo á pesar de ser presbita no habia perdido su poder interior para acomodarse, ni tampoco á pesar de la gran dilatación de la pupila la aptitud para prestarse á los movimientos del iris. Voluntariamente veía mejor, ya de cerca ya de lejos; en el primer caso el ojo estaba casi completamente contraído sobre sí mismo; en el segundo la pupila se contraía un poco, obedeciendo al mismo movimiento del iris. Cuando ambos ojos miraban á un tiempo, se presentaban generalmente imágenes dobles, y unas veces el espectro del ojo sano, y otras el del enfermo era claro, segun que el esfuerzo comun acomodase uno ú otro ojo á la vision distinta del objeto. Cuando el ojo enfermo presbita se acomodaba con fuerza para ver claramente los objetos inmediatos, resultaban las imágenes cerca de una tercera parte mas pequeñas que lo natural, mientras que las imágenes confusas del ojo sano, que en estas circunstancias solo veía claramente lo que estaba inmediato, conservaban su magnitud natural.

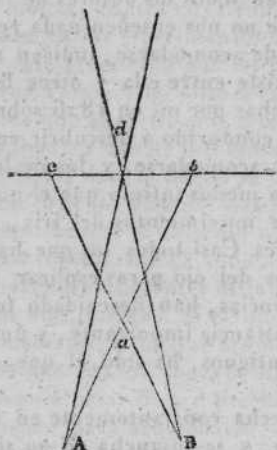
Dejando aparte las hipótesis discutidas hasta ahora, nos quedan las que colocan la causa de la acomodacion en el interior del ojo, y que la atribuyen á un cambio en la situacion ó convexidad del cristalino, producido en el cuerpo ciliar (1). Aunque no podamos rebatir positivamente estas hipótesis, tampoco nos es fácil presentar su prueba directa. Tal es en general el estado de la cuestion, que los fenómenos pueden esplicarse de muchas maneras, sin que por esto esten las soluciones á cubierto de la crítica; en tal estado de cosas creo que lo mas oportuno es presentar algunos hechos importantes, que, desconocidos de todos los autores de las teorías precitadas, y por mas que no nos enseñen nada relativo á las causas de la facultad de acomodarse, indican al menos la conexión íntima que existe entre ella y otros fenómenos. Las investigaciones hechas por mí en 1826 sobre la vista doble y simple, me han conducido á descubrir entre los movimientos del ojo para acomodarse, y los de los ojos y ejes visuales un enlace no menos íntimo que el que existe entre dicha facultad y los movimientos del iris, ó entre estos y los de los ejes visuales. Casi todos los que han escrito sobre los cambios internos del ojo para esplicar la vision distinta á diferentes distancias, han descuidado tomar en consideracion esta circunstancia importante, y únicamente Porterfield, entre los antiguos, ha sido el que se ha ocupado de ella.

Lo mismo que el iris se estrecha constantemente en la posicion de los ojos hácia dentro, y se ensancha en su situacion hácia fuera, ó cuando son paralelos, del mismo modo el ojo se dirige hácia dentro y se acomoda involuntariamente para la vision distinta y mediata; mientras que cuando los ejes visuales se separan uno de otro hasta hacerse paralelos, la facultad de acomodarse varía tambien. Se dispone para la vision distinta lejana, y acaba por poderse ejecutar á la mayor distancia. Sabemos que se ve distintamente un objeto cuando le miramos, esto es, cuando dirigimos sobre él los dos ejes visuales; pero es un hecho no menos cierto, que vemos un objeto confusamente y se pierde la facultad de acomodarse, cuando dicho objeto está

(1) HUECK, *Die Bewegung der Krystallinse*. Dorpat, 1839
—BUROW *Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges*. Berlin, 1842.

situado fuera de los ejes visuales, aunque por otro lado las partes laterales de la retina le vean bien. La situación viciosa de los ejes visuales determina una facultad de acomodarse de la misma índole, y los dos movimientos estan absolutamente enlazados uno con otro dentro de ciertos limites. Si viendo un objeto, tomamos la facultad de acomodarle para una distancia mayor ó menor, aparece doble, esto es, no se reunen en él los ejes visuales.

Fig. 29.



Sea por ejemplo *a* el objeto en que se reúnen los ejes visuales; si tratamos de verle claramente sin que intervenga la acomodación para el objeto imaginario *d*; por esto le vemos doble en *a*, porque aparece en *b* para A, y en *c* para B. Estas dobles imágenes de *a* también son tan claras como lo permite la facultad de acomodarse, calculada para el objeto más distante *d*. A medida que dicha facultad para *d* se aproxima para *a*, ambas imágenes no solo se hacen más manifiestas sino que también se aproximan una á otra hasta que se confunden con dicha facultad para *a*; los ejes visuales

aumentan en *a*. Las dos imágenes *b* pertenecen al ojo opuesto A, y *a* cuando lo ejecuta B: así, *b* desaparece cuando se cierra el ojo A, y *a* cuando se cierra el ojo opuesto B. Generalmente ambas imágenes estan en el lado opuesto, cuando se establece por fuerza una acomodación para una distancia más lejana del objeto *a*. Si por el contrario, *d* es el objeto hácia el cual se dirigen los ojos y se hace intervenir la acomodación para el punto imaginario *a*, el objeto *d* se presenta no solo confuso, sino doble, porque con dicha facultad para *a* los ojos se dirigen involuntariamente sobre *a*; *d* se encuentra entonces sobre el lado del eje visual A *b*, y sobre el de igual clase B *c*; de modo que aparece doble ó confuso. Con el grado de confusión crece la distancia de ambas imágenes; la doble imagen de *d* para A se separa de

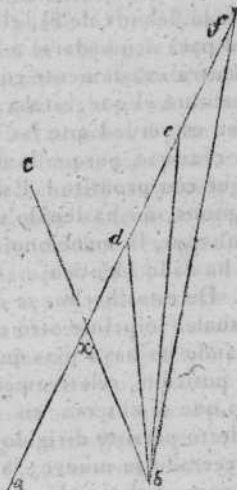
a sobre el ojo A, y la de *d* para B lo ejecuta de *a* sobre el lado del ojo B, segun lo indica la figura 29.

Los efectos de que se acaba de hablar se enlazan recíprocamente, aun quando esté cubierto uno de ellos, y por esto se prueba que depende uno de otro.

Sea *a* el ojo abierto, *b* el cerrado, *x*, *d*, *e*, *f* los objetos colocados á diferentes distancias sobre el eje visual del ojo *a*. Si *a* ve claramente el punto *x*, el eje visual del ojo cerrado *b*, se dirige involuntariamente al mismo punto, y si se abre el ojo *b*, *x* aparece en el punto de convergencia de los dos ejes visuales. Si entonces el ojo *a* pasa del estado de refraccion, pasa *x* á otros de la misma especie para objetos mas distantes de la línea *a f*, por ejemplo, para *e* ó *f*. El ojo cerrado se dirige involuntariamente sobre *e* ó sobre *f*.

Por el contrario, podemos variar la facultad de acomodarse, cambiando la inclinacion de los ejes visuales, y estas mudanzas sobrevienen no menos simultáneamente con el aumento ó disminucion de la inclinacion de los ejes que la contraccion y dilatacion de la pupila. Si los ejes visuales de *a* y *b*, se dirigen sobre el punto imaginario del espacio *d*, y por consiguiente *x* aparece doble para el ojo *a*, en la direccion *a f*, y para el *b* en la *b c*, ambas imágenes de *x* se confundirán tambien, porque el estado de refraccion es el que conviene para *d*. Si el eje visual *a f* no varía, sino que el de la misma especie *b d* se mueve en las direcciones *b c*, *b f* &c., de modo que la inclinacion de los ejes visuales disminuya el estado de refraccion para *e f* &c., mientras que cambian tambien las dos imágenes de *x*, y se hacen cada vez más confusas. Uno de los dos ejes visuales, á saber, el del ojo abierto, puede permanecer sin variar; pero el del ojo cerrado lo ejecuta secretamente, so-

Fig. 30.



breviniendo además otra variacion en el estado del ojo abierto (1).

En el caso de objetos colocados á grandes distancias, como el cambio del estado de refraccion, tiene finalmente un límite, y ambos ojos pueden tomar cualquier situacion que apetezca uno ú otro; deben sobrevenir desigualdades entre los dos. Así por ejemplo, cuando se mira á la luna con solo un ojo, teniendo tapado el otro por un objeto colocado delante de él, el eje de este ojo á pesar de la facultad para acomodarse á la distancia de la luna, no se encuentra exactamente con el del ojo abierto, porque si se descubre el que estaba tapado, percibe una imágen doble, bien es verdad que las imágenes de ambos ojos no tardan en reunirse, porque la oscilacion de los ejes visuales se consigue con prontitud. Esta observacion que he manifestado á algunos, no ha tenido en ellos el resultado apetecido; sin embargo, la menciono de nuevo porque á mí siempre me le ha dado idéntico.

De estos hechos se deduce que el cambio entre los ejes visuales imprime otro en la facultad de acomodarse, aun cuando no haya mas que el ojo cerrado que pueda variar de posicion, relativamente al abierto. Sucede aquí lo mismo que se observa en los movimientos del iris: si el ojo abierto persiste dirigido constantemente hácia un punto, y el cerrado se mueve, la magnitud de la pupila experimenta aun en el ojo abierto el cambio necesario para la convergencia de los ejes visuales, lo que indica que la voluntad parece ejercer algun imperio sobre el iris. Hemos considerado en otra parte el movimiento del iris que coincide con el de los ejes visuales como un movimiento asociado; porque solo se manifiesta durante la accion de los músculos por los cuales se distribuyen el nervio óculo-muscular comun, que produce tambien los motores del iris, por medio de la raiz corta del gánglio oftálmico. La facultad de acomodarse puede ser un movimiento asociado con el de los músculos oculares de fuera adentro, que se verifica por una íntima conexion orgánica en la accion nerviosa, ó por

(1) PORTERFIELD, *A treatise on the eye*. Edimbourg, 1759, t. I, p. 410.—VOLKMANN, *loc. cit.*, p. 144.

efecto del hábito. Sin embargo, es difícil que el movimiento del iris asociado con el de los ejes visuales reconozca por causa una conexión debida al hábito.

La voluntad ejerce tambien algo de influjo sobre la facultad de acomodarse, sin que los ejes de los dos ojos se disloquen necesariamente, circunstancia que indica que la conexión de que nos ocupamos en este momento es secundaria, y que no obra como causa constante. Plateau ha observado en sí mismo, que se puede á beneficio de un esfuerzo de la voluntad confundir la vision de los objetos, sin variar el estado de refraccion ni modificar la situacion de los ojos. He indicado ya que algunas veces nos sucede no conseguir sino muy imperfectamente, á pesar de todos nuestros esfuerzos, confundir la vision, sin producir imágenes dobles; pero recuerdo muy bien que aun entonces existen dichas imágenes, y que solo se cubren parcialmente. Los experimentos que he hecho despues me han impulsado á adoptar completamente la opinion de Plateau, esto es, que cualquiera que sea el enlace entre el estado de refraccion del ojo, y la mudanza de inclinacion de sus ejes visuales, conseguimos á fuerza de ejercicio sin variar nada la direccion de dichos ejes sobre un objeto, confundir la vision del último por el cambio voluntario del estado de refraccion, y reemplazarle por otro que esté en relacion con una distancia diferente. En esta confusion que sufre la vista, el iris varía tambien como lo ha demostrado Plateau; porque la pupila se dilata con la refraccion para ver claramente un objeto distante, y se contrae con él para uno próximo. Este seria un ejemplo de movimiento casi voluntario del iris, si aquí el movimiento no estuviese enlazado con el que hácia dentro y arriba ejecutan los músculos oculares.

Pero sucede aquí, como en todos los fenómenos que se han descrito anteriormente, que el movimiento del iris, y el cambio del estado de refraccion, se reunen por los vínculos mas estrechos, y sin embargo, no estamos autorizados para atribuir al movimiento del iris un influjo, ni aun indirecto, sobre la facultad de acomodarse. Se ha creido que el movimiento del iris puede obrar sobre el cuerpo ciliar, y por consiguiente sobre la situacion del cristalino; porque dicho cuerpo se adhiere con fuerza al contorno exterior de la cara posterior de la membrana; sin embargo,

esta hipótesis puede rebatirse del modo mas completo, porque los cambios del iris se determinan tambien por la luz. Pero vemos un objeto claramente cuando está muy iluminado, y por consiguiente la pupila contraida, ó en circunstancias opuestas y la pupila dilatada (1). De modo que lo único verosímil que tenemos es que la facultad de acomodarse depende de un órgano que se relaciona fácilmente con el iris; pero que á pesar de esto puede ser independiente hasta cierto punto. Raciocinando por via de exclusion, llegamos á creer que esta facultad pertenece al cuerpo ciliar, y le permite influir en la situacion del cristalino; pero carecemos de pruebas que demuestren si este cuerpo tiene contractilidad.

Segun las observaciones de Young y Wolkmann, la facultad que tiene el ojo de acomodarse á las distancias, disminuye por la extraccion del cristalino en la operacion de la catarata.

IV. MIOPIA Y PRESBICIA, MEDIO DE REMEDIARLAS Y LENTES.

1. *Faltas de claridad de los objetos muy próximos, y efectos de los diafragmas.*

La vision distinta á la menor distancia posible de los objetos tiene sus límites en todos los hombres (2). Los que solo estan separados del ojo de una á tres pulgadas ó menos todavía, no producen la imágen clara; porque la reunion de sus rayos luminosos cae en todos los hombres detrás de la retina. Si son pequeños los objetos solo producen una especie de niebla, al través de la cual se ven otros mas distantes, aunque el objeto pequeño colocado delante del ojo cubra la parte media de la pupila. La vision de los objetos distantes al través de la niebla que producen los próximos, depende de que si bien el cuerpo pequeño detiene los rayos del cuerpo mas distante que debieran atravesar el centro de la pupila, deja sin embargo pasar por sus bordes otros que llegan al fondo del ojo. De aquí resulta una condicion

(1) WOLKMANN, *loc. cit.*, p. 156.

(2) Véase á HUECK en MULLER'S *Archiv*, 1840, p. 82, 97.

esencial para que un objeto distante pueda verse al través de la niebla de un cuerpo próximo al ojo, y es, que el último sea mas pequeño que la pupila, con el objeto de que pasen los rayos marginales del otro. Aun en el caso que el cuerpo mas inmediato cubra casi totalmente la pupila, los rayos periféricos del cono luminoso pasan á pesar de esto por inflexion sobre sus bordes, penetrando en el ojo, y produciendo la imágen del cuerpo distante.

Tambien se ve un objeto lejano por medio de los rayos que atraviesan el contorno del cristalino cuando pasa al lado de otro cuerpo que está delante del ojo. Todo el mundo sabe que si mientras se mira un cuerpo colocado á cierta distancia pasa otro por delante del ojo de uno ú otro lado, el primero se deforma un poco, y parece ensancharse desde que el borde del segundo se aproxima á él. Este efecto parece depender en parte de que el cuerpo distante es visto por los rayos marginales del cristalino, y en parte tambien de la inflexion que la luz experimenta en el borde del cuerpo intermedio.

La niebla que los cuerpos pequeños muy próximos producen, en vez de una imágen, es tanto mayor cuanto mas ancha es la pupila; porque como el círculo de difusion para cada punto del objeto es un segmento del cono luminoso que atraviesa la pupila, claro es que este círculo debe tener tanta mas estension cuanto mas ancha es la pupila. Pero la niebla de un objeto colocado cerca del ojo, por ejemplo un alfiler, depende de los círculos de difusion sobrepuestos, de todos los puntos de la imágen; cosa que nos explica algunos fenómenos curiosos. Si se coloca un alfiler á tal distancia del ojo, que sea capaz de producir una imágen, pero confusa, la magnitud de la niebla mas ó menos considerable segun que el ojo se encuentre en la claridad ú oscuridad, esto es, que el iris se dilate ó contraiga; he aqui una ocasion excelente para ver el movimiento del iris de su propio ojo en un fenómeno de vision.

Pero hay tambien circunstancias en las cuales vemos claramente, aun cuando los objetos esten muy próximos al ojo, y aparecen estos mismos bastante gruesos, sin emplear lentes ópticas. Esto es precisamente lo que sucede siempre que se mira un objeto muy inmediato al través de un agujerito hecho en un naipe. Henle, que se ha ocupado mucho de este fenómeno, me llamó la atencion sobre él, y sobre las cau-

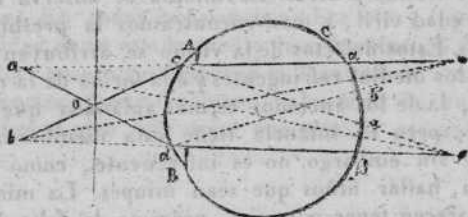
sas que le producen. Lecat (1), Monró y Priestley (2), tambien le conocen. Si se coloca una página muy próxima al ojo, no se distingue ninguna letra, pero si quedando en la misma distancia la miramos al través de un agujero hecho en una hoja de papel con un alfiler, colocándole inmediatamente delante del ojo, al instante se distingue muy bien la escritura, y las letras parecen muy gruesas, así como los intervalos blancos. Se pudiera creer que la claridad de la vision depende de que la estrechez de la abertura aisle los rayos centrales de los objetos próximos, y que en virtud de la densidad del núcleo del cristalino, estos rayos son conducidos antes á la convergencia (mientras que, si la densidad de la lente fuese la misma en todas partes, se reunirían despues que los rayos marginales). Pero entonces no debia crecer la magnitud del objeto. Si se dice que el aumento de volúmen no es mas que aparente, porque mirando la escritara próxima al ojo sin el agujero del naipe, solo se ve el núcleo de las imágenes por difusion, sin reparar en toda su magnitud, esta objecion sería fácil de destruir comparando las imágenes simultáneas de ambos ojos, de los cuales uno mira libremente las letras muy próximas á él, mientras que el otro lo ejecuta al través del agujero de la carta, porque los caracteres é intervalos blancos le parecen mayores á este, y como vemos las dos imágenes una al lado de la otra, nos es fácil apreciar que el mismo espacio que contiene tres líneas en la una, solo comprende dos en la otra. Lecat y Priestley atribuyen el fenómeno á la inflexion de la luz en el borde de la abertura del naipe, y el primero se funda en el cambio que experimenta el contorno de un objeto distante que se le mira por el borde de una varilla. Es ciertamente imposible explicar por la inflexion la claridad con que se distinguen al través de la abertura de una carta los objetos muy próximos al ojo. Cuando se verifica lo que se llama inflexion y mejor difraccion, la luz se separa por ambos lados de su direccion, y la parte exterior de los rayos que la han sufrido en el borde de la abertura del naipe caen mas distantes detrás de la retina, que los objetos muy próximos. Estos rayos no pro-

(1) *Traité des sens*, p. 305.

(2) *Geschichte der Optik*, p. 391.

ducen pues una imagen; la parte interna de los rayos que han experimentado la inflexion en el borde de la abertura, llega antes á la convergencia, no cae por consiguiente detrás de la retina, sino sobre ella, y esto explica la claridad de la imagen, á pesar de la poca cantidad de luz con que contribuye. Sin embargo, esta teoría no explica de qué depende el aumento de volumen de la imagen.

Fig. 31.



Se puede con Henle explicar de otro modo este fenómeno (1). Sea ab el cuerpo colocado inmediatamente delante del ojo, AB los medios refringentes, C la retina, el cono luminoso del punto b se reúne en e y el de a en f , luego, bc es el rayo principal del cono luminoso a . Los puntos de reunion e y f estan situados detrás de la retina por hallarse el objeto muy próximo. b se ve, pues, con el círculo de difusion $b'a'$ y a con el de $a\beta$. Si interponemos ahora entre el objeto y el ojo un naípe con el agujerito o , los conos luminosos se reducen á los haces b , c y $a\beta$ que atraviesan la abertura o , viendo la imagen de b sin círculo de difusion en a' y la de a del mismo modo en β . La inflexion puede concurrir tambien para esto y hacer que el haz luminoso filiforme que atraviesa la abertura de la carta, no represente mas que un punto sobre la retina. La imagen parece mayor porque la distancia de los rayos periféricos a y β de los dos conos es mayor que la de sus rayos principales.

(1) V. R. HASENCLÉYER, *Die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne*. Berlin, 1842, p. 7y.

2. *Miopia, presbicia, lentes y optómetros.*

Ciertos hombres carecen de la facultad de producir cambios en su ojo para acomodarse á las distancias, y si la tienen, es tan limitada que solo distinguen los objetos á una distancia determinada; de modo que son miopes ó presbitas. Es imposible probar á estos individuos que el ojo posee realmente dicha facultad, y tal era probablemente el caso de Treviranus y otros. La miopia se observa en general en la edad viril, y casi encontramos la presbicia en los ancianos. Estos defectos de la vision se atribuyen generalmente á los medios refringentes y á la forma de la córnea; y en efecto, la de los ancianos es mas aplanada que la de los jóvenes; pero la infancia tiene esta membrana mas convexa, y sin embargo no es infrecuente, como indica Wolkmann, hallar niños que sean miopes. La miopia y presbicia parecen tener por causa próxima la falta de poder acomodarse, ó la gran debilidad de este acto de energía muscular, pues el ojo solo ve de una manera distinta á cierta distancia, esto es, la mas apropiada á la forma de sus medios refringentes. Lo que prueba que la miopia y presbicia dependen principalmente de una modificación ó de la pérdida de la facultad de acomodarse el ojo á las distancias, es que podemos metódicamente convertirnos en miopes, perdiendo la costumbre de ver objetos distantes (1). Los niños, que aproximan demasiado la cabeza al papel leyendo ó escribiendo, llegan á ser miopes; el uso constante del microscopio produce el mismo efecto, si bien determina generalmente una miopia pasajera que dura algunas

(1) Ware no ha encontrado casi ningun miope entre 1000 soldados ingleses, solo ha visto 3 entre 1300 niños; mientras que de 127 estudiantes, 32 tenían este defecto. Holke (*Disquis. de acie oculi dextri et sinistri*. Léipzig, 1830) ha encontrado en 14075 personas de todos sexos, edades y condiciones, 6379 miopes, 5685 presbitas y 2011 vistas causadas, lo que entre 100 da para la miopia 45,32, para la presbicia 40,39 y para la ambliopia 14,29. Combinando de diferentes maneras las observaciones de Holke, Valentin ha llegado entre otros á los resultados siguientes. Relativamente á la proporcion en centésimas

horas. En este concepto los anteojos perjudican, pues hacen perder al ojo la costumbre de acomodarse á las distancias.

Sucede algunas veces que los dos ojos tienen durante toda la vida un estado medio de refraccion diferente, aunque no se observe entonces ninguna discordancia entre sus pupilas. Esta falta de armonia puede depender del hábito de mirar los objetos próximos solo con un ojo, del uso del microscopio y de otras circunstancias semejantes. La causa que le produce con mas rapidez es la narcotizacion de un ojo por medio de algunas gotas de una disolucion del extracto de belladona. En todos estos casos ambos ojos, á pesar de la desigualdad de su estado medio de refraccion, ó de su fuerza media, poseen sin embargo la facultad de acomodarse á las distancias, y este fenómeno voluntario de uno de ellos obra sobre el otro, sin dejar por esto de permanecer desiguales.

de miopes, presbitas y ambliopes, segun las edades, sexos y profesiones.

	Edad.	Miopes.	Presbitas.	Ambliopes.
Muchachos.	8—16 años.	66,67	12,52	20,51
Muchachas.	8—16	82,15	10,71	7,14
Hombres.	16—60	39,44	44,54	16,02
Mujeres.	16—60	18,56	48,92	32,51
Hombres.	60—90	13,88	47,49	13,88
Mujeres.	60—90	9,50	25,14	65,36
Literatos.	16—60	73,52	22,62	3,86
Id.	60—90	29,21	40,91	29,88
Artistas.	16—60	22,88	62,70	12,42
Id.	60—90	19,44	38,89	19,44
Comerciantes.	16—60	53,54	38,59	7,87
Id.	60—90	3,85	50,00	46,15
Cazadores.	16—60	11,11	74,24	14,65
Id.	60—90	8,94	33,93	57,13
Artesanos.	16—60	9,78	57,98	32,24
Id.	60—90	8,00	42,00	62,27

Así, la miopia disminuye mucho con la edad en ambos sexos, cerca de un tercio en el hombre, la mitad en las mujeres, y otro tanto sucede en las diversas profesiones.

(N. del T. F.)

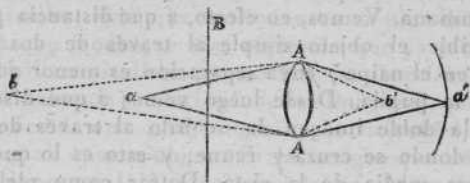
1		Supongamos que las dos series de cifras de enfrente expresan la facultad de
2		acomodarse los ojos, el 1 se verifica en
3	1	el ojo B al mismo tiempo que el 3 en el
4	2	A; si A se eleva hasta 5 B sube tam-
5	3	bien, pero solo hasta 3, con la facultad
6	4	de acomodarse el ojo A representada por
7	5	1, ve claramente los objetos distantes,
8	6	mientras que B no percibe nada. Puede
9	7	suceder que ambos á dos vean claramen-
10	8	te dentro de cierto límite la imagen con-
	9	fusa del uno, no ofuscando la imagen
	10	del otro, si bien cubriéndose ambos; pe-
	11	ro en el estado de refraccion propia de
	12	los objetos inmediatos, el ojo permanece

A B

en el goce de toda su facultad visual, de que carecia para los objetos lejanos. Puede ser que A llegue en 10 al límite de la fuerza de su vision, mientras que B distingue todavía en 11 y 12. La desigualdad del estado de refraccion es en ciertas personas la que hace que empiecen á torcer la vista, porque emplean de preferencia el ojo que posee la fuerza media, y mas cómoda para el uso, y descuidan la otra, cuya imagen no les ofusca. De aquí cuando el hombre cuyos dos ojos tienen la misma fuerza, mira á un objeto con anteojos en uno, los ejes de ambos órganos no se reunen sobre el objeto, si no le ven doble, como sucede cuando se emplean anteojos con vidrios de fuerza desigual. Las dobles imágenes producidas por la falta de reunion de los ejes ópticos sobre el objeto se separan mas cuando el estado de refraccion de uno de los ojos se varía con el extracto de belladona, en cuyo caso á cierta distancia del alcance de uno de los ojos la imagen del otro aparece al lado de la suya débil y confusa. La causa de este trastorno se deduce sin dificultad de lo que he dicho al fin del artículo precedente. El estado de refraccion influye sobre la situacion de los ejes de los ojos. El modo como la imagen de este, que ve con poca fuerza, pierde su influjo perturbador, se espondrá mas adelante cuando tengamos conocimiento de los hechos que prueban que los campos de ambos ojos se encuentran en una especie de lucha que hace que la actividad nerviosa pueda inclinarse tanto á un lado como á otro, oscilando la dominacion entre ambas.

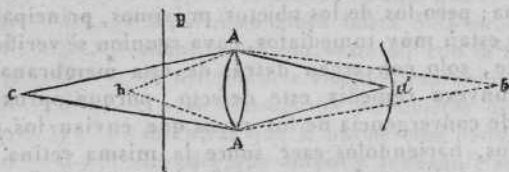
Preciso es presentar algunas observaciones relativas al modo como corrigen los anteojos la miopia y presbicia. El ojo presbita se corrige con lentes convexas, y el miope cóncavas. En el primero los rayos mas distantes se reunen en la retina; pero los de los objetos próximos, principalmente cuando estan muy inmediatos, cuya reunion se verifica mas adelante, solo convergen detrás de esta membrana. Una lente convexa remedia este defecto, porque aproxima el punto de convergencia de los rayos que envian los objetos próximos, haciéndolos caer sobre la misma retina. En el ojo miope todo sucede al contrario; los rayos de los objetos inmediatos se reunen sobre la retina y producen una imágen clara; pero los distantes, cuyo foco está colocado á menor distancia que el de los otros, se reunen delante de esta membrana, sobre la cual proyectan círculos de difusion. Una lente cóncava hace desaparecer este defecto dispersando mas los rayos luminosos, de lo cual resulta que se reunen mas tarde, y por consiguiente sobre la retina.

Fig. 32.



La figura 32 representa los medios refringentes de un ojo miope. Los rayos luminosos del objeto próximo *a* se reunen en la retina *a'*; los del objeto distante *b* convergen delante de esta membrana en *b'*. Una lente cóncava *B* dirige los rayos *A b'*, *A b''* en la direccion de *A a'* y *A a''*, lo cual hace que el objeto distante *b'* se vea claramente en *a'*.

Fig. 33.



Supongamos que AA sean los medios refringentes de un ojo presbita; el objeto distante a reunirá su luz en a' , esto es, sobre la retina; pero la del objeto próximo b convergirá en b' detrás de esta membrana. La lente convexa B obliga á convergir antes á los rayos del objeto próximo b , de modo que no se reúnen en b sino en a' , esto es, en la retina.

El optómetro, instrumento fundado en el experimento de Scheiner, sirve para determinar el alcance medio de la vision humana. Vemos, en efecto, á qué distancia puede un ojo percibir el objeto simple al través de dos agujeros abiertos en el naipe, cuya separacion es menor que la latitud de la pupila. Desde luego vemos á qué distancia se percibe la doble imágen de un hilo al través de los dos agujeros donde se cruza y reúne, y esto es lo que se llama fuerza media de la vista. Detrás como adelante un objeto que miramos al través de las dos aberturas, parece doble, esto es, que su imágen cae delante y detrás de la retina. Sin embargo, el optómetro de Young (1) no proporciona mas que un resultado inexacto, porque la difraccion que la luz experimenta al pasar por los bordes de la abertura, produce fenómenos de inflexion.

(1) *Philos. Trans.*, 1801, p. I, p. 35.—Véase la descripción y la figura del optómetro de Stampfer en el Diccionario de Gehler, 1836, t. VIII, p. 751, lám. 15, fig. 319.

3. *Cambios del alcance de la vista por las lentes de aumento.*

Examinaremos ahora el influjo que ejercen en el alcance de la vista las lentes á propósito para aumentar la imagen. Los instrumentos mas sencillos de esta especie consisten en lentes aumentativas ó microscopios. Cuando tenemos cerca del ojo un objeto sumamente pequeño, parece muy grueso pero confuso, porque la convergencia de los rayos luminosos se verifica detrás de la retina. El efecto de una lente colocada entre el objeto y el ojo se reduce á disminuir la distancia á que se reunen los rayos. Si colocando convenientemente la lente llegamos á hacerlos convergir sobre la retina, se aclaran todos los pormenores, y el objeto aparece del mismo volúmen que tenia antes, sin necesidad de lente, cuando se hallaba delante del ojo. En este caso el aumento no es mas que aparente, y no se consigue con la aproximacion del objeto que la lente proporcione su vision clara á pesar de que la proximidad aumenta el volúmen. En el telescopio y microscopio la imagen no cae dentro del ojo sino delante de él, y los rayos luminosos se reunen en este paraje para producirla; pero no se los recibe, sino que continúan su camino divergiendo, del mismo modo que si el objeto de que parten en esta forma se hallase en dicho punto. En esto precisamente se fundan el aumento y claridad de las imágenes, porque el ángulo óptico de una imagen que vacila delante del ojo es mayor que el mismo objeto. Si la imagen que vacila delante del ojo ocupa la distancia de la vision clara (ocho líneas), el objeto, al mismo tiempo que aumenta de volúmen, se delinea con tanta claridad, que puede verse á la distancia mas natural de la vision distinta.

Los telescopios sirven para percibir mas claramente y aumentar los objetos distantes; los microscopios llenan el mismo oficio respecto de los que estan muy cercanos. El número de vidrios que entra en su composicion varía mucho. Si detrás del primero se encuentra otro, este varía la imagen y su situacion, ó cuando la del primer cristal cae delante del segundo, ocupa el lugar de un objeto para este último. La imagen del segundo puede variar para el tercero ó servirle de objeto. La lente que recibe inmediatamente la luz del objeto se llama objetiva, y la que se halla vuelta hácia él

se denomina ocular. En el microscopio la imágen física que producen una ó muchas lentes se ve al través de la ocular, como un objeto lo está al través de una lente aumentativa. La claridad de la imágen depende de la cantidad de luz que la lente objetiva recibe del objeto, y en el microscopio, de la que se proyecta sobre el objeto con una luz artificial. Si esta cantidad de luz con la cual la imágen del objeto aparece en el telescopio y microscopio es mayor ó menor que la que el objeto proyecta en la pupila del ojo sin instrumento, la claridad de la imágen es mayor ó menor que cuando se ve el objeto desnudo. El telescopio hace que la imágen sea mas clara que el mismo objeto, porque la lente objetiva recibe de aquel y emplea para formar la imágen mas luz de la que llega á la pupila cuando miramos el objeto con solo los ojos.

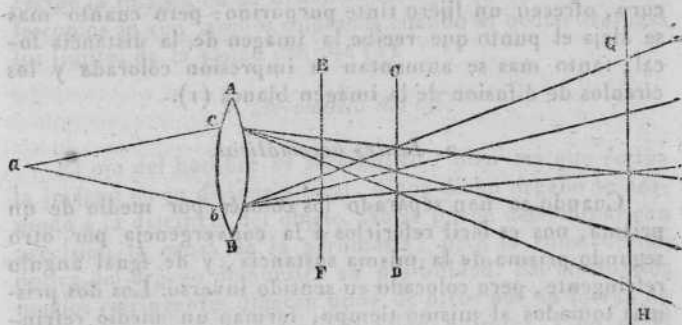
V. CROMASIA Y ACROMASIA DEL OJO (1).

1. Lentes cromáticas.

Aunque los rayos de un objeto iluminado, refractados por una lente, producen, cuando se evita la aberracion de esfericidad, una imágen clara desde el momento en que llegan á la distancia focal de aquella, sin embargo, la claridad no es perfecta mientras no se trate de una luz de color homogéneo. Porque es imposible sin otro recurso la reunion absoluta por refraccion de la luz blanca sobre un punto, aun cuando se tenga cuidado de evitar la aberracion de esfericidad, porque los rayos colorados contenidos en esta luz no tienen la misma refrangibilidad, y por consiguiente no convergen todos á la misma distancia.

(2) MULLER, *Physiologie des Gesichtssinnes*, p. 195, 414.—
TORTUAT, en MECKEL's *Archiv*, 1830, p. 129.

Fig. 34.



Sea *a* el punto luminoso, y *A B* la lente; los rayos colorados contenidos en el cono luminoso *a*, *b*, *c* experimentan una refracción desigual, de modo que los violetados que son los más refrangibles, se reúnen los primeros, después los amarillos, y últimamente los rojos. Por concentrada que esté la luz, en vez de un punto colorado, aparece en *C D* un círculo de difusión, cuyo centro será blanco, porque los rayos colorados se cubren y los bordes se presentarán purpurinos, porque los límites extremos de los rayos violetado y rojo no pueden menos de presentarse. El fenómeno de coloración aumentará, si la imagen se recibe, no en la distancia media *C D*, sino antes ó después de ella; como por ejemplo, en *E F*, ó *G H*. Si se recibe la imagen en *E F*, los rayos rojos son los más exteriores y no están cubiertos por ningún otro rayo colorado; así que, forman un círculo rojo, y los amarillos exteriores, que solo están cubiertos por el rojo, constituyen uno naranjado, contenido en el primero, al rededor de un centro incoloro correspondiente al sitio en el cual se cubren los conos de los diferentes rayos colorados. Si la imagen es recibida en *G H*, los rayos violetados se presentan al exterior, y como no están cubiertos, forman el círculo colorado más esterno. Vienen después hacia dentro los azules, que, atendida su refrangibilidad, los siguen inmediatamente; el centro es blanco.

Cuando los rayos que atraviesan una lente son recibi-

dos á la distancia focal de la imágen, el fenómeno de coloracion se reduce á una cosa muy sencilla, pues casi dudamos si los bordes de la imágen blanca sobre un fondo oscuro, ofrecen un lijero tinte purpurino; pero cuanto mas se aleja el punto que recibe la imágen de la distancia focal, tanto mas se aumentan la impresion colorada y los círculos de difusion de la imágen blanca (1).

2. Lentes acromáticas.

Cuando se han separado los colores por medio de un prisma, nos es fácil referirlos á la convergencia por otro segundo prisma de la misma sustancia, y de igual ángulo refringente, pero colocado en sentido inverso. Los dos prismas tomados al mismo tiempo, forman un medio refringente de planos paralelos, del cual salen los rayos luminosos como si hubieran atravesado una lámina de cristal, bajo ángulos iguales á los de su incidencia. Sin embargo, Dollond ha descubierto que el poder dispersar los colores; de ningun modo es proporcional al refringente, y que hay medios que reflejan fuertemente la luz y la dispersan poco, y *vice versa*. Esta observacion ha hecho nacer la idea de construir prismas acromáticos, juntando dos prismas cuyo poder dispersivo y refringente fuesen desiguales. Un prisma crown junto con otro de esmeril, que tienen el mismo ángulo refringente, dispersa mas los rayos paralelos incidentes y los deja salir incoloros, como sucede á dos prismas de crown que tienen el mismo ángulo refringente y que se han unido entre sí. Lejos de esto, los rayos se descomponen por el exceso del poder dispersivo del esmeril, pero si se disminuye bastante el ángulo refringente del esmerilado para que ambos dispersen la luz con igual fuerza, uno de los cristales destruye el efecto del otro relativamente á la produccion de los colores, mientras que subsiste la simple refraccion de la luz. Un prisma acromático se compone de uno de crown, cuyo ángulo refringente es de treinta grados, y otro esmerilado que tiene diez y nueve. Fácilmente se concibe por lo dicho la construccion de las

(1) KUNZECK, *Die Lehre vom Lichte*, p. 157.

dobles lentes acromáticas, que destruyen recíprocamente su efecto dispersivo. Por último, la doble lente acromática mas perfecta no impide la aparicion del color cuando no recibe la imágen en su distancia focal, y en los mejores telescopios se ven anillos colorados cuando el ocular traspasa los límites de la vision distinta (1).

3. *Acromasia del ojo.*

El ojo del hombre es acromático, bien sea que reciba la imágen en su distancia focal, ó que dicho órgano se acomode á la distancia del objeto. No se puede determinar con precision la causa de la acromasia, pero la construccion óptica del órgano demuestra su posibilidad. En efecto, los medios refringentes difieren unos de otros por su fuerza de refraccion, convexidad y constitucion química. Uno es el cristalino, que tiene dos convexidades desiguales, y el segundo la córnea con el humor acuoso. Este, reunido á la córnea, forma una lente convexo-cóncava, cuya fuerza refringente difiere de la del cristalino. Acaso el poder dispersivo de los dos medios refringentes no sea proporcional á su potencia refractiva, dependiendo de esto la acromasia. Los objetivos dobles acromáticos y aplanados que indica Herschel, jóven, tienen una remota semejanza con los medios refringentes del ojo, respecto á su forma y composicion. Consisten en una lente anterior viconvexa de crown, cuyos diámetros son desiguales, y la cara mas convexa hácia fuera, y en una lente posterior convexo-cóncava de esmeril, cuyo lado cóncavo está oculto hácia la precedente.

4. *Cromasia del ojo.*

Se ha atribuido infundadamente una acromasia completa al ojo humano. La cromasia aparece mas ó menos característica desde el momento en que la imágen no se encuentra en la distancia focal. Las fajas coloradas que nacen al través de los medios refringentes de nuestro ojo, y que podemos hasta cierto punto producir voluntariamente, parece

(1) KUNZECK, *loc. cit.*, p. 172, 177.

fueron observadas por primera vez por Scheiner (1). Para estudiarlas en sí mismo es preciso mirar un campo blanco sobre fondo negro, ó uno negro sobre fondo blanco, fijando nuestra vista en un objeto próximo ó distante. Obrando de este modo se ve el campo de un modo confuso con círculos de difusión, y se desarrollan por las razones que indicaré mas adelante, dos imágenes que se separan tanto mas una de otra, cuanto mas lo verifican los ejes de los ojos del punto que ocupa el campo. Al principio del experimento no se las aprecia, pero con el ejercicio y la paciencia se llega á reconocer la faja colorada sumamente estrecha que rodea los campos. El modo mas fácil de ver confusamente un objeto es fijar los ejes de los ojos sobre un cuerpo ó punto ideal del espacio, mucho mas distante ó próximo. De este modo conseguimos ver con mas facilidad las fajas coloradas; sin embargo, cuando se ha adquirido alguna práctica, podemos ver á nuestro arbitrio confusamente con un solo ojo, estando cerrado el otro, haciendo intervenir al estado de refracción que corresponderia á un punto mas distante ó próximo en el espacio. Así es como se aprecian las fajas coloradas con un solo ojo; sin tener imágenes dobles del objeto. He aquí los resultados de mis propias observaciones.

1.º Si miramos con un solo ojo un campo blanco sobre fondo negro, de modo que el estado de refracción corresponda á un objeto mas próximo que el que se mira, las fajas coloradas de la imagen confusa son tambien rojas, amarillas, azules y violadas; pero en sentido inverso, el violado y azul se encuentran al lado del negro, y el amarillo y rojo del blanco.

Si nos servimos de ambos ojos, y por consiguiente hay imágenes dobles, la sucesion de los colores es la misma que

(1) Consúltese en esta materia á COMPARETTI, *Observationes dioptricae et anatomiae comparatae de coloribus apparentibus visu et oculo*. Padua, 1798.—Véase tambien una Memoria sobre los fenómenos fisiológicos de la coloracion en S. HEWIGER'S *Journal der Chemie und Physik*, t. XVI, MULLER, *Zur Physiologie des Gesichtssinnes*. Léipzig, 1826, p. 194, 204.—TORTUAL en MECKEL'S *Archiv*, 1839, p. 145, 177.—NIER, *De Dioptriciis oculi coloribus ejusque polyopia*. Berlin, 1842, p. 8, 36.—L. Vallée, *Theorie de l'œil*. Paris, 1843.

en el primer caso, cuando los ejes se cruzan detrás del objeto de doble aparicion, é igual que en el segundo, cuando los ejes lo verifican delante del objeto.

Las fajas coloradas experimentan una alteracion al producirse las imágenes subjetivas secundarias en el borde de la imagen objetiva, cuando el ojo verifica un lijero movimiento lateral. La imagen subjetiva de un campo negro sobre fondo blanco, es blanca; la de un fondo negro gris, y la que se forma en otro colorado, ofrece el color complementario opuesto. Cuando contemplamos por mucho tiempo un campo, la imagen secundaria ó fisiológica cubre la imagen subjetiva; pero si le damos al ojo un lijero movimiento lateral, el borde de la imagen fisiológica aparece en el de la objetiva. Estas fajas que solo aparecen hácia el lado en el cual fijamos los ojos, deben distinguirse bien de las fajas coloradas dióptricas, que son objetivas, y que dependen de los medios refringentes del ojo. Comporetti ha descrito los dos fenómenos reunidos. La vision de las fajas coloradas tiene, como vemos, en el ojo causas enteramente objetivas, y por lo que á ella toca no hay que pensar en esos cambios en la retina de que hablan algunos tratados de patologia. Cuando se presenta el fenómeno patológicamente, depende, no de un cambio en el acto de la vision, sino de otro en el poder que tiene el ojo de acomodarse á las distancias. Ciertos sujetos se quejan de ver fajas coloradas, aunque su facultad visual no haya experimentado ninguna alteracion, ni se encuentre en ellos ninguna tendencia á la ambliopia ó á la catarata. Aquí se colocan tambien las líneas rojas que aparecen al rededor de los caracteres de la escritura, siempre que los medios internos de variar el estado de refraccion, se hayan paralizado por alguna afecion moral, por un trabajo mental asiduo, la gana de dormir &c. Las fajas coloradas dióptricas adquieren mucha fuerza cuando por medio del extracto de belladona, se destruye la facultad que tiene el ojo para acomodarse á las distancias.

Es preciso distinguir las aureolas luminosas coloradas de las fajas coloradas dióptricas.

CAPITULO III.

DE LOS EFECTOS DE LA RETINA, NERVIIO OPTICO Y SENSORIO EN LA VISION.

Todos los fenómenos examinados en el capítulo precedente resultan de la estructura óptica del ojo, esto es, de la construccion de los medios trasparentes colocados delante de la retina. Otros bastante numerosos no se prestan á semejantes esplicaciones, sino que dependen de las propiedades vitales de la retina y de la relacion que hay entre esta membrana y *el sensorio*. Tales son, no solo el acto de la sensacion y percepcion como luz y colores, del cambio que se verifica en la retina, sino de la conversion de las imágenes de la retina en intuiciones del espacio, distancia, corporalidad y magnitud de los objetos. Tales son además la conexion entre las diferentes partes del aparato sensitivo, y muchos fenómenos que la luz exterior no produce, ó que al menos solo lo hace indirectamente en la retina.

I. ACCION DE LA RETINA Y DEL SENSORIO EN LA VISION.

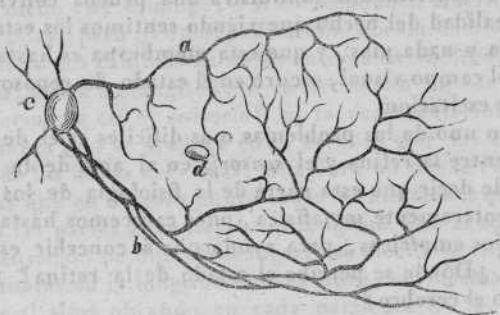
A. *Accion de la retina y del sensorio.*

He demostrado en la introduccion á la fisiologia de los sentidos que la retina no se limita á transmitir los efectos esternos, sino que reacciona sobre ellos. La luz y el color son dos acciones de esta membrana nerviosa y de sus prolongaciones en el cerebro. De la manera como se verifica la impresion exterior depende que tales ó cuales colores, tales ó cuales imágenes claras se perciban; así que, es tan poco conocida la manera de obrar de la retina, que su propiedad, generalmente apreciada, de ver los colores y la luz, cuando se estimula, es el fenómeno fundamental sobre que se fundan todas las investigaciones relativas á la vision. Las vibraciones de un fluido universalmente repartido, y que se denomina éter, producen con cierta velocidad ondas, la sensacion de tal color, y con otra velocidad la de tal otro, no siendo ambas mas que efecto de la reaccion de la retina. La irritacion de un mismo punto en esta membrana por ondas de volocidad diferente determina la sen-

sacion de claridad. Pero otras iguales se desarrollan tambien, sin el concurso del éter, cuando se irrita la retina por la electricidad y compresion.

Puesto que los cambios de la retina son los que sentimos cuando vemos, podemos decir tambien que durante la vision esta membrana se siente á sí misma, ó que el *sensorio* la siente en cualquier estado. El reposo de la retina ocasiona la oscuridad delante de los ojos; su actividad produce la claridad del campo visual en la sensacion. En ciertas circunstancias la vemos producir en ella imágenes, sin ningun objeto exterior. Tal es el caso, no solo de las figuras que la electricidad y compresion determinan, sino tambien de un fenómeno que Purkinge observó el primero y que debo mencionar ahora. Si en un espacio oscuro se

Fig. 35.



pasea ó da vueltas á una vela de seis pulgadas (1), se observa al cabo de algun tiempo, una figura oscura y ramosa, cuyas ramas se estienden sobre todo el campo visual, y que no es otra cosa que la expansion de los vasos centrales de

(1) La figura 35 representa la arborizacion de que se trata en el testo; se parece perfectamente á la que ha dado Arnold (*Tab. Anatom. fasc. II, tab. III, fig. 5 y 6*) de la distribucion de los vasos centrales en la superficie de la retina.

la retina, ó de aquellas partes de dicha membrana que estan cubiertas por dichos vasos. Para hablar con propiedad hay dos figuras arborizadas, cuyos troncos, no se cubren, pero nacen en la parte derecha é izquierda del campo visual, separándose inmediatamente uno de otro. A cada ojo pertenece un tronco; y las ramas de ambas figuras se entrelazan en el campo comun, formándose dichas figuras de la manera sigüiente. El movimiento de la vela de derecha á izquierda estiende la luz en todo el contorno de la retina, y todos los puntos de esta membrana que no estan cubiertos por los vasos centrales reciben un resplandor pálido, mientras que los que lo estan no pueden ser iluminados, y parecen oscuros bajo la forma de árboles negruzcos. El experimento sale siempre bien en casi todos los hombres; sin embargo, en algunos ofrece grandes dificultades ó se frustra. Las figuras ramosas parecen colocadas delante de los ojos, dando vueltas en el campo visual.

Este experimento suministra una prueba convincente de la realidad del hecho que viendo sentimos los estados de la retina y nada mas, y que esta membrana es hasta cierto punto el campo visual, oscuro en el estado de reposo y claro en el de excitacion.

Pero uno de los problemas mas difíciles es el de la relacion entre la retina y el *sensorio* en el acto de la vision. Se puede decir que esta parte de la fisiología de los sentidos es enteramente metafísica, pues carecemos hasta ahora de medios empíricos, para ayudarnos á concebir esta connexion. ¿Dónde se percibe el estado de la retina? ¿Es en ella ó en el cerebro?

Si los estados de las partículas de la retina no se convierten en sensacion hasta el cerebro, es necesario que el nervio óptico las trasmita á este órgano en el mismo orden que las partículas de la membrana observen las unas con respecto á las otras; de modo que á cada partícula de la retina debe corresponder una fibra del nervio; pero el experimento no conviene con esta hipótesis. Si se compara el grosor del nervio óptico con la expansion de la retina, no es posible conceder semejante aserto; porque el número de fibras del nervio parece ser mucho menor que el de las papilas de la membrana. No podrá verificarse la relacion, mientras que las fibras llamadas primitivas del nervio óptico, contengan una multitud de elementos infinitamente

menores. Sin embargo, es menester considerar que la sensacion solo es clara en medio de la retina, de modo que si se admite que las estremidades de los nervios estan muy inmediatas en este lugar, pero que hácia afuera se encuentran separadas por intervalos mas ó menos grandes, desaparecen parte de las dificultades. La sensacion es clara en medio de la retina, y tan confusa en sus lados, como si una estremidad de fibra nerviosa correspondiese á cada partícula de la imágen en el primer punto, mientras que en los lados una sola fibra corresponderia simultáneamente á muchas partículas de esta imágen, ó lo que es lo mismo, como si cada fibra del borde recibiese la impresion sobre una parte de su longitud, mientras que cada una de las centrales fuese afectada solamente por su estremidad puntiforme. Mucho importaria averiguar aquí, cómo se conducen las papilas nerviosas de la retina observadas por Treviranus, relativamente á la capa fibrosa de la membrana, y si cada una se reduce enteramente á una papila, como ha dicho este fisiólogo, ó si corresponden á series enteras de ellas; pero ¿cómo podria una fibra transmitir hasta el *sensorio* los cambios de series enteras de moléculas materiales, sobre su longitud, si la sensacion de los lugares debe formarse en el *sensorio*? Si la representacion de las sensaciones solo se produce en el cerebro por las estremidades de las fibras nerviosas, una fibra no puede representar mas que en un solo punto todas las afecciones que ocurran en las partes alícuotas de su longitud. Por el contrario, si la sensacion de diferentes lugares se efectuase en las partes alícuotas de la longitud de una fibra, era necesario considerar al alma obrando en cada partícula de la longitud de esta fibra; hipótesis contra la cual deponen por lo que toca á los nervios raquídeos, las observaciones hechas sobre las sensaciones que experimentan los amputados. Esta dificultad desaparece suponiendo que los nervios de los sentidos superiores participan mas de la accion del alma, que los demás; de modo que esta continuaria obrando hasta las estremidades nerviosas de la retina, no siendo los nervios sensoriales mas que prolongaciones del *sensorio*. En el estado actual de la ciencia es absolutamente imposible resolver este enigma.

De cualquier modo que esto sea, lo único que hay de cierto en todos los casos, es que despues de la pérdida de

la retina, ó de la parte exterior del nervio óptico, las porciones interiores ó cerebrales del sentido de la vision, no solo no pueden producir la sensacion de luz, sino que ni aun tampoco las intuiciones de un cuerpo visual, en el cual se pinten las imágenes. Aquí se colocan los fenómenos notables observados por Linck. Un hombre, al cual habian estirpado un ojo canceroso, veia al dia siguiente de la operacion, cuando cerraba el ojo sano, dar vuelta á diferentes imágenes delante de su órbita vacía, como luces, círculos de fuego, y numerosas personas bailando (1). Ya se habian observado fenómenos análogos en personas enteramente ciegas (2). Parece deducirse de esto, que las afecciones de las fibras nerviosas del nervio óptico son las que concurren en el cerebro á la constriccion del campo visual, y de aquí se sigue tambien como consecuencia, que todo el mosaico de la retina, se representa en el sensorio por un número correspondiente de fibras nerviosas, de lo que ni siquiera podemos dar una demostracion arbitraria.

El concurso entre las partes terminales y las centrales del aparato visual, es todavía muy oscuro. Así que, nos vemos precisados á atenernos al hecho que todo el orden que reina entre lo que vemos en el campo visual, depende del de las partículas de la retina que son afectadas.

B. *Magnitud del campo visual en la representacion.*

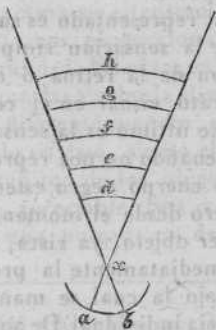
La magnitud del campo visual depende de la que tenga la retina, porque jamás nos ocurrirá ver al mismo tiempo mas imágenes que las que pueden presentarse á la vez en toda la retina. En este sentido dicha membrana apreciada por el sensorio, constituye el campo visual, mas para la representacion del que ve, el campo visual no tiene magnitud determinada, y la representacion que tenemos del espacio que hay delante de nosotros varia hasta el infinito; así que, unas veces es muy pequeña y otras sumamente grande. En efecto, la representacion de lo que vemos se proyecta fuera de nosotros por razones que se deducirán mas adelante. Así que, el campo visual es muy pequeño, cuando dicha representacion se halla limitada por

(1) *De fungo medullari*. Lépzick, 1834.

(2) MULLER, *Ueber die phantastischen Gesichterscheinungen*. Coblentz, 1826.

obstáculos situados delante del ojo: y al contrario muy grande cuando la proyeccion esterna no encuentra ninguno. El campo visual es muy pequeño en la representacion cuando miramos al través de un cuerpo estrecho agujereado y colocado delante de nuestro ojo, grande cuando contemplamos un paisaje por medio de un agujero pequeño; mayor todavía si lo observamos por la ventana; y tanto cuanto es posible, si estamos en medio del campo y nada dificulta nuestra vision. En todos estos casos, difiere mucho la representacion de la magnitud del campo visual, y sin embargo, su estension absoluta es siempre la misma esto es, dependiente de la que tiene la retina. En efecto, como he dicho anteriormente, nos es imposible apreciar á la vez mas imágenes de las que se pueden colocar en la retina, y á pesar de esto, mirando un paisaje al través de una abertura, toda su imagen no sea mayor que esta, y ocupe en la retina el mismo espacio que ella, la representacion del mismo campo visual no por esto es menos variada. De aquí se deduce que la imaginacion tambien desempeña un papel en la vision, y de tal modo que nos costaria mucho trabajo establecer el que le pertenece á ella, y el que es propio de la simple sensacion. Si pudiéramos en la edad adulta dejar á un lado la imaginacion cuando vemos, no nos quedaria mas que la sensacion simple, lo que acaso sucede en el recién nacido; para él, que todavía no posee ninguna idea de la proximidad ó separacion de lo que ve, el campo visual debe parecerle tan grande, cuando lo

Fig. 36.



mire al través de un tubo cerrado por su estremidad, ó lo vea por medio del mismo tubo abierto. De estas consideraciones se deduce además que la simple sensacion de lo que vemos, debe tener algo de primitivo é independiente de las representaciones.

Todo cuanto aparece bajo el mismo ángulo óptico $a x b$ solo produce en la retina una imagen de la misma magnitud $a b$. Los objetos d, e, f, g, h , muy diferentes en magnitud y colocados á diversas distancias, tienen el mis-

mo ángulo óptico y la misma imágen $a b$ en la retina. Sin embargo, su imágen difiere mucho para la representacion, desde el momento en que se desarrollan ideas relativas á las distancias mas ó menos inmediatas; porque la representacion aumenta sucesivamente el campo visual de d, e, f, g, h , y la imágen $a b$ de la retina se encuentra pintada por ella en el alma, tan grande como si se viera el objeto de cerca, esto es, en las condiciones ordinarias de la vision. Segun esto, un paisaje $a b$ pintado en la retina, bajo el ángulo óptico $a x b$, puede representarse teniendo leguas de estension, si sabemos que tal es realmente su magnitud, ó si la cantidad de los objetos conocidos que descubrimos al mismo tiempo, concluimos que debe existir. Del mismo modo que las imágenes que tienen igual ángulo óptico se representan de diferente magnitud en el campo visual, así tambien las partículas afectadas de la retina, cuya magnitud absoluta permanece constantemente la misma, se representan con diversidad infinita en su estension; en esto consiste el que cuando contemplamos la imágen en una cámara oscura, se la confunde con un paisaje vivo, por el verdadero campo visual, aunque no sea mas que una imágen pequeña sobre una tabla. La misma acción de proyectar fuera de nosotros, produce la representacion de la profundidad en el espacio, dirigida á la consolidacion, á la cual contribuye mas, y es que cuando caminamos hácia delante, se presentan otras imágenes á nuestra retina, de modo que nos parece caminar, por decirlo así, entre dos imágenes, lo que para la representacion, produce el mismo efecto que si pasásemos entre los objetos vistos en el espacio.

Es, pues, claro que el campo visual representado es sumamente variable, mientras que el de la sensacion simple depende absolutamente de la estension de la retina ó de las partes centrales ó internas del aparato visual en el cerebro. Lo que mejor corresponde á este último es la sensacion que experimentamos en la retina cuando no nos representamos ningun objeto, esto es la del cuerpo negro extendido delante del ojo ó dentro de él. Pero desde el momento en que una representacion de cualquier objeto, ya visto, se reúne á lo que vemos, se verifica inmediatamente la proyección hácia fuera, y la magnitud bajo la cual se manifiesta lo que se ve depende de la experiencia individual. De aquí

las diferencias que en la talla de los individuos producen las arborizaciones de la retina que se ven repitiendo el experimento de Purkinge, y en la distancia á que parece que estas figuras estan del ojo.

El sentido de la vista se conduce en esto de distinta manera que el tacto, relativamente á los objetos exteriores. Para el tacto se presentan los objetos inmediatamente, y la medida de su magnitud es la estension de nuestro propio cuerpo con el cual se ponen en contacto. Cuando tocamos una tabla nos parece tan grande, en el punto tocado como las partes de la mano que se afectan por ella; porque aquí nos sirve de medida la parte de nuestro cuerpo que sentimos. En efecto, la porcion palpante de la mano hace parte de la superficie sensible del cuerpo y la tocada de la tabla parece tan grande como la porcion palpante de la mano lo es á todo el cuerpo. Pero toda distincion de las partes de nuestro cuerpo depende de la posibilidad de distinguir en el *sensorio* las fibras nerviosas que proceden de distintos puntos. En el sentido de la vista, por el contrario, las imágenes de los objetos no son mas que fracciones de ellos mismos realizadas en la retina, cuyas dimensiones nunca varian. Pero el acto de la representacion, que analiza las sensaciones de la vista, obra exteriormente, y por él eleva las imágenes de los objetos, así como el campo entero de la retina, á magnitudes diferentes, y lo único que subsiste sin alteracion es la relacion de las imágenes con todo el campo visual, ó de las partículas afectadas de la retina con toda ella.

Wolkmann (1) hace notar que en ningun caso siente la retina su estension material y que ni aun el sentido del tacto nos proporciona la intuicion de nuestra propia corporalidad. Fúndase en las observaciones de E. H. Weber, segun las cuales la distancia entre dos puntos se percibe de diferente manera, en distintas regiones del cuerpo. Apoyado en esto, sienta el principio de que la piel aprecia la magnitud de los objetos, tomando por unidad una distancia apreciable. Sea x la unidad de medida, la magnitud de una pulgada es de $12x$ para el dedo índice y $1x$ para

(1) *Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes*. Leipzig, 1836.

un punto de la region media del brazo; porque cada parte de la piel da al objeto tocado tantas veces su magnitud x como partes contiene que esten en el caso de poder apreciar á x como cosa aparte. Segun esta hipótesis, cuando me toco el medio del brazo con la yema del dedo, debe aparecer este punto doce veces mayor con la yema del dedo que con la piel del brazo. Wolkmann aplica estas consideraciones á la retina; y tambien admite que en la apreciacion de las magnitudes, la unidad de medida debe tomarse de la última unidad de distancia visible. Sin embargo, los fenómenos observados por Weber se acomodan á otra explicacion; pues podemos considerarlos tambien como círculos de difusion.

C. *Accion del sentido de la vista interiormente.*

Muchos fisiólogos, como Tortual, Wolkmann, y Bartels atribuyen al sentido de la vista la accion exterior en sí, esto es, referir fuera de uno los objetos que vemos, ó comprobar su exterioridad (1). Pero ¿que es lo que entonces se encuentra afuera? Como el que ve por la primera vez un punto no puede apreciar la imágen de su propio cuerpo comparada con la de otros, la colocacion fuera de sí de la que se ha visto no puede ser otra cosa que una compensacion establecida por el sugeto, entre él y lo que ve, una diferencia entre el yo que siente y la cosa sentida. La facultad de apreciar la exterioridad de los objetos es un acto del entendimiento, como senté en la introduccion de la fisiologia de los sentidos. Se dice que el recién nacido coloca inmediatamente los objetos de la vision fuera de su cuerpo, bajo la forma de su cuerpo y ojo; pero el recién nacido no conoce ni su cuerpo ni su ojo bajo la forma de sensacion visual, y necesita que la esperiencia le enseñe cuál de las imágenes que ve constituye su cuerpo. Por consiguiente, cuanto podemos decir es, que coloca lo que siente fuera del yo sensible, y únicamente en este sentido

(1) Consúltese á WHEATSTONE, en POGGENDORFF'S *Annalen*, tom. I, cuad. 1.—BRAECKE, en MULLER'S *Archiv*, 1841, cuaderno 5.—TORTUAL, *Die Dimension der Tiefe im freien Sehen und im stereoscopischen Bilde*. Munster, 1842.

es como lo refiere al exterior. Esta reaccion del *sensorio* en los animales es mucho mas segura por el concurso del instinto, porque el animal no tarda en buscar el pecho de su madre, de modo que debe tener en el *sensorio* una inclinacion innata á dirigir sus movimientos hácia la imágen que percibe, y que por relacion al yo que siente es exterior, esto es objeto. Si el recién nacido no sabe distinguir la imágen de su propio cuerpo de la del mundo exterior, no tarda en conocer que ciertas imágenes pequeñas llegan casi constantemente al campo visual, y que estas se mueven cuando él mismo lo hace con su cuerpo; y estas son sus imágenes voluntarias. Todas las demás varían independientemente de las imágenes de su cuerpo, y sus variaciones no corresponden á las del individuo; estas son las imágenes del mundo exterior, que admite además existentes fuera de sí mismo en el espacio, y que se repiten de dia en dia en el campo visual de la representacion, cuyo origen se refiere á esta época. El individuo que ve tiene generalmente hablando, pocas ocasiones para reconocer que lo ejecuta con los ojos. Los casos en los cuales experimenta una sensacion en estos órganos sin percibir nada del determinado en el exterior, son los únicos que le permiten conocer que el ojo es el teatro de sus efectos; tales son los de la sensacion de oscuridad que experimenta cerrando los ojos y la de claridad que percibe obrando al través de sus párpados deprimidos.

D. *Imágenes de su propio cuerpo en el campo visual.*

Ciertas regiones de nuestro cuerpo hacen casi siempre parte del campo del ojo, y por consiguiente tambien de las representaciones del sentido de la vista. Cuando miramos con solo un ojo, uno de los lados del campo visual está ocupado por el visible de la nariz; si bajamos las cejas, ocupan la parte superior de dicho campo; si elevamos los carrillos vemos la parte mas baja de él; y finalmente, si contraemos el lado esterno del músculo orbicular de los párpados, la parte esterna del campo visual está limitada por una sombra que depende de las inmediaciones del ojo. Las imágenes de partes de nuestro cuerpo pueden aparecer en toda la periferia del campo visual, y entonces las imágenes de los objetos exteriores se colocan entre ella y el campo visual.

Cuando miramos con un ojo solo la punta de la nariz, su imagen parece que pasa de uno de los lados hacia el centro; pero si lo hacemos con ambos ojos á la vez la imagen ocupa el centro de la parte inferior del campo visual, perteneciendo al mismo tiempo á ambos ojos, mientras que las de los lados en parte se pierden, viendo uno de los ojos los objetos exteriores en el mismo paraje en que el otro percibe una imagen confusa de la nariz. Si se vuelve mas el ojo hacia fuera se ve aparecer en la parte inferior del campo visual, no solo la nariz, mejillas y labios, sino tambien el tronco y estremidades; así cualquiera que sea la situacion que tenga el ojo, descubre siempre una porcion de nuestro cuerpo que ocupa un lugar determinado en la periferia del campo visual, hacia arriba, abajo, á derecha ó izquierda, y la imagen de las partes de nuestro cuerpo forman otra integrante de casi todas las sensaciones y representaciones de que somos deudores al órgano de la vista.

Aunque las imágenes de nuestro cuerpo solo se representen en el campo visual de la retina, desde donde son transmitidas al sensorio, sin embargo, tienen el mismo carácter de objetividad ó exterioridad que las imágenes de los objetos esternos. La imagen que vemos de nuestra mano no es, hablando con propiedad, la mano misma sino solo su apariencia. Tratamos de coger un cuerpo, y mientras lo ejecutamos llega esto mismo á la imagen del campo visual de la retina, vemos que asimos porque la apariencia de nuestra mano coge la apariencia del objeto. Tenemos noticia del mismo acto por otro sentido, el tacto de la mano y sus movimientos. Lo que parece singular es que aun cuando el tacto y la vision se ejecutan en puntos absolutamente diferentes, nunca observamos contradiccion entre ambas especies de sensaciones, y al intermedio de la imaginacion debemos la armonía que reina entre ellas y sus reuniones. Podemos convencernos de que esto se ejecuta realmente así en vista de un caso en el que la diferencia de lugar es mas sorprendente todavia, si bien la imaginacion no enlaza menos íntimamente ambas sensaciones. Cuando vemos nuestra imagen y sus movimientos en un espejo, que nuestras manos mueven y que nos informamos á la vez por el tacto y la imagen del espejo, la imaginacion consigue convertir en una misma cosa lo que tocamos y vemos, por mas que el sitio sea totalmente diverso.

E. Vision invertida y recta.

Segun las leyes de óptica, las imágenes se representan en la retina, invertidas respecto de los objetos; lo que era superior en este, nos parece inferior en la imagen &c., y la posicion relativa de las partes de aquel no por esto deja de ser la misma. Pero ¿vemos realmente las imágenes invertidas como estan, ó bien derechas como los objetos? Las imágenes y las partículas afectadas de la retina, no constituyen mas que un todo; así que, la cuestion traducida al lenguaje fisiológico, es la siguiente. ¿Cuando vemos las partículas de la retina, las sentimos en su relacion natural con los cuerpos?

Mi opinion, publicada y desarrollada en 1826, es, que aun cuando vemos los objetos invertidos no podemos adquirir el movimiento de ello sino por las investigaciones ópticas, y que viendo el todo de la misma manera, claro es que de ningun modo se altera el órden de los objetos. Sucede aquí lo mismo que en el trastorno cotidiano de los objetos con toda la tierra, y que solo se aprecia observando la situacion de los astros, y sin embargo, nada mas cierto que en el espacio de veinticuatro horas, una cosa que estaba en la parte inferior con relacion á los astros, acaba por encontrarse en la superior. He aquí por qué no hay en el acto de la vision falta de armonía entre la vista y el tacto, aunque perciban los objetos la primera invertidos y el segundo derechos; porque vemos todos los objetos al revés hasta las mismas partes de nuestro cuerpo, y no obstante cada cosa conserva su posicion relativa. La imagen de la mano que palpa está tambien invertida: calificamos los objetos de derechos porque los vemos así. Todavía se encuentra algun trabajo en advertir la simple inversion de los lados en el espejo, en el que la mano derecha ocupa la izquierda de la imagen, y nuestras sensaciones tactiles cuando arreglan nuestros movimientos segun la imagen del espejo, contradicen muy poco lo que vemos, por ejemplo cuando hacemos un nudo á la corbata delante del espejo; sin embargo se nota aquí un poco de contradiccion, porque la inversion solo se refiere á los lados, mientras que el todo no lo parece.

Wolkmann ha abrazado la misma opinion que yo, y

tambien sostiene que no tenemos necesidad de una esplicacion para la vision derecha mientras que todo se nos presente invertido, pues solo sería necesaria en el caso que lo estuviese un objeto entre los demás; nada puede estar invertido, añade, cuando nada está derecho, pues ambas ideas solo existen por oposicion.

La hipótesis que atribuye la vision derecha á que vemos, no la imágen de la retina, sino la direccion de los rayos luminosos, es inadmisibile, pues no existe direccion determinada de los rayos luminosos, sino que á cada punto corresponde un cono entero de luz; y nos es imposible sentir otra cosa que el estado de las partículas de la retina. La hipótesis de los que pretenden que la retina obra hácia fuera, y que representa los objetos en sentido cruzado, por ejemplo segun la direccion de la perpendicular á la retina (Bartels), es tambien puramente arbitraria, pues no hay medio de concebir por qué una direccion debe predominar sobre la otra, y cada partícula de la retina si esta obrase hácia fuera, deberia hacerlo en tantas direcciones cuantos son los radios que se pueden tirar desde ella al mundo exterior. Como nunca conocemos que vemos los objetos invertidos, es probable que la naturaleza no haya colocado en el cerebro, ó en cualquiera otra parte, un medio de corregir un error de que no llegamos á formar idea hasta estudiar las leyes de óptica. Sería infructuoso alegar en este lugar el entrecruzamiento de los nervios ópticos, pues nadie ignora que es parcial (1).

Si fuese posible que la imágen de un objeto se pintase en la retina sin el concurso de la luz, por ejemplo, por medio del contacto inmediato, dicha imágen no estaria entonces invertida, y si pudiéramos ver un mismo objeto primero por la luz exterior y despues por su aplicacion inmediata á la retina, las imágenes producidas de ambos modos serian inversas una de otra; conseguimos realizar esta hipótesis por medio de ciertos experimentos. Si se comprime la retina con el dedo al través de la esclerótica, se obtiene

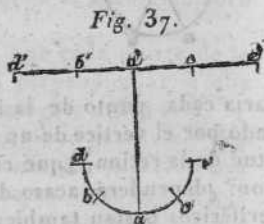
(1) Consúltese sobre esta materia á BERTHOLD, *Ueber das Aufrechterscheinen der Gesichtsobjecte*. Göttingue, 1830.—BARTELS, *Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes*. Berlin, 1834.

inmediatamente una figura determinada por este dedo, pero puede verse al mismo tiempo el dedo por el intermedio de la luz exterior, luego, ambas imágenes estan situadas sobre lados opuestos. Cuando estando cerrados los ojos se comprime con el dedo su parte superior, se presenta la imagen en la inferior y aparece arriba á derecha ó izquierda, siempre que se opera sobre las partes inferiores, izquierda ó derecha.

F. Direccion de la vista.

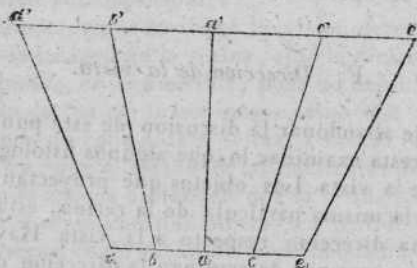
Antes de abandonar la discusion de este punto de doctrina, nos resta examinar lo que algunos fisiólogos llaman direccion de la vista. Los objetos que proyectan sus imágenes sobre la misma partícula de la retina, estan situados en la misma direccion respecto á la vista. Hay relativamente á las causas que determinan la direccion de la vista, dos hipótesis, posibles pero de las cuales solo una parece exacta.

1.º La direccion en que vemos alguna cosa, depende únicamente de la partícula afectada de la distancia á que se encuentra del centro de dicha membrana; direccion que afecta respecto á ella, ó en otros términos, del lugar que ocupa en el mosaico de la retina. Cuando la imaginacion obra hácia fuera y proyecta las afecciones de la retina, la relacion de las imágenes pequeñas permanece la misma, y la representacion visual puede considerarse hasta cierto punto como una dislocacion hácia delante del campo visual de esta membrana, cosa que de ningun modo altera los lados, de modo que lo que aparece hácia arriba se presenta en la misma direccion, y lo que hácia abajo en igual punto. Supongamos que $d b a c e$ sea la retina, $d'b'a'c'e'$ la proyeccion hácia fuera de las imágenes de la representacion, a' será la proyeccion de a ; b' la de b , c' la de c , &c.; b' se encuentra en la representacion, en el mismo lado que b en la imagen de la retina, c' que c , y del mismo modo en los demás puntos correspondientes, así que concibiendo la retina plana, la proyec-



cion se verificará como en la figura 38; la estension que $d'e'$ adquiera, depende únicamente de la representacion, y solo subsisten las situaciones relativas de $a'b'$ $c'd'e'$.

Fig. 38.



2.º Las proyecciones de las imágenes se cruzan de modo que a de la imagen de la retina se proyecta en el lado opuesto en la representacion, ó va en la direccion $a a'$.

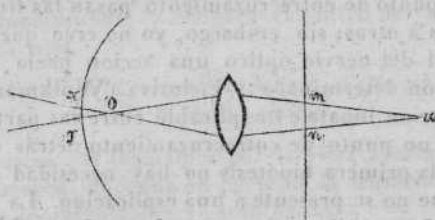
Fig. 39.



Esta segunda hipótesis es susceptible de variar mucho relativamente á la situacion del punto en el que se admite el entrecruzamiento en todas direcciones.

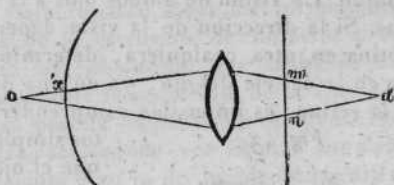
a. Unos creen que se percibe la direccion de la luz, y por consiguiente que se ve en su misma direccion. Esta opinion se ha conseguido, cosa chocante, hasta en algunos manuales de fisica. Porterfield habia demostrado que no se podia sostener y Volkmann tambien la habia combatido. En la vision ordinaria cada punto de la imagen en la retina está determinado por el vértice de un cono luminoso cuya base es la latitud de la retina, ¿qué rayo del cono determina la direccion? ¿dependerá acaso del paralelo al eje? pero los rayos periféricos bastan tambien cuando se les aísla mirando al través del agujero de un naípe.

Fig. 40.



Si el punto a está bastante distante del ojo para que los rayos se reúnan en o , antes de llegar á la retina, y se coloca un naipe que tiene dos agujeros en $m n$, se proyectan en $x y$ dos imágenes de los haces luminosos, que pasan al través de estos agujeros. Por el contrario, cuando a está bastante próximo al ojo para que la imágen caiga detrás de la retina, y hay

Fig. 41.



dos agujeros $m n$ en un naipe, los rayos periféricos del cono luminoso que pasan por dichos agujeros, proyectan dos imágenes $x' y'$. A una distancia determinada del punto a , la distancia $x' y'$ de la figura 41, puede ser tan considerable como $x y$ de la 40, y entonces las imágenes aparecen en el mismo lugar. Sin embargo la dirección de los haces luminosos $x o$ de esta, y $o' x'$ de aquella es absolutamente diferente.

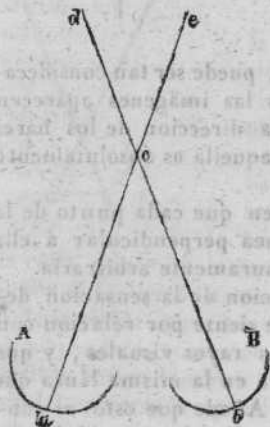
b. Porterfield y Bartels suponen que cada punto de la retina ve en la dirección de una línea perpendicular á ella ó á su tangente, hipótesis que es puramente arbitraria.

c. Segun Wolkman la dirección de la sensación depende de la situación del punto que siente por relación con el punto de entrecruzamiento de los rayos visuales, y que segun sus observaciones se encuentra en la misma línea que la imágen de la retina y el objeto. Añade que esto es consecuencia de una ley innata cuya esplicacion no debemos

intentar. Verdad es que hablando físicamente, existe la mayor relacion entre los objetos y las imágenes de la retina, y que por el punto de entrecruzamiento pasan las líneas tiradas de unos á otros; sin embargo, yo no creo que haya en la actividad del nervio óptico una accion hácia fuera en una direccion determinada y esclusiva. Wolkmann supone una relacion innata é inesplicable entre las partículas de la retina y un punto de entrecruzamiento detrás del cristalino. En la primera hipótesis no hay necesidad de admitir nada que no se presente á una esplicacion. La direccion de cada imagen se determina por su situacion sobre la retina, y la de este punto respecto á toda la membrana, y los objetos se proyectan en el mismo órden, pero sin cruzarse en la representacion. Tampoco puede depender la proyeccion de una simple inflexion ó corvadara de la retina, pues yo opino que procede del órden que las partículas de esta membrana tienen entre sí.

Todas las esplicaciones de la direccion de la vista, segun el principio de la segunda teoría adolecen de un vicio comun. La vision de ambos ojos á la vez las contradice ambas. Si la direccion de la vista depende de la accion de la retina en otra cualquiera, determinada de dentro afuera, ya en la del eje del ojo, ya en una direccion perpendicular á la retina, es imposible comprender cómo se ven los objetos

Fig. 42.



simples con los dos ojos; porque el ojo A verá en la direccion *a c e* la imagen del punto *c* situada en medio de la retina, y el ojo B la verá en la direccion *b c d*. El punto *e* es colocado por la teoría en dos sitios diferentes. No se puede objetar que los centros de las dos retinas se ven siempre simples, porque si perciben un objeto en el mismo lugar, no lo pueden colocar hácia fuera en las direcciones *a c e* y *b c d*, pues de otro modo no le verán simple. Por el contrario, si la direccion en que se ve alguna cosa depende únicamente de la relacion

entre la partícula afectada de la retina y toda esta membrana, *c* se verá simple en los puntos idénticos *a* y *b* de las dos membranas, y ocupará el centro del campo visual de ambos ojos.

G. Juicio sobre la forma, magnitud, distancia y movimiento de los objetos.

El juicio que formamos por la vista acerca de la forma de los cuerpos, depende en parte de la sensación, y en parte de las representaciones combinadas.

Como la forma de las imágenes depende absolutamente de la estension de los puntos afectados de la retina, nos basta la simple sensación para distinguir sus formas limitadas á simples superficies, por ejemplo un cuadrado, un círculo.

Molyneux preguntaba á Lock si un ciego de nacimiento que sabia distinguir un cubo de una esfera por el tacto, estableceria igualmente esta diferencia á beneficio de la vista, suponiendo que la recobrase de repente. No se concibe cómo estos dos filósofos pudieron decidirse por la negativa; porque el tacto y la vista reposan sobre las mismas intuiciones fundamentales de la estension de nuestros propios órganos en el espacio: así, el animal que acaba de nacer experimenta inmediatamente la sensación de la forma determinada, cuando él percibe el pecho de su madre, y esto solo prueba que la facultad de ver formas simples no es el fruto de la educación; pero la de juzgar de las diferentes dimensiones de los cuerpos segun las imágenes de la vista exige ejercicio, porque todas las intuiciones del sentido de la vista no son en su origen mas que superficies, y para procurar la representación de un cuerpo, el juicio debe añadir las diferentes caras que en él se notan cuando se le da otra situación. El operado de Cheselden veia de llano, porque así es efectivamente como todo se representa; pero como las imágenes cambian á medida que nos movemos en el espacio, porque pasamos en cierto modo entre ellas, resulta de aquí en nosotros la representación de la profundidad del campo visual, que no es sino una simple idea, y no una sensación.

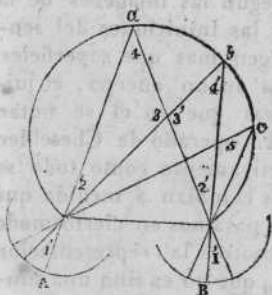
La magnitud aparente de los objetos depende inmediatamente de la parte afectada de la retina ó de la magnitud del ángulo bajo el cual se presentan al ojo. Para juzgar de su magnitud real segun su grosor aparente, es preciso com-

binar ideas ya adquiridas de proximidad, de distancia &c.

Juzgar de la proximidad y de la distancia es obra del entendimiento y no de la sensacion. Todo objeto que aparece bajo un ángulo menor que aquel bajo el cual se le ve cuando está muy próximo se le juzga distante, y se le juzga todavía mas á aquel á quien cubre en parte otro, ó que parece mas pequeño de lo que relativamente debiera si se hallase colocado á la misma distancia que los otros objetos. Este juicio se adquiere y no es una facultad innata, al menos en el hombre. Para el niño todo está á la misma distancia, y quiere coger la luna igualmente que el cuerpo mas inmediato.

La mayor parte de los fisiólogos pretenden que la situacion de los arcos de los ojos necesaria para fijar un objeto, contribuye tambien mucho á la apreciacion de las distancias, porque los ejes de estos órganos convergen tanto mas cuanto mas próximo está un objeto. Exagérase sin embargo el valor de este medio: puede sin duda tener mucha eficacia para objetos que estan situados en línea recta delante de los ojos, pero la pierde toda para los que estan á los lados, lo cual no es difícil de demostrar. En efecto, los objetos laterales exigen para poderlos fijar una convergencia de los arcos de los ojos diferente que los objetos colocados en línea recta, aun cuando la distancia sea idéntica para todos. Así, la convergencia de los ejes de los ojos es

Fig. 43.



la misma para los puntos *a b c*, y sin embargo *a* está muy distante de los ojos, al paso que *e* está muy próxima. Los ángulos 4, 4' y 5 son iguales, si *a b c* es un círculo, porque es una propiedad del círculo que los triángulos dirigidos de una cuerda común á la periferia tengan ángulos iguales á esta última. Y así, de tener los dos objetos situados uno al lado del otro la misma paralaje no de-

ducimos que estan colocados á igual distancia, sino que se encuentran en el mismo círculo.

El juicio que formamos del movimiento de los objetos vistos depende en parte del movimiento de la imagen en la

retina; y en parte del de los ojos que siguen á un cuerpo cuando se mueve.

Si la imagen se mueve en la retina, permaneciendo en reposo el ojo y nuestro cuerpo, juzgamos que el objeto visto cambia de posicion con respecto á nosotros, y sin embargo su movimiento no puede ser sino aparente, como sucede cuando el cuerpo sobre que nos hallamos, por ejemplo un barco, está en movimiento: si la imagen queda en reposo en la retina, si permanece fija en el mismo punto, y los movimientos de los ojos siguen el cuerpo movido, juzgamos que este se mueve por la sensacion de movimiento que experimentamos en nuestros músculos oculares, ó segun las corrientes que les envia el *sensorio*. Cuando la imagen formada en la retina y los músculos de los ojos se mueven al mismo tiempo de un modo correspondiente, como al leer, juzgamos que el objeto está quieto y sabemos que solo nosotros mudamos de situacion con respecto á él. A veces hay movimiento aparente de los objetos aunque estos y los ojos permanezcan en reposo. Así que, despues que se han dado varias vueltas, se los ve girar al rededor de uno, pero en sentido inverso. Purkinge ha hecho sobre estos fenómenos observaciones notables, las cuales prueban al parecer que dependen de una impulsión ó movimiento en cierto sentido comunicado al cerebro, porque la direccion de la rotación queda la misma relativamente á la cabeza que era primitivamente, aunque se dé un movimiento gíatorio inverso á la cabeza al dejar de dar vueltas. Y así si dicho movimiento gíatorio se ha efectuado con la cabeza derecha, suspendiéndola de repente, los objetos giran horizontalmente; si despues se inclina el eje de la cabeza hácia un lado, los objetos no giran ya al rededor de una línea perpendicular al suelo, sino al rededor de un eje inclinado de la cabeza, es decir que el movimiento circular se ejecuta oblicuamente de abajo arriba. El mismo fenómeno se verifica cuando se da vueltas horizontalmente sobre sí mismo con la cabeza ladeada, y parándose repentinamente se la endereza. Es preciso no confundir con estos movimientos aparentes otros que dependen de imágenes consecutivas, y de que nos ocuparemos mas adelante: nada tienen de comun, y los que son debidos al movimiento gíatorio pueden tener igualmente despues que se han dado vueltas sobre sí mismo con los ojos cerrados.

H. *Efectos de la atencion en la vision.*

El alma puede consagrar mas ó menos ó enteramente su atencion á un sentido ó á otro. Cuando está ocupada esclusivamente con uno percibe poco ó nada los efectos de los otros. Por este aspecto el sentido de la vista participa de la suerte comun; el alma no recibe ninguna influencia de su parte cuando está sumergida en profundas meditaciones. El hombre que contempla no ve muchas veces nada, á pesar de tener fijas sus miradas, porque los efectos de las fibras nerviosas no se hallan en estado de escitar el sensorio entregado á otras ocupaciones y se pierden en el cerebro sin llamar la atencion. Es pues necesaria esta facultad para que veamos; pero tambien analiza lo que pasa en el campo visual. El campo visual de la retina no recibe todas las impresiones con la misma claridad, sino que unas veces le afecta mas tal cosa y otras tal otra. Comprendemos de diferente modo una figura matemática compleja segun que consagramos nuestra atencion á tal ó cual de sus partes. Y así, en la figura 44, unas veces com-

Fig. 44.



prendemos mejor el conjunto, y otras los detalles, los seis triángulos de la periferia, el exágono medio ó los dos grandes triángulos. Cuanto mas complicada es una figura, mas variaciones ofrece al ejercicio de la atencion. He aquí por qué los ornamentos de la arquitectura estan provistos á nuestra vista de cierta especie de animacion, porque crean continuamente nuevos materiales á la vida de nuestra actividad representativa (1).

II. *Efectos consecutivos de las impresiones visuales, ó imágenes consecutivas.*

La duracion de las impresiones en la retina es mucho

(1) Véase sobre este punto á PURKINGE, *Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne*. Pragae, 1823.—HERRMANN, *Ueber die Bildung Gesichtsvorstellungen aus den Gesichtsempfindungen*. Hanovre, 1835.

mas larga que la de la accion de la luz. Segun Plateau (1) la sensacion dura de 0,32, á 0,35 de segundo mas que esta accion, y la duracion de la impresion consecutiva crece en razon directa de la de la impresion primera: así que, se puede conservar por mucho tiempo en el ojo la imagen consecutiva de un objeto claro, por ejemplo los vidrios de una ventana, despues que se ha fijado en ellos por bastante tiempo la atencion. La duracion de estas imágenes puede prolongarse igualmente mucho pasando repetidas veces la mano por delante de los ojos cerrados, de modo que estos queden alternativamente en la oscuridad y sean heridos con la luz del dia. Esta persistencia explica el fenómeno del círculo de fuego que se nota cuando se hace girar á una luz en honda delante de los ojos, y tambien da razon de la mezcla de los colores de un disco colorado que da vueltas, y de la imposibilidad de distinguir unos de otros los rayos de una rueda que se mueve con rapidez. Cuando la iluminacion es momentánea, como en el caso de relámpago ó de chispa eléctrica, la confluxion de las imágenes no tiene lugar, y aun se consigue distinguir las vibraciones de una cuerda.

Cuando se contempla por mucho tiempo un cuerpo cuyas partes se mueven á continuacion unas de otras, las imágenes consecutivas conservan tambien una apariencia de movimiento en la misma direccion, porque desaparecen sucesivamente. Así es como á mi entender se explican ciertos movimientos aparentes. Si se ha tenido fija por mucho tiempo la vista en las olas de un agua corriente, y se mira repentinamente al sol, parece que este se mueve, pero en sentido inverso de dicha corriente. He observado muchas veces este fenómeno mirando desde mi ventana la corriente del rio, y volviendo en seguida la vista hácia el suelo. Si se admite que aun habia en mi ojo imágenes consecutivas de las olas que desaparecian unas despues de otras segun el mismo órden de su formacion por efecto del movimiento, el paso de las imágenes unas delante de otras, cuando los ojos se dirigen al suelo, debe producir el aspecto de un movimiento en sentido opuesto.

Considerando las imágenes consecutivas por el aspecto

(1) *Annales de chimie*, 1833, t. LIII, p. 304

de sus cualidades se pueden referir á tres clases; ó son imágenes consecutivas incoloras de imágenes privadas de color ó imágenes consecutivas coloradas de imágenes igualmente coloradas.

A. *Imágenes consecutivas incoloras despues de imágenes objetivas incoloras (1).*

Las imágenes consecutivas puras de objetos blancos ó brillantes son tambien brillantes ó blancas; y las de los objetos oscuros son igualmente oscuras. Así que, la imagen consecutiva de una luz movida con rapidez es luminosa. Cuando despues de una sensacion viva el ojo queda repentinamente en reposo por la cerradura de los párpados y se le aparta de la claridad, ó mejor todavía si se le cubre, la imagen consecutiva es blanca y luminosa, ú oscura y negra segun que el objeto que ha motivado esta sensacion era blanco, brillante, sombrío ó negro. Si se fija por mucho tiempo la vista en los vidrios y el marco de una ventana, y se cierran repentinamente los ojos, ó bien se aparta uno de dicha ventana, y se cubren los ojos con la mano de modo que no pueda ya penetrar la luz ni aun á través de los párpados, la imagen consecutiva de la vidriera es clara y la del marco oscura.

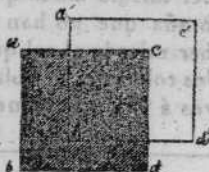
La claridad de las imágenes puede sin embargo invertirse en ciertas circunstancias en la imagen consecutiva, de modo que lo que es luminoso parezca negro y lo que era negro parezca luminoso. Esta inversion sobreviene siempre que la imagen consecutiva de un objeto brillante ha sido vista sobre un fondo objetivo claro; cuando no se cierran los ojos, y cuando para observar la imagen consecutiva se fija la vista en una pared ó en una hoja de papel blanco. De aquí proviene el que despues de haber mirado al sol se perciba una mancha negra ó gris en una pared blanca, y una mancha blanca en un espacio enteramente oscuro. Asimismo las imágenes consecutivas de los vidrios de una ventana son negros y las del marco blancas cuando cerrando los ojos permanecemos vueltos hácia la ventana, de modo que la luz obra todavía al través de los párpados cerrados, y afecta suavemente la retina. La esplicacion de este fenó-

(1) MULLEK, *Physiologie des Gesichtssinnes*, p. 401.

meno es fácil: el punto del ojo que ha visto claridad conserva todavía, irritacion, y el que ha visto un espacio negro está por el contrario tranquilo y es mucho mas irritable. Si en este estado se dirige la vista á una pared blanca, la luz de esta produce una impresion mucho mas débil en los puntos irritados de la retina que en los que habian quedado en reposo y que han conservado mas irritabilidad; y de aquí es que el punto tranquilo de esta membrana que habia visto negro antes, percibe la pared blanca con mucha mas claridad que el punto que habia visto luz, resultando tambien de aquí la inversion de las imágenes consecutivas. Obsérvanse fenómenos análogos aun por efecto de un cambio repentino de la claridad y de la oscuridad en todo el campo visual. Saliendo de la oscuridad, la suma irritabilidad de la retina hace que veamos todo muy iluminado, y pasando de un sitio claro á otro medianamente oscuro, al principio nada distinguimos hasta quedar en reposo la retina, poniéndose su irritabilidad en relacion con el débil grado de claridad, en cuyo caso se distinguen bien los objetos. Un sitio iluminado nos lo parece siempre mas de lo que está realmente cuando salimos de otro oscuro, y aun cuando se encuentra al lado de cosas oscuras. Los mismos fenómenos sobrevienen tambien con respecto á otros sentidos: el frio no nos parece nunca mas sensible que despues del calor, bastando una lijera diferencia de temperatura en un sitio que en cualquier otro tiempo nos pareceria caliente para que esperimentemos en él frio al salir de otro muy cálido. La claridad, y la oscuridad, el frio, y el calor, se reducen, pues, á simples relaciones.

Por lo demás á cada movimiento del ojo las imágenes consecutivas cambian de lugar con respecto á todo el cuerpo, y por motivos fáciles de concebir aparecen siempre en el punto á donde se vuelve la retina. Si se fija por mucho tiempo un cuadrado negro sobre un fondo blanco, y despues se separa un poco la vista sin que el ojo abandone enteramente al cuadrado negro, una parte $a' c' d'$ de la imagen consecutiva cae sobre la hoja blanca y por consiguiente forma como un borde mas claro en uno de los lados de esta imagen. La imá-

Fig. 45.



gen objetiva y la consecutiva se sobreponen una á otra en cierta estension; quedando libre una porcion de la imágen objetiva *a b d*. La porcion libre de la imágen consecutiva *a' c' d'* parece muy clara; la porcion libre de la objetiva *a b d* muy negra, y el punto en que estas dos imágenes se sobreponen, gris, como para ofrecer en cierto modo el término medio de los dos estados. He aquí la esplicacion del fenómeno: el punto *a' c' d'* de la retina que ha visto negro antes, ve el blanco mas claro, porque está tranquilo, y de aquí el borde claro *a' c' d'*. El punto de la imágen en donde el cuadrado objetivo y el subjetivo se sobreponen no ha variado; y el que ha quedado libre de la imágen objetiva *a b d* parece mas negro que antes, porque habiendo dirigido de costado la vista, este punto cae sobre una parte de la retina que habia visto antes el fondo blanco y que por esto mismo está embotada.

B. Imágenes consecutivas coloradas despues de las imágenes objetivas incoloras (1).

Cuando la retina ha sido afectada por una fuerte impresion de claridad tal, como la de la luz del sol, la imágen consecutiva no parece solamente clara sobre un fondo negro, ó negra sobre un fondo claro, sino que además toma colores subjetivos, hasta que la membrana vuelve enteramente á las condiciones ordinarias; y estos colores son los estados que la retina recorre desde el deslumbramiento hasta su vuelta á las condiciones normales. En la imágen sombría del sol sobre un fondo claro, los colores se suceden desde el mas oscuro al mas claro, en el orden siguiente: negro, azul, verde, amarillo y blanco, cruzando su aparicion en el borde. Cuando la imágen consecutiva se ha vuelto blanca ya no se la distingue de la pared blanca, es decir, que este punto de la retina ve entonces dicha pared del mismo modo que todos los demás puntos de la membrana que no han sido deslumbrados. Si despues de haber mirado al sol quedamos en la oscuridad, la sucesion de los colores es del blanco al negro, de los colores mas claros á los mas oscuros; blanco, amarillo, naranjado, viola-

(1) GOETHE, *Farbenlehre*, p. 14.

do, azul y negro. Cuando la imagen consecutiva ha pasado del blanco al negro no se la distingue ya del fondo negro, es decir, que este punto de la retina ha quedado tan tranquilo como todos los que no habian sido irritados antes.

Estos fenómenos, que no podrian explicarse por causas objetivas, son una nueva prueba de que los colores tienen su causa interior en los estados de la misma retina.

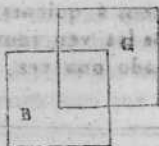
C. Imágenes consecutivas coloradas despues de las imágenes objetivas coloradas.

Fig. 46.



Las imágenes consecutivas de imágenes objetivas coloradas presentan siempre el mismo color; pero nunca reproducen el color objetivo, y siempre ofrecen el tinte complementario del color primitivo. Así, la imagen consecutiva del rojo es verde; la del verde, roja; la del amarillo, violeta; la del violeta, amarilla; la de azul, naranjada; y la del naranjado azul. Si se mira por mucho tiempo un campo de un rojo vivo sobre un fondo blanco, y en seguida se aparta repentinamente la vista á un lado sobre el mismo campo, la imagen consecutiva del cuadrado aparece bajo la misma forma y dimensiones, pero verde. Si se aparta un poco la vista, dirigiéndola por ejemplo sobre el lado de la imagen objetiva B está libre, é igualmente lo está la imagen consecutiva G; luego, esta última parte aparece como una márgen verde en uno de los

Fig. 47.



lados de la imagen objetiva. En el punto en que las dos imágenes se sobreponen, el color de la imagen objetiva existe, pero tira al gris, porque en este sitio la retina está mas embotada para el rojo por la imagen consecutiva del verde, que no la porcion libre de la imagen objetiva B, que reposa sobre una parte de la retina que veia el fondo blanco antes de separar la vista. Este fenómeno puede aplicarse de dos modos, por los principios de la fisica y por los de la fisiología.

1.º *Explicacion fisica.* La luz blanca encierra todos los colores á la vez. Cuando la retina se separa de una imagen objetiva roja, está embotada por la luz roja; pero es susceptible todavía de sentir las otras luces coloradas. Si después se la dirige sobre una pared blanca, su embotamiento para el rojo no le permite ya sentir el rojo contenido en la luz de la pared, pero no le impide percibir los otros colores, es decir, el color complementario del rojo, ó el verde.

2.º *Explicacion fisiológica.* La vista de uno de los tres colores principales no es sino uno de los tres estados a que la retina tiende cuando se halla irritada. Si el arte escita á este estado, la retina se encuentra en el maximum de tendencia al color complementario que por consiguiente aparece en la imagen consecutiva.

Las dos explicaciones son por lo general satisfactorias. La primera parece todavía mas precisa y verosímil: sin embargo, los hechos le quitan parte de su probabilidad, porque si la pared blanca es la causa de la imagen consecutiva colorada, el color complementario no debe ya aparecer sobre un fondo oscuro, pues la imagen consecutiva de un color es siempre complementaria en este caso (1) y permanece tal cuando se la mira en un espacio totalmente oscuro.

Todos los hombres no son igualmente accesibles á los fenómenos de las imágenes consecutivas coloradas. Hállanse algunos á quienes cuesta trabajo demostrarle, al paso que otros las ven inmediatamente; pero cuando se las ha observado una vez, se consigue hacerlas reconocer con suma

(1) *Müller's Archiv*, 1834, p. 144.

facilidad. La mayor parte de los hombres conocen poco las imágenes consecutivas por falta de atención, pero una vez conocidas, las siguen frecuentemente hasta el cansancio. Colócanse aquí los bordes claros de los objetos durante el crepúsculo, lo cual es debido á que se percibe la imagen consecutiva en uno ú otro borde. Tales son tambien los resplandores aparentes que rodean á veces á los objetos, y que han llegado á ser un misterio para ciertos hombres. Aquel á quien el fanatismo hace caer en éstasis delante de una imagen, puede ver su imagen consecutiva en todas partes á donde vuelve la vista

III. Choque entre las diferentes partes de la retina.

Aunque las partículas de la retina representan invariablemente cada una el sitio que ocupa en el campo visual, sin embargo, hay entre ellas cierto choque en virtud del cual el estado de una influye en el de la otra, y la imagen que se pinta en una puede ser modificada por la que se representa en la otra. Un gran número de fenómenos considerados hasta aquí como diferentes unos de otros, pueden colocarse en esta categoría, tales como la desaparicion de las imágenes, el cambio de sus colores con el del fondo, la manifestacion de colores opuestos en diversas circunstancias, las sombras coloradas, el efecto del claro en la sensacion del oscuro, y *vice versa*.

Pueden referirse estos fenómenos á dos clases. En la una el estado de la parte mayor de la retina se comunica con la menor, y en la otra el estado de la parte mayor de esta membrana determina uno opuesto en la menor.

A. Comunicacion de los estados entre las diversas partes de la retina. Irradiacion.

Cuando dos impresiones opuestas tienen lugar á la vez en una imagen, la una influye sobre la otra en ciertas circunstancias (1). Si la imagen representa á medias uno de estos estados é igualmente el otro, no se efectua la accion, porque las dos mitades se equilibran por decirlo así una á otra; pero si una de las impresiones no ocupa mas que una

(1) *Cons.* sobre este asunto una Memoria de Plateau en PUGGENO: *Annalen*, t. 1, cuad. 1, 2 y 3.

parte pequeña de la retina, y la otra ocupa la mayor parte de esta membrana, puede suceder que cuando se contempla por mucho tiempo la primera, se estienda por toda la membrana, y haga desaparecer la pequeña imagen opuesta, en cuyo lugar aparece entonces la iluminacion del fondo. Las partes laterales de la retina colocada fuera del eje son mas á propósito que su parte media para estos fenómenos; pero ninguna deja de producirlos, observándose con preferencia en la entrada del nervio óptico.

1. *Desaparicion de los objetos visuales por fuera de la entrada del nervio óptico.*

Fijese la vista en un pedazo de papel colocado sobre un fondo blanco hasta que el ojo experimente fatiga, y se verá que la impresion colorada desaparece del todo inmediatamente en corto tiempo, recobrando su puesto el fondo blanco, de manera que parece haber estado como borrada la imagen. En las partes laterales de la retina es donde este fenómeno sobreviene mas fácilmente, aunque tambien es susceptible de ofrecerle la parte media de la membrana, como no se tarda en ver por la esperiencia.

Purkinge ha descrito estos fenómenos, los cuales prueban que cuando la impresion dura mucho tiempo, las partículas de la retina se comunican mutuamente sus estados, y que su actividad es susceptible de cierto grado, aunque bastante limitado, de irradiacion en el sentido de la latitud. Las imágenes coloradas sobre un fondo blanco son las que conviene elegir; una figura pequeña negra desaparece con mucha dificultad y muy tarde sobre un fondo blanco, porque la sensacion de una impresion es mas viva cuando al mismo tiempo tiene lugar la de la contraria. Por lo demás la desaparicion no dura sino algunos segundos, despues de lo cual vuelve á hacerse visible la imagen objetiva.

2. *Desaparicion de los objetos visuales en la entrada misma del nervio óptico.*

La desaparicion de los objetos visuales en la entrada del nervio óptico se conoce ya hace mucho tiempo, y fue descubierta por Mariotte; pero esta es una prerogativa que

no solo pertenece á este punto del nervio, sino que la posee en mayor grado que los otros. Si con un ojo se mira un punto de modo que un objeto colocado de lado debe proyectar su imágen sobre la entrada del nervio óptico, la imágen desaparece repentinamente, ó al menos muy pronto. Si por ejemplo se cierra el ojo izquierdo, y el ojo derecho se fija en una crucecita á distancia de cinco pulgadas, la cruz desaparece y en su lugar se presenta el color del fondo. La distancia del objeto al ojo debe ser unas cinco veces mayor que la de la cruz al punto. Lo que prueba que el fenómeno depende de la entrada del nervio óptico es que, cuando se procede en sentido inverso, es decir, cuando se fija la cruz, el punto no desaparece, ó al menos no lo hace mas pronto que en cualquiera otra parte de la retina.

Háse deducido sin razon de este experimento que la entrada del nervio óptico es enteramente insensible; sin embargo, el nervio siente realmente en dicha parte, pero siente el color del fondo ó la impresion que predomina, ya en el resto de la retina, ya en las porciones mas aproximadas de la estension de esta membrana.

Síguese de estos fenómenos que las partículas de la retina son susceptibles de cierto grado de reaccion unas sobre otras; pero esta reaccion puede ejercerse tambien de un modo muy diferente, como lo probarán los fenómenos descritos en el artículo siguiente.

B. Escitacion de estados opuestos en partes contiguas de la retina.

En los fenómenos que se acaban de describir, la impresion dominante se propaga en latitud sin sufrir ningun cambio, y hace callar la impresion menos estensa que difiere de ella. En aquellos de que tenemos que hablar, una de las impresiones cambia la otra de tal modo que la segunda persiste, pero muestra al mismo tiempo lo contrario de la primera. Los fenómenos mencionados anteriormente no sobrevienen sino poco á poco y á consecuencia de una contemplacion prolongada de las imágenes; los que nos van á ocupar ocurren instantáneamente y son duraderos.

1. *Imágenes claras y oscuras que se hacen mas pronunciadas por contraste.*

Un campo gris sobre un fondo blanco parece mas oscuro sobre dicho fondo que cuando se contempla un tinte gris estendido uniformemente por todo el campo visual. Una sombra se marca tanto mejor por contraste cuanto mas viva es la luz que la ocasiona. Citaré el ejemplo siguiente tomado entre otros muchos. Ilumínese un papel blanco con una bujía, y se producirá la impresion del blanco; pero si se coloca otra bujía á alguna distancia de la primera, y por medio de un cuerpo se origina una sombra, esta es gris, aunque el sitio que ocupa está tan iluminado por la primera luz como antes. Se ve aparecer gris el punto que antes de aproximar la segunda bujía parecia blanco. Esta es la misma razon que hace mucho mas oscura una sombra sobre un campo blanco, que cuando se la contempla sola al través de un tubo (1).

2. *Colores fisiológicos por contraste (1).*

Si se considera un pedacito de papel gris sobre un gran campo iluminado, no parece ya enteramente gris sino de un ligero tinte colorado, que es el contraste del color objetivo del campo. Así por ejemplo, se le enrojece sobre un fondo verde, verdoso sobre un fondo rojo, naranjado sobre un fondo azul claro, azulado sobre un fondo naranjado, amarillento sobre un fondo violado claro, y violado sobre un fondo amarillo claro. Para percibir este fenómeno es necesario que el fondo colorado tenga un color claro muy puro, y que al mismo tiempo encierre mucha luz blanca. No convienen todos los papeles colorados, y nunca es mas sensible el fenómeno que cuando se tiene delante de una

(1) *Cons.* para otros muchos fenómenos del mismo género la obra de TORTUAT, *Die Erscheinung des Schattens und deren physiologische Bedingungen, nebs Bemerkungen ueber die wechselseitigen Verhaeltuisse der Farben.* Berlin, 1830.

(1) E. CHEVREUL, *De la loi du contraste simultané des couleurs et de ses applications.* Paris, 1839.

luz de una lámpara un vaso cubierto de papel delgado, en un punto del cual se halla fijo el pedacito de papel gris. Este aparece entonces muy fácilmente con el color que forma contraste. Los contrastes fisiológicos son precisamente los que hemos dado á conocer mas arriba con el nombre de colores complementarios. El color contrastante que se manifiesta da siempre con el primitivo la suma de tres colores principales, azul, rojo y amarillo. Así, por ejemplo, el color contrastante del amarillo es el violado que contiene azul y rojo, y así el amarillo y su contraste, tomados en conjunto, son lo mismo que amarillo, azul y rojo, ó que todos los colores reunidos.

Siendo los colores contrastantes puramente subjetivos, se sigue de estos fenómenos que el color que contrasta es provocado, como estado opuesto á la retina, por el color objetivo, y que las oposiciones que nacen en esta membrana se equilibran por choque ó reaccion mutua. Estos fenómenos prueban tambien que por el aspecto fisiológico los colores no son otra cosa que estados determinados de la retina, que pueden presentarse recíprocamente en las diferentes partes de esta membrana. Una condicion necesaria para la manifestacion del contraste fisiológico es un reposo relativo en el punto en que debe presentarse: luego el reposo relativo es el gris, y solo este es capaz de hacer percibir colorado el contraste de un color objetivo. Otra condicion es que el color objetivo sea muy claro. Parece que se deben colocar aquí igualmente algunos fenómenos observados por Smith, Brewster y por mí (1). Cuando se tiene la llama de una vela bastante próxima al ojo derecho para que no pueda percibirla el izquierdo, y se dirigen los dos ojos hácia una tira de papel blanco, de modo que la vean doble, el papel parece verde al ojo derecho y rojizo al izquierdo. Esta observacion, hecha primeramente por Smith, ha sido repetida por Brewster. El primero de estos autores deducia de aquí, que obrando la luz sobre el ojo derecho ejercia realmente en virtud del concurso del cerebro una influencia en la vista del ojo izquierdo, que el verde y el rojo son complementarios uno del otro, y que el color verde depende de una disminucion de la sensibilidad del ojo dere-

(1) *MULLER'S Archiv*, 1834, p. 144 y 145. — SMITH, en *Lond. and Edinb. phil. Magaz.*, 1832, octubre, p. 249.

cho para el color rojo, y este de una exaltacion correspondiente de la sensibilidad del ojo izquierdo para la luz roja. Brewster pretende, por el contrario, que los colores dependen de la naturaleza de la luz que cae sobre la tira de papel, que no son complementarios, y que cuando se emplea una luz blanca pura, el ojo no escitado ve el papel incoloro. Ha intentado muchos experimentos que no parecen ilustrar mas la cuestion. Puede hacerse el experimento con un solo ojo cerrando el otro. Si se contempla con un solo ojo la tira delgada de papel puesta sobre un fondo negro, mientras que una vela le ilumina de costado, parece de un blanco pálido, y si se la considera con el mismo ojo mientras está á la sombra se la ve de un blanco amarillento. Míresela entonces de modo que no se la perciba sino indistintamente, es decir, produciendo en el ojo los cambios necesarios para otra distancia, y el ojo, si al mismo tiempo está iluminado, la ve verde, y si está en la sombra la percibe rojiza. Este experimento demuestra que la luz rojiza de la bujía no deja aparecer la tira de papel con un tinte amarillento sino cuando el resto del ojo no está afectado al mismo tiempo por la misma luz rojiza, es decir, cuando está en la sombra, y que al contrario cuando las otras partes de la retina estan iluminadas por la luz de un amarillo rojizo, se marca un contraste fisiológico entre el resto de esta membrana y su parte que ve la tira de papel, de donde se sigue que esta debe aparecer mas pálida que en el primer caso, y ofrecer un tinte verdoso pálido á causa del contraste de las otras partes de la retina que reciben una luz rojo-amarillenta. Me cuesta trabajo concebir por qué este color verdoso aparece precisamente cuando la vista es indistinta.

3. Sombras coloradas.

El fenómeno de las sombras coloradas pertenece á la misma categoría que los anteriores; pero no todas las sombras coloradas son de esta especie, sino que hay cierto número que no reconocen por causa mas que la iluminacion de una sombra por una luz colorada.

a. Sombras coloradas objetivas.

Quando la sombra de un cuerpo, producida por una luz

incolora ó colorada, se halla iluminada por otra luz colorada, tienen naturalmente un aspecto de coloracion. Durante el crepúsculo de la tarde las sombras de los cuerpos parecen azules ó amarillas á la luz artificial, segun que estan iluminadas por la luz azulada del cielo ó por la de una vela. En efecto, la luz doble da lugar á dos sombras de color diverso: en estas circunstancias una de las dos sombras que una varilla produce en el papel blanco es amarilla y la otra azul, porque son iluminadas la primera por la luz artificial y la segunda por la luz azulada del cielo. Ninguno de los otros puntos del papel tiene color predominante en atencion á que todos estan iluminados á la vez por las dos luces. Pohlmann ha demostrado que estas sombras son de naturaleza enteramente objetiva (1).

b. Sombras coloradas subjetivas.

Si se hace caer, ya al través de un vaso de color, ya por reflexion una luz colorada sobre una tabla blanca, y en la superficie que entonces parece colorada, se produce una sombra por medio de un cuerpo delgado colocado delante de la luz, despues que se ha iluminado esta sombra con la luz blanca del dia, ofrece el tinte complementario del color primitivo, á saber: el verde para la luz roja, el rojo para la verde, el violado para la amarilla, el amarillo para la violada, el naranjado para la azul, y el azul para la naranjada. El experimento sale bien aun cuando se emplee la luz artificial para iluminar la sombra, siendo una condicion necesaria la iluminacion de esta por la luz incolora para la produccion del fenómeno. Si se hace entrar un rayo de luz colorada en un espacio oscuro, y se produce en él una sombra, esta no es colorada, como lo ha demostrado Grotthuss. Se necesita, pues, el concurso de la luz blanca para dar lugar al fenómeno, ya porque ejerce influencia en la luz colorada, ya porque provoca la sombra colorada de la retina. Debemos pasar en silencio algunas esplicaciones que se han dado antiguamente de este fenómeno; la única admisible no puede apoyarse mas que en un cambio objeti-

(1) Véase á POGGENDORFF's *Annalen*, t. XXXVIII, p. 319.—
ZSCHOKKE, *Die farbigen Schatten, ihr Entstehen und ihr Gesetz*, Auzau, 1826.

vo, ó en modificaciones reciprocas de la luz colorada y de la blanca, ó en los fenómenos fisiológicos del contraste.

Munchow ha dado una explicacion que se funda en causas objetivas, y tiene por punto de partida la hipótesis de que la luz colorada tiene en el espacio que ocupa la propiedad de reducir á la inaccion la porcion homogénea á ella misma de la luz incolora que penetra en este espacio y de no dejar penetrar mas que luz complementaria (1). Según esta hipótesis, cuando la luz azul se encuentra con la luz blanca, aquella y la porcion azul de esta se neutralizan reciprocamente, de manera que no queda ya mas que el color complementario del azul ó el naranjado. Este autor, para establecer la posibilidad de una accion ejercida mutuamente una sobre otra por dos luces procedentes de lados distintos, alega un experimento de Fraunhofer, según el cual un rayo luminoso puede apartar á otro de su direccion.

Pohlmann ha refutado esta hipótesis con este experimento: la luz colorada de un disco de cristal ilumina una superficie blanca en el interior de una caja, y sobre el disco se encuentra un cordelillo cuya sombra cae sobre el fondo blanco; pero en lugar de iluminar la sombra de la luz colorada por la luz del dia, no deja que esta última llegue sino al través de un tubo cuya estremidad penetra en la sombra. A la verdad en este experimento cierta cantidad de luz colorada puede caer sobre la sombra por la reflexion de las paredes de la caja y producir el mismo efecto sobre la luz del dia.

La explicacion más comun de las sombras coloradas es lo que las atribuye á los contrastes fisiológicos, de manera que los colores complementarios de la sombra son mirados como puramente subjetivos. Han adoptado esta teoría Rumford, Gæthe, Grotthuss, Brandes, Tortual, Pohlmann y la mayor parte de los físicos.

Se puede alegar en su favor la observacion ya hecha por Rumford, que el color de la sombra no puede distinguirse de una sombra incolora cuando se contempla la sombra sola sin el fondo colorado al través de un tubo.

Los fenómenos de que se ha tratado en el artículo an-

(1) V. POHLMANN, *loc. cit.*, p. 323.

terior la hacen mas verosímil. Allí, con efecto, no habia ninguno de los elementos de error que se presentan en las sombras coloradas. Un pequeño campo gris sobre un fondo verde blanquecino claro tiene un tinte claro cuando el color del verde encierra mucha luz; si el verde no es claro y blanquecino, el espectro gris conserva su simple gris. Puede emplearse el procedimiento siguiente para obtener colores claros; se tiene inmediatamente delante de una lámpara un vaso de cristal verde, al cual está pegada una tirita de papel iluminada por una luz incolora, con lo cual se obtiene el color rojo, hallándose de este modo reducido el fenómeno á simples condiciones.

C. *Efecto agradable de los contrastes fisiológicos. Principios fisiológicos de la armonía de los colores (1).*

Teoria de Gathe.

Los fenómenos cuya descripcion acabamos de dar prueban que la retina es puesta por un solo color en un estado que pudiera llamarse unilateral ó incompleto, y que tiende por sí misma á desarrollar los contrastes que completan este estado. No debe, pues, sorprendernos el que las asociaciones de colores que encierran ya estos contrastes hagan una impresion agradable y salutífera en la vista y en el alma. En efecto, todos los colores complementarios agradan, y los que no lo son chocan cuando dominan. En este sentido se puede decir que los primeros son armónicos, y que los otros no lo son. Una reunion de colores complementarios lo es tanto menos, cuanta menos relacion hay entre estos últimos. Un rojo subido que predomine afecta tan desagradablemente la vista como un amarillo ó un azul uniforme; y así, el instinto conduce á los hombres á suavizar estos colores haciéndolos mas soportables por la adición del blanco ó del gris, siempre que hay necesidad de presentarlos en superficies estensas. Por el contrario el rojo mas puro agrada al lado del verde, su complementario; el azul cerca del naranjado ó del amarillo de oro, y el amarillo en la inmediacion del violado. Las mujeres que tienen gusto suavizan

(1) SZOKALSKI, *Essai sur les sensations des couleurs*. Bruxelles, 1840.

los colores de sus vestidos, cuando son uniformes, eligiéndolos de un tinte oscuro, ó si llevan colores puros, los asocian armónicamente, por ejemplo, un chal rojo sobre un vestido verde, el color de lila sobre el amarillo, ó azul con el naranjado. ¿Qué magnificencia y qué brillo en la union del amarillo de oro y del azul en la franja dorada que bordea una vestidura azul? Pero el traje de una mujer que lleva juntos amarillo puro á rojo, ó amarillo puro y azul, ó rojo y azul, choca tanto á la vista que indica poco gusto: solo en las insignias de las naciones y en los uniformes militares es donde se ven estas asociaciones marcadas. Lo que aquí hay de mas chocante y desagradable es la union de dos colores puros sin el complementario; por ejemplo el amarillo y el rojo, ó el azul y el rojo, ó el amarillo y el azul; en lo cual se nota defecto de armonía. La asociacion de dos colores, uno de los cuales forma paso para el otro, no es armónica ni desarmonica, como la del amarillo y del verde, ó del rojo y del naranjado, ó del violado y del azul; una falta de armonía puede desaparecer por la adición de un tercer color que sea armónico con uno de los otros dos, é indiferente en cuanto al segundo. Citaré por ejemplo el rojo, el verde y el amarillo; el amarillo, el violado y el rojo; el azul, el naranjado y el rojo: el rojo, el verde y el azul &c. La falta de armonía entre el rojo y el amarillo cesa en razon del verde que es armónico con el rojo é indiferente en cuanto al amarillo.

Los pintores hacen sin saberlo aplicaciones frecuentes de estos principios fisiológicos; porque la impresion agradable de los colores de un cuadro depende de la habilidad con que el artista ha sabido combinar las armonías, salvando las discordancias. Este principio es llevado muchas veces hasta la observacion de las sombras coloradas. Una eleccion calculada de los colores oscuros y grises evita el error de las desarmonías, pero tambien priva del poder encantador de los colores armónicos. Runge ha tratado con mucha estension este asunto acerca de los colores.

IV. *Accion simultánea de los dos ojos.*

La accion simultánea de los dos ojos da lugar á los fenómenos de la vista simple con dos órganos en ciertas con-

diciones, á los de la vista doble en ciertas otras, y á los de la rivalidad de los campos ópticos de los dos ojos.

A. Vista simple con dos ojos.

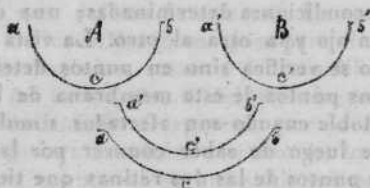
Algunos fisiólogos han creído que el medio mas fácil de explicar cómo se ven los objetos simples con dos órganos consiste en admitir con Gall que no se ve con los dos ojos á la vez, sino solamente con uno unas veces y otras con otro (1); á la verdad, ciertas personas cuyos ojos tienen una fuerza de acción desigual suelen emplear uno con preferencia á otro; pero en la mayor parte de los hombres los dos concurren juntamente á la vision del mismo objeto, de lo cual es fácil convencerse por las dobles imágenes que se producen en condiciones determinadas; una de las cuales pertenece á un ojo y la otra al otro. La vista simple con los dos ojos no se verifica sino en puntos determinados de la retina; otros puntos de esta membrana de los dos ojos ven siempre doble cuando son afectados simultáneamente. Trátase desde luego de saber conocer por la esperiencia cuáles son los puntos de las dos retinas que tienen la propiedad de ver su imagen en el mismo punto del campo visual cuando son afectados á la vez. Para abreviar se puede dar á estos puntos el epíteto de idénticos. He aquí cómo se los conoce.

Si despues de colocados en la oscuridad teniendo los ojos cerrados se comprime con el dedo un punto determinado del ojo, y por consiguiente de su retina se nota un círculo de fuego en el campo visual; por motivos que ya se han espuesto, el círculo correspondiente al punto comprimido aparece del lado contrario del campo visual. Si se apoya un dedo sobre la parte superior de uno de los ojos y otro en la inferior de otro ojo, se ven dos círculos de fuego, uno superior y otro inferior que pertenecen el primero al ojo comprimido inferiormente, y el segundo al comprimido en la parte superior. Estos puntos de los dos ojos no son, pues, idénticos, que ven sus afecciones en puntos enteramente distintos. Si se comprime el lado esterno de

(1) A. PREVOST, *Essai sur la théorie de la vision binoculaire*, Ginebra, 1843, p. 4.

los dos ojos se producen tambien dos figuras, cada una de las cuales pertenece al punto comprimido opuesto. Si se comprime el lado interno de los dos ojos, aparecen igualmente dos círculos de fuego á los lados esternos de cada campo visual; el del lado derecho pertenece al ojo izquierdo, y el del izquierdo al derecho. Lo cierto es que ni la parte superior de una retina y la inferior de la otra, ni los lados esternos ó internos de las dos retinas son idénticos entre sí. Siempre ven sus afecciones en dos sitios diferentes, y la distancia de los lugares equivale muchas veces á la latitud total del campo visual.

Fig. 48.



Al contrario, el lado esterno de un ojo y el interno del otro, ó *a* del ojo A y *a'* del ojo B, *b* del ojo A y *b'* del ojo B son idénticas entre sí. Hay además identidad entre la parte superior de un ojo y la superior del otro, entre la parte inferior de uno y la inferior del otro. Por ejemplo, si se apoya el dedo, en la oscuridad, sobre la parte inferior de los dos ojos cerrados, no aparece mas que un círculo de fuego en la parte superior, en medio del campo visual: si se comprimen los dos ojos por arriba, no se percibe mas que un círculo de fuego por abajo en medio del campo visual. Asimismo cuando se comprime el lado esterno *a* del ojo A, y el lado interno de *a'* del ojo B, ó lo que es lo mismo el lado interno de los dos ojos, no aparece mas que un círculo de fuego que está colocado en el extremo derecho. Si por el contrario se comprime *b* de un ojo y *b'* de otro, ó el lado derecho de los dos ojos á la vez, tampoco hay mas que un solo círculo de fuego, pero está situado en el extremo izquierdo. En una palabra, se pueden concebir las esferas de dos retinas que se cubren en cierto modo como en la figura anterior, de

manera que la capa de la una sea idéntica á la de la otra, la derecha de la una con la de la otra, la parte superior de la una con la de la otra, y la inferior de la una con la de la otra; a cubre á a , b cubre á b' y c cubre á c' .

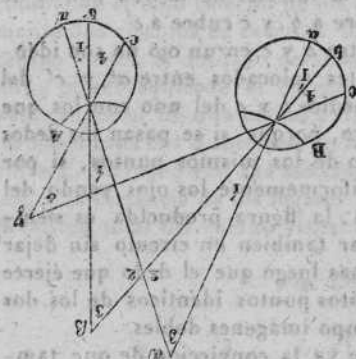
Los puntos situados entre a y c en un ojo no son idénticos con los correspondientes colocados entre a' y c' del otro, ni los puntos intermedios b y c del uno con los que les corresponden en el otro, porque si se pasan los dedos sobre los dos ojos partiendo de los mismos puntos, si por ejemplo se comprimen uniformemente los ojos yendo del lado izquierdo hácia arriba, la figura producida es siempre sencilla y se puede girar tambien en círculo sin dejar de percibir dicha figura; mas luego que el dedo que ejerce la compresion se aleja de estos puntos idénticos de los dos ojos, aparecen sobre el campo imágenes dobles.

Estos experimentos dan ya la conviccion de que tambien es idéntico lo que se encuentra en los puntos perfectamente correspondientes; pues los puntos perfectamente correspondientes en el corte de la esfera de la retina son los que ocupan el mismo meridiano y el mismo paralelo, considerando el medio de la membrana como polo, ó lo que se encuentra en una misma direccion á una misma distancia del medio de una retina. Todos los otros puntos de las dos membranas son diferentes.

Concretándonos á la figura anterior, cuando a de un ojo se encuentra afectada, y lo está igualmente b en el otro, como hay identidad entre a y a' , lo mismo que entre b y b' , la distancia entre las imágenes dobles a y b' es precisamente igual á la que hay entre a y b en uno de los ojos, ó á lo que se encuentra entre a' y b' en el otro; porque las cosas pasan exactamente como si solo fuesen afectados los puntos a y b de un solo ojo A.

La aplicacion á los fenómenos objetivos de vision es ahora sumamente fácil. Si los objetos estan colocados con respecto al objeto radiante de tal modo que las imágenes semejantes del mismo caen sobre partes idénticas de las dos retinas, el objeto no puede verse sino sencillo; pero en todo otro caso, debe haber imágenes dobles: luego, la posicion de los dos ojos relativamente al objeto en que puntos idénticos de estos dos órganos reciben de él una imagen, es aquella en que los ejes de los dos ojos se encuentran en un mismo punto del objeto, como sucede siempre que este se fija.

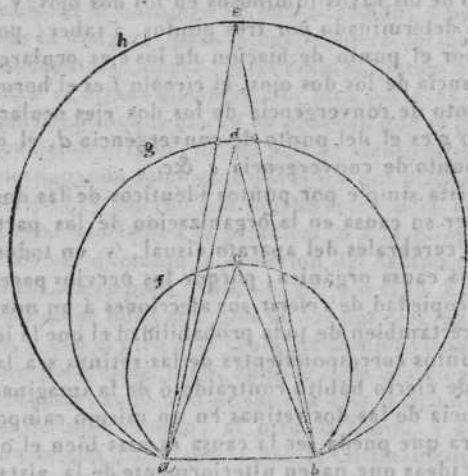
Fig. 49.



Si los ejes de los dos ojos A B se dirigen de modo que se encuentren en a , entonces a se verá sencilla en el mismo punto en medio del campo visual, porque hay identidad entre a de un ojo y a' del otro. Pero otros objetos situados al lado de a , por ejemplo β y γ pueden aparecer igualmente simples. Colóquese á β de tal modo que su imágen en los dos ojos caiga á igual distancia del medio de la retina, á saber, en b de uno de los ojos y en b' del otro, parecerá simple en puntos idénticos de las dos retinas. Lo mismo sucede con γ , si la distancia de c á a en el ojo B es igual á la de c' á a' en el ojo A.

Una línea ó un plano que pase por el punto de convergencia de los dos ejes oculares, y por el punto de fijación había recibido de los antiguos el nombre de *horoptro*, se figuraban que los objetos situados en el lado de este eran igualmente simples. Una análisis mas rigurosa demuestra sin embargo que el horoptro no es una línea recta ni un plano, sino que representa una superficie circular.

Fig. 50.



La cuestion se reduce efectivamente á saber si abc de un ojo siendo igual á $a'b'c'$ del otro, ó los ángulos 1 y 4 de un ojo á los ángulos 1 y 4 del otro, los puntos α β y γ pueden estar situados en línea recta, y en qué línea se encuentran; $ab = a'b'$, en la suposicion de que el ángulo 1 en el ojo A es igual al ángulo 1 en el ojo B: por consiguiente el ángulo 1 es igual al ángulo 1', mas como el ángulo 2 es igual al ángulo 2, el ángulo 3 debe serlo al ángulo 3. Pruébase asimismo que el ángulo 5 en γ es igual al ángulo 3, por que $bc = b'c'$, es decir que hay igualdad entre los ángulos 4 y 4'; pero si los ángulos 3, 3, 5 son iguales α β y γ no pueden ser una línea recta, porque no hay mas que el círculo que tenga la propiedad de que los triángulos levantados desde una de sus curvas á la periferia tengan ángulos iguales á esta periferia (1).

(1) El descubrimiento de la verdadera forma del horoptro me ha sido atribuido por algunos fisiólogos. y yo mismo he creído que me pertenecia hasta el momento en que encontré que Vieth habia ya reconocido la necesidad de la forma circular del horoptro. (GILBERT, *Annalen*, t. LVIII, p. 233).

El horoptro es, pues, un círculo cuya cuerda es la distancia de los dos ojos, ó mas exactamente el punto de cruzamiento de los rayos luminosos en los dos ojos; y este círculo está determinado por tres puntos, á saber, por los dos ojos, y por el punto de fijacion de los ejes oculares. Sea *a* ó *b* la distancia de los dos ojos, el círculo *f* es el horoptro para el punto de convergencia de los dos ejes oculares en *c*; el círculo *g* es el del punto de convergencia *d*, el círculo *h* para el punto de convergencia *e* &c.

La vista simple por puntos idénticos de las dos retinas debe tener su causa en la organizacion de las partes profundas ó cerebrales del aparato visual, y en todos los casos es una causa orgánica; porque los nervios pares no tienen la propiedad de referir sus afecciones á un mismo punto. Carece tambien de toda probabilidad el que la identidad de los puntos correspondientes de las retinas sea la consecuencia de cierto hábito contraído ó de la imaginacion. La congruencia de las dos retinas en un mismo campo visual, cualquiera que pueda ser la causa es mas bien el origen de todas las ideas que nacen ulteriormente de la vista simple y de la vista doble.

Se ha objetado contra la constante identidad de los puntos correspondientes de las dos retinas que la vista doble tiene lugar en el vértigo, en la embriaguez y en las enfermedades nerviosas, en que sin embargo no parece alterada la armonía de los movimientos de los dos ojos; mas si deben producirse imágenes dobles desde que no se fija un objeto, ó desde que no se encuentra comprendido en el horoptro, este fenómeno nunca es mas material y necesario que en el vértigo, la embriaguez y las fibras nerviosas. Tampoco es cierto, como lo han pretendido Treviranus, Steinbach y otros antes que ellos, que la identidad de los campos visuales es adquirida y que si la vista doble tiene lugar al principio del estrabismo, se produce mas tarde en proporcion de la deviancion de los ojos una nueva identidad de retinas diferentes de la primera, la cual hace que se restablezca la vista simple á pesar del estrabismo, el cual es relativo. En virtud de la convergencia de los ejes oculares sobre el objeto, la posicion de nuestros ojos para percibir un cuerpo muy próximo es la de una persona que es bizca, si se la compara á la que estos órganos afectan para fijarse en un cuerpo distante. Cuando los ojos se encuentran dirigidos

morbosamente hácia dentro, se debería ver simple lo que está colocado en el horoptro de esta situacion, y no se concibe cuál es la distancia para la cual debiera formarse entonces una identidad nueva de las retinas, puesto que el ojo que no bizca ve á toda distancia. Por otra parte las observaciones hechas en los que bizcan no prueban que se haya destruido la relacion original de los puntos idénticos de las dos retinas; atestiguando solamente que el ojo que bizca es en general inactivo (1). Sucede con mucha frecuencia en el estrabismo estar asociado á la presbicia ó á la miopia de los dos ojos. Siendo diferente la direccion del campo visual del ojo que bizca altera poco ó nada el del ojo sano. Lo mismo sucede cuando se mira con uno de los dos ojos en el microscopio, y con el otro á la tabla: el campo visual de este altera muy poco el del otro, aunque colocado en el mismo punto, porque cuando uno de los dos ojos se acomoda para la imagen del microscopio, el otro la limita y de consiguiente no ve con distincion la tabla. Ultimamente he observado una persona bizca; en las condiciones ordinarias en la produccion de las imágenes dobles, condiciones de que me ocuparé mas adelante, nunca le sucede ver un objeto doble cuando fija un solo ojo en los otros, á pesar de hallarse muchos colocados delante de ella á diversas distancias.

La congruencia de los puntos idénticos de las dos retinas es, pues, innata y nunca varía. Pueden compararse los dos ojos á dos tallos que salen de una misma raiz, cada una de cuyas partículas está en cierto modo hendida en dos ramas para estos dos órganos.

Háuse practicado numerosos experimentos con el objeto de explicar este encadenamiento notable.

(1) Cons. sobre el estrabismo: MULLER, *Physiologie des Gesichtssinnes*. Léipzig, 1826, p. 216.—FISCHER, *Theorie des Schielens*. Ingolstadt, 1781.—MELCHIOR, *De strabismo*. Copenhague, 1839.—RUETE, *Neue Untersuchungen und Erfahrungen ueber das Schielen und seine Heilung*. Göttingue, 1841.—Ch. Phillips, *De la Ténatomie sous-cutanéé*. Paris, 1841, p. 206.—J.-F. DIEFFENBACH, *Ueber das Schielen, und die Heilung desselben*, Berlin, 1842.—Velpeau, *Du Strabisme*. (Anales de la cirugía francesa, t. IV y V).

1.^o Como las raíces de los nervios ópticos de los dos lados se cruzan por la parte interna de sus fibras que van al ojo opuesto, mientras que la esterna camina hácia el que le corresponde, recibiendo por consiguiente el lado izquierdo de los dos ojos filetes de una misma raíz, y recibéndolos por el contrario su lado derecho de las dos raíces diferentes, debía ocurrirse la idea de atribuir la vista simple á la distribución de las raíces de los nervios ópticos en los dos ojos; esta es la teoría de Newton y Wollaston. Este último explicaba por este medio un fenómeno que no es muy raro de observar, á saber, el de la hemiopia, en la cual todo un lado del campo visual de dos ojos hasta el centro de estos permanece sin accion, y creia deberlo atribuir á la inaccion de la porcion cerebral de un nervio óptico (1).

2.^o Esta teoría es insuficiente; pues para que explicase completamente los fenómenos, sería preciso que cada fibra de una raíz del nervio óptico se dividiese en el quiasma en dos ramas para los puntos idénticos de los dos ojos. Una teoría fundada en la relacion de las fibras es la única capaz de satisfacer; pero esto admite muchas variedades. Quizá á Newton le habia ocurrido tambien la idea vaga de la division dicotómica de cada fibra. Treviranus y Volkmann no han distinguido vestigio alguno de esta division en el quiasma, ni yo he sido mas feliz que ellos. Para que la teoría fuese justa era menester tambien que la raíz del nervio óptico fuese la mitad mas delgada que la porcion ocular del nervio. Y así, nos vemos obligados á atenernos al simple hecho conocido antiguamente, que la raíz de un lado se divide en dos partes en quiasma, que la interna se croza con la del lado opuesto, y que la esterna continúa su marcha en el mismo lado (2). En el caballo es donde mejor he notado esta disposicion.

3.^o Otra teoría es la de Rohault (3). Este físico supone que cada nervio óptico contiene exactamente tan-

(1) *Annales de chimie*, 1824, setiembre. — V. VATER, en HALLER, *Diss. med. pract.*, t. I.

(2) Cons. las figuras que he dado del quiasma en mi obra, *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes*. Léipzig, 1826.

(3) *Physique*, P. I, cap. 31.

tas fibras como el otro, y que las fibras correspondientes de los dos nervios estan unidas en los dos puntos del sensorio. Esta teoría nada tiene que ver con el cruzamiento parcial de las fibras en el quiasma.

4.º Presentamos una teoría que ofrece una modificación ó una perfección de los dos procedimientos tomando en cuenta la estructura del quiasma. Las fibras *a* y *a'* viniendo de puntos idénticos de los dos ojos se hacen en el quiasma parte integrante de la raíz del nervio óptico de un lado y comunican entre sí por una asa en el cerebro, ó nacen del mismo punto del sensorio, del misma corpúsculo gangliónico del encéfalo. Lo mismo sucede con las fibras idénticas *b* y *b'*. La imagen de las dos mitades izquierdas de los dos ojos se representaria en la mitad izquierda del cerebro, y las de las dos mitades derechas de los ojos en la mitad derecha del órgano cerebral.

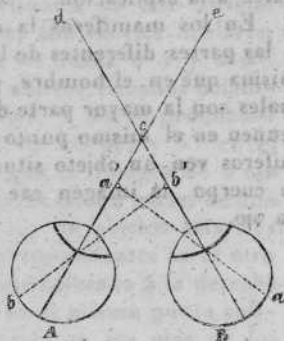
Fig. 51.



5.º Se puede admitir en fin una comisura transversal en la línea media del cerebro entre las fibras idénticas de los ojos.

Porterfield (1) pretende que la verdadera causa de no ver los objetos dobles con los dos ojos depende únicamente de la facultad que, según él, tenemos de ver los objetos en el punto en que estan. Pero esta hipótesis nada tiene de verosímil, y es fácil también de combatir por el experimento. Porque si A (fig. 52) ve el objeto *c* sencillo en su eje, y si el ojo B hace otro tanto, porque percibe este objeto en donde se encuentra colocado, los

Fig. 52.



(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 293.

dos ojos deben ver tambien los objetos *a* y *b* separados, puesto que los ve en donde estan; pero cuando estos objetos se hallan situados en los ejes, aparecen simples y no separados, en el mismo punto que *c*, porque su imagen cae en los dos ojos en el punto medio de la retina. A la verdad, se produce una imagen de *a* en el ojo B en el punto *a'*, y una de *b* en el ojo A en el punto *b'*; pero las imágenes de los puntos *a* y *b*, que caen en la parte media de la retina de los dos ojos, no se ven ya en donde estan, sino que se los percibe reanidos en un solo punto. Tampoco puede decirse de *c* que se ve simple, porque se la ve en donde está. Ver una cosa en donde está significa solamente verla en la direccion que tiene con relacion al ojo; es así que *c* se ve en la direccion *c e* por el ojo A y en la direccion *c d* por el ojo B, luego, segun esta teoría, se la deberia percibir doble, mientras que por los motivos deducidos anteriormente se la ve sencilla.

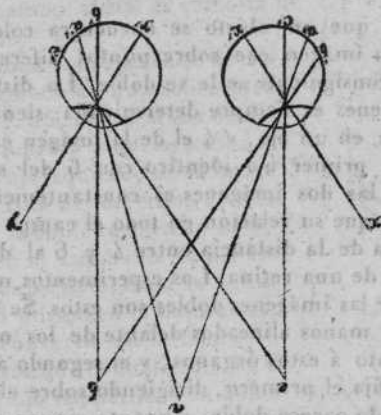
La causa por la cual vemos simple en los puntos idénticos de las retinas debe pues ser orgánica. Muchas teorías se hallan en estado de explicar el fenómeno por una estructura orgánica supuesta; pero entre estas suposiciones no hay una cuya cualidad pueda demostrarse, y aun se encuentran algunas que puede probarse carecen de fundamento. Así que, es fácil, segun esto ver qué direccion puede darse á la explicacion.

En los mamíferos la relacion de las partes idénticas y las partes diferentes de las dos retinas no puede ser la misma que en el hombre, puesto que los ojos de estos animales son la mayor parte divergentes, y sus ejes nunca se reunen en el mismo punto de un objeto. Cuando los mamíferos ven un objeto situado en la direccion del eje de su cuerpo, la imagen cae sobre la parte esterna de cada ojo.



El experimento que se hizo para probar esta teoría, consistió en colocar un objeto en la direccion del eje de cada ojo, y se encontró que se percibía como un solo punto.

Fig. 53.

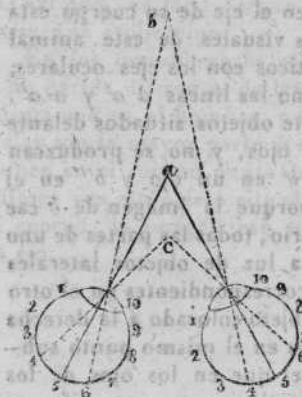


Por ejemplo (fig. 53) la imagen de a cae en a' y en a'' ; estos puntos deben pues ser idénticos. En efecto, un perro mueve sus ojos, como nosotros lo hacemos, según que un objeto colocado delante de él en el eje de su cuerpo está próximo ó distante; pero los ejes visuales de este animal no son, como en nosotros, idénticos con los ejes oculares; no son las líneas xx' y yy' , sino las líneas aa' y aa'' . Para que el perro vea claramente objetos situados delante de sí y perceptibles por sus dos ojos, y no se produzcan imágenes dobles, es preciso que b' en un ojo y b'' en el otro sean igualmente idénticas, porque la imagen de b cae sobre estos puntos. Por el contrario, todas las partes de uno de los ojos que no reciben sino la luz de objetos laterales no pueden dar puntos idénticos correspondientes en el otro ojo, porque de lo contrario un objeto colocado á la derecha y otro á la izquierda serian vistos en el mismo punto subjetivo. Todo, pues, induce á creer que en los ojos de los animales hay puntos en parte idénticos y en parte diferentes, sin puntos correspondientes en el otro ojo.

B. *Vista doble con dos ojos* (1).

Siempre que un objeto se encuentra colocado en el horoptro, su imagen cae sobre puntos diferentes de los ojos, y por consiguiente se le ve doble. La distancia entre las dos imágenes es siempre determinada; siendo 6 el sitio de la imagen en un ojo, y 4 el de la imagen en el otro, y siendo 6 del primer ojo idéntico con 6 del segundo, la distancia de las dos imágenes es constantemente la de 4 y 6, es decir que su relación en todo el campo visual es la misma que la de la distancia entre 4 y 6 al diámetro total del plano de una retina. Los experimentos mas sencillos para observar las imágenes dobles son estos. Se tiene en dos dedos de las manos alineados delante de los ojos, el primero inmediato á estos órganos, y el segundo á cierta distancia. Si se fija el primero, dirigiendo sobre el eje de los ojos, el segundo parece doble; y cuanto mayor es la distancia entre los dos dedos mayor es tambien la que hay en las dos imágenes; cuanto mas aproximados estan aquellos, mas inmediatas estan las dos imágenes del dedo que parece doble, hasta que se confunden entre si cuando los dos dedos entran en el mismo horoptro.

Fig. 54.



En la figura 54 los ejes de los ojos estan dirigidos hácia el punto *a*. Detrás de *a* se encuentra un objeto *b*. *a* envia su imagen sobre partes idénticas de los dos ojos, á saber, la parte media de las dos retinas en 5; el punto, pues, se ve sencillo, *b* envia la suya al ojo izquierdo en 6, y al derecho en 4; es así que 4 de un ojo y 6 del otro son dife-

(1) MULLER, *Physiologie des Gesichtssinnes*, p. 167.

rentes, porque 4 es idéntico á 4 del otro ojo, luego *b* se ve doble, y la distancia de las imágenes dobles relativamente á todo el campo visual es como la de 4 y 6 á la distancia de 1—10.

Si se suponen las superficies de las dos retinas colocadas una sobre otra como en la fig. 55, lo que acaba de decirse parece todavía mas claro. Sea *A* la retina del ojo izquierdo de la figura anterior, y *B* la del derecho, 4 es la situacion de la doble imágen en el derecho, y 6 en el izquierdo. Como los dos campos superpuestos en la figura son uno y el mismo en la naturaleza, se le puede convertir en la figura 56 haciendo notar que la doble imágen 6 pertenece al ojo izquierdo y la doble imágen 4 al derecho.

Fig. 55.



Fig. 56.



Si los ojos visuales se cruzan delante del objeto *c* en *a* se ve también *c* doble, porque *c* proyecta su luz en el ojo izquierdo sobre 4 y en el derecho sobre 6. 4 no es idéntico á 6; pero 4 lo es á 4, y 6 á 6. La distancia de las dos imágenes dobles es 4—5 en el ojo izquierdo, y 5—6 en el derecho, ó considerando los dos ojos como uno solo, es de 4—6, es decir que la relacion de la distancia 4—6 á la de 1—10 es como la distancia de las dobles imágenes de *c* á todo el campo visual.

Por lo concerniente á la situacion de las dobles imágenes con relacion á los ojos á que pertenecen cuando los ejes ópticos se cruzan entre el objeto y el ojo, la doble imágen izquierda pertenece al ojo izquierdo y la derecha al derecho. Si por el contrario los ejes ópticos se cruzan delante del objeto, la doble imágen del ojo derecho se encuentra en el lado izquierdo opuesto, y la del ojo izquierdo en el derecho, como puede conocerse fácilmente cerrando uno de los dos ojos.

Esta situacion de las dobles imágenes es importante por el aspecto teórico. A primera vista el mejor modo de concebir la situacion de las imágenes respecto de los ojos en los cuales existen, es recurrir á la teoría que pretende que los objetos se ven en la direccion en que se encuentran, y

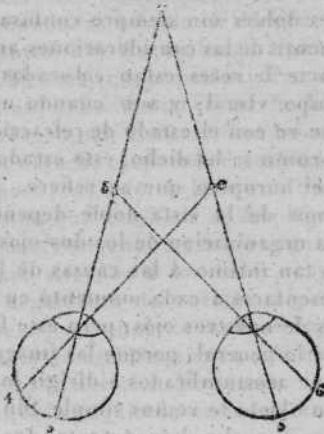
no segun la situacion de las partículas de la retina. Así, cuando los ejes de los ojos se cruzan delante del objeto *a*, el objeto *b* parece doble, y la doble imágen está situada á la izquierda respecto del eje del ojo izquierdo y á la derecha respecto del derecho, lo cual sucede realmente cuando se hace el experimento. Los fenómenos de la vista doble pudieran, pues, mirarse como una prueba del restablecimiento ó de la correccion de la vista invertida, ya por la direccion de la vista hácia fuera, ya por el concurso de las fibras del nervio óptico en el cerebro.

Sin embargo, estos fenómenos se esplican igualmente por medio de la teoría opuesta, segun la cual las imágenes ó partículas de la retina se ven en donde estan y no en donde se encuentran los objetos.

En el experimento referido anteriormente, la doble imágen izquierda se ve en el lado izquierdo del eje medio, y segun los principios de óptica el objeto debiera estar á la derecha. En la sensacion visual de la retina no hay ojo derecho ni izquierdo, siendo idénticos estos dos órganos; pero, en tanto que la luz cae de nuestro propio cuerpo sobre la retina, y hay por consiguiente en ella una imágen de nuestro cuerpo, se sigue, segun los principios de óptica, que el objeto se encuentra en el lado opuesto de la imágen, y que la porcion visible derecha de nuestro cuerpo está á la izquierda y la izquierda á la derecha. Y así, el hecho del experimento, en el cual cuando los ejes ópticos se cruzan detrás del objeto, puede espresarse del modo siguiente: cuando cerramos el ojo del lado izquierdo en la apariéncia, ó derecho en realidad, la imágen doble izquierda desaparece, como prueba la construccion de la figura 57, porque la doble imágen de *b* en el ojo derecho B está situada á la izquierda en 4.

Los experimentos que he descrito sobre las imágenes dobles son susceptibles de infinitas variaciones, pero todas ellas dependen de la misma condicion fundamental, es decir que son debidas á que las imágenes no caen en los dos ojos sobre partes idénticas.

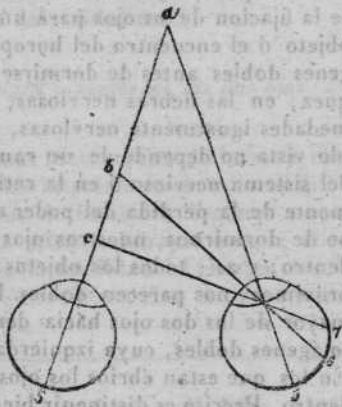
Fig. 57.



Si los ejes de los ojos se dirigen sobre el punto *a* (fig. 57): todos los puntos colocados en el eje *abc* parecen dobles, porque las imágenes caen en uno de los dos ojos en la parte media de la retina en 5, y en el otro en 6, 7, 8 &c.

Si los dos ejes de los ojos se dirigen sobre *a* (figura 58, en que los puntos *b* y *c* representan unos alfileres implantados en la direccion de estos ejes), en lugar de dos imágenes dobles de *b* y de dos imágenes dobles de *c*, ó en lugar de cuatro imágenes dobles, no se verán mas que tres; *b* se verá en 5 en el ojo izquierdo, y *a* en 5 en el derecho, 5 y 5 son idénticos; por consiguiente los dos ojos ven estas dos imágenes en el mis-

Fig. 58.



mo punto. Pero *c* aparece en el ojo izquierdo en 4; por consiguiente se perciben tres alfileres en el órden y á la distancia de 4, 5, 6.

Las imágenes dobles son siempre confusas, lo cual resulta necesariamente de las consideraciones anteriores, porque la mayor parte de veces estan colocadas en las partes laterales del campo visual, y aun cuando una imágen se ve en el eje no se ve con el estado de refraccion conveniente, puesto que, como se ha dicho, este estado cambia regularmente segun el horoptro que se refiere.

Los fenómenos de la vista doble dependen tan necesariamente de la organizacion de los dos ojos y estan unidos de un modo tan íntimo á las causas de la vista doble, que deben representarse á cada momento en el uso habitual que hacemos de nuestros ojos; pero este fenómeno pasa desapercibido por lo general, porque las imágenes dobles son confusas, y porque acostumbrados á dirigir los ejes de nuestros ojos sobre un objeto le vemos simple. Sin embargo, en el caso en que vemos simultáneamente dos objetos colocados á distancias desiguales, y que no estan en el mismo horoptro, es preciso absolutamente que uno ú otro nos parezca doble. Esto es lo que sucede cuando vemos una torre al través de una ventana: ó esta última ó la torre nos parece doble, segun que nos fijemos en la segunda ó en la primera.

Siempre que una causa interna cambia anormalmente la fijacion de los ojos para una distancia determinada del objeto ó el encuentro del horoptro, deben sobrevenir imágenes dobles antes de dormirse, por ejemplo en la embriaguez, en las fiebres nerviosas, en los accesos de las enfermedades igualmente nerviosas, y en el estrabismo. Esta doble vista no depende de un cambio en las partes centrales del sistema nervioso ó en la retina, sino que resulta simplemente de la pérdida del poder de fijar un objeto. Al tiempo de dormirnos, nuestros ojos se vuelven siempre hácia dentro; y así, todos los objetos, aun los que estan bastante próximos, nos parecen dobles. Reconócese la convergencia mayor de los dos ojos hácia dentro en la situacion de las imágenes dobles, cuya izquierda pertenece al ojo izquierdo. En los que estan ébrios los ojos se vuelven tambien hácia dentro. Preciso es distinguir bien la vista doble con dos ojos de la vista doble ó multiple con uno solo. La mayor parte de

los hombres ven muchas imágenes en la luna aun con un solo ojo, y cada una tiene sus bordes particulares. En mí, lo mismo que en otros muchos sujetos no se verifica este fenómeno sino cuando las miradas se dirigen sobre objetos sumamente distantes; hay sin embargo algunos en quienes le producen tambien objetos pequeños. Prevost le habia notado en sí mismo, y Steifesand le ha hecho objeto de interesantes observaciones. Este escritor es miope, y cuando contempla una mancha clara sobre un fondo blanco alejándose poco á poco, no solo se hace confusa la imagen del punto claro, sino que tambien se despliega independientemente de muchas imágenes accesorias igualmente confusas en dos imágenes situadas á los lados, cuya distancia aumenta con la separacion del cuerpo; á proporcion que estas imágenes se separan una de otra, se hacen confusas. En el ojo derecho la imagen izquierda está un poco mas alta, y en el izquierdo la derecha. Volviendo la cabeza hácia la derecha, la imagen izquierda se baja y la derecha se eleva cuando el ojo izquierdo mira, sucediendo lo contrario si obra el ojo derecho. Volviendo enteramente la cabeza, las imágenes giran tambien al rededor del centro comun (1). Griffin refiere igualmente que cuando ha mirado por mucho tiempo con el telescopio el ojo que tenia cerrado ve en seguida triples los objetos próximos á él. Estos fenómenos se refieren á la construccion física del ojo, y probablemente son debidos á los diversos campos de fibras de que se compone cada capa del cristalino.

C. Rivalidad entre los campos visuales de los dos ojos.

Uno de los fenómenos mas interesantes de la vista con los dos ojos consistió en que las impresiones de colores diferentes sobre puntos idénticos de estos dos órganos no se confunden en una impresion mista, sino que una de ellas predomina en una parte ó en la totalidad del campo visual, y el estado del otro ojo no se manifiesta sino en otros pun-

(1) En el *Journal de chirurgie* de Græfe y Walther, 1835.
—MULLER'S *Archiv*, 1836.

tos de este campo. Se puede observar este fenómeno cuando se mira una hoja de papel blanco al través de dos cristales de distinto color, por ejemplo uno azul y otro amarillo, puestos inmediatamente delante de los ojos; en lugar de ver el papel verde, se le ve en parte azul y en parte amarillo. Unas veces el azul ó el amarillo predominan, y otras se percibe, ya un matiz azul ó manchas azules sobre un fondo amarillo, ya un matiz amarillo ó manchas de un mismo color sobre un fondo azul. Aquí es el azul el que absorbe el amarillo, y allí es el amarillo el que absorbe el azul. Concíbese que es difícil el que las impresiones diversas sobre puntos idénticos de las dos retinas no se mezclen entre sí, y yo me he convencido también de esta dificultad en la superposición de dos imágenes dobles de diverso color producidas por la acción del tacto; miro como posible la mezcla de las dos impresiones en este último caso que Huschke dice haber observado, pero lo creo difícil. Herrmann y Volkmann han visto los fenómenos absolutamente lo mismo que yo en el fondo. Si se continúan por mucho tiempo los experimentos con cristales colocados, es decir, si se mira por un tiempo muy largo una hoja de papel blanco al través de cristales colorados puestos inmediatamente delante de los ojos, las dos impresiones se confunden más y más, á lo cual no tienen en un principio la menor tendencia; y aun entonces uno de los dos colores recobra de tiempo en tiempo el predominio, ó se manifiesta en forma de manchas, como lo ha visto Voelcker (1). La mezcla no ofrece ningún interés por el aspecto fisiológico; pero la especie de rivalidad establecida entre los dos campos visuales y la supresión parcial ó total de uno de los colores por el otro le tienen muy grande. Tenemos aquí, en un fenómeno fácil de observar, la prueba más evidente del modo de acción simultánea de los dos ojos; porque no solo el mismo experimento, sino también otros hechos nos autorizan á deducir que estos órganos se conducen del mismo modo en el caso de impresiones del mismo color.

La manifestación por manchas de uno de los colores

(1) MULLER'S *Archiv*, 1836, p. 60.

sobre el otro, la supresion momentánea del uno por el otro, y la dificultad de su mezcla entre sí prueban:

1.^o Que los dos ojos obran simultáneamente en ciertos momentos, puesto que se ven manchas ó matices de un color sobre el otro.

2.^o Que la impresion producida en uno de los ojos se estingue totalmente ó poco menos por momentos, mientras que predomina la otra.

3.^o Que á veces tambien las impresiones de los dos ojos se confunden entre sí.

Como los estados varian continuamente, las acciones de los dos ojos nos parecen fenómenos que resultan de la alteracion del equilibrio, asi como las oscilaciones del fiel de la balanza. El reposo ó equilibrio de las acciones es muy difícil, aunque posible; pero se altera en parte por influencias internas que nos son desconocidas y en parte tambien probablemente por la atencion que se dirige sobre uno de los dos ojos. Por lo demás, los fenómenos de rivalidad de que aquí se trata son muy marcados en las personas que, como yo, tienen los dos ojos dotados de una facultad visual perfectamente igual. La aparicion en forma de manchas ó de matiz de un color en el sitio del que desaparece, mientras que este predomina en otros puntos, anuncia tambien que es posible que las diversas partes de la retina no obran igualmente, y prueba por otro lado cuán importante es observar con atencion los estados interiores de esta membrana.

La alteracion del equilibrio en la actividad simultánea de los campos visuales se manifiesta tambien en otras ocasiones, que son bastante frecuentes. Suele suceder que una de las dos imágenes desaparece enteramente en la vista doble. Si los dos ojos no tienen el mismo alcance, unas veces es una y otras otra la que predomina, destruyendo enteramente la del ojo opuesto. El ojo dominante es aquel á cuyo alcance se encuentra un objeto, hácia el cual se dirige entonces la atencion. Algunas veces la imagen del ojo, que no veia sino de un modo indistinto, flota todavia vagamente hácia el otro, pero se escapa con mucha facilidad á la atencion. Lo mismo sucede en el hombre que bizca; el ojo bizco tiene siempre un alcance muy diferente del sano; su imagen es confusa mientras que la del otro ojo es clara, y la atencion la desprecia. Concíbese la desaparicion com-

pleta de esta imagen segun los fenómenos que presentan los cristales de color, y tambien se encuentra aquí con mucha frecuencia un motivo de bizcar, porque no se emplea convenientemente el ojo malo en la fijacion de los objetos, y bajo todos conceptos está fuera de uso.

Mirando con un solo ojo al través de los cristales de aumento se puede observar tambien la facultad que tiene el sensorio de no ocuparse mas que del campo visual de un ojo. En efecto, sucede muchas veces que el ojo aplicado al microscopio es el único que ve ó que distingue, al paso que el otro no distingue nada ó al menos su imagen no está en el mismo punto que el campo microscópico del otro. Sin embargo, suele ocurrir tambien que recobra su actividad, y la imagen que percibe, viniendo á flotar por decirlo así sobre la imagen microscópica, alterando la observacion.

V. *Fenómenos subjetivos de la vision.*

Si dejamos á un lado los fenómenos de la accion de la retina en los cuales la luz exterior desempeña su papel, tales como los de las imágenes consecutivas, de la irradiacion y de la vista doble, todavía quedan otros muchos puramente subjetivos que nos suministran ejemplos de accion de la retina provocada por causas enteramente distintas de la luz exterior. A Purkinge (1) es á quien principalmente se debe el conocimiento de estos fenómenos, de los cuales voy á indicar los mas notables.

A. *Figuras producidas por la presion.*

Purkinge ha dado este nombre á los fenómenos de luz que sobrevienen cuando se comprime el ojo con el dedo. Estas figuras unas veces son anulares, otras radiadas, y alguna que otra vez divididas regularmente en cuadrados, de manera que este autor las compara á las que producen las vibraciones de los cuerpos sonoros. Cuando se frota con un arco de violin un platillo cubierto de agua, el disco no se divide solamente en puntos inmóviles, sino que tambien el

(1) *Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne* Prague, 1823, 1825.

agua se divide en las partes movidas del vaso en figuras romboideas ó en ondas estacionarias. La figura que se produce en el ojo recuerda el cruzamiento de dichas ondas.

B. *La figura arborizada de que se ha hablado mas arriba parece algunas veces luminosa.*

Purkinge lo ha observado algunas veces á consecuencia de la compresion, sobre todo por la mañana, y á mí me ha sucedido tambien frecuentemente verla luminosa en el campo visual negro, cuando despues de haber subido una escalera, me hallaba en un paso enteramente oscuro, ó cuando sumergia repentinamente la cabeza en el agua. El fenómeno de la luz es producido evidentemente por la presion que los vasos llenos de sangre ejercen sobre la retina.

C. *Aparicion luminosa del pulso.*

Cuando la sangre se dirige á la cabeza, se percibe muchas veces un cambio isócrono en el pulso en la claridad del campo visual, un saltito pulsativo en este campo. Este fenómeno es muy fácil de observar. En ocasiones he observado una cosa análoga, pero era un cambio del campo visual isócrono á la respiracion y á lo que se llama el movimiento del cerebro, ó la aparicion rítmica de una manchita brillante en medio del campo visual en la oscuridad; no es posible producir este último fenómeno á voluntad, y rara vez se presenta en mí.

D. *Movimiento visible de la sangre.*

En muchas ocasiones se ve tambien una expresion general del movimiento de la sangre; lo cual sucede particularmente cuando se contemplan superficies bien iluminadas, pero no tanto que deslumbren, por ejemplo cuando se mira al cielo ó cuando se ha tenido por mucho tiempo fija la vista sobre papel blanco ó sobre nieve sin apartarle de dicho objeto. El fenómeno consiste en una escena de confusion, un entrecruzamiento, un saltito de puntos ó un movimiento irregular como el de un vapor; es tan vago dicho movimiento que no se puede indicar su direccion; pero proviene evidentemente del movimiento de la sangre.

Igualmente debemos referir aquí el fenómeno mucho mas marcado que se percibe á veces en el caso de congestion de sangre hácia la cabeza, ó de plétora cuando despues de haberse uno bajado se endereza repentinamente: se ven una multitud de cuerpecitos negros que saltan y corren en todas direcciones. El hornigueo es un fenómeno análogo en los nervios del sentimiento.

E. Aparicion de círculos luminosos en el campo visual oscuro cuando se vuelven repentinamente los ojos hácia un lado.

Este fenómeno se verifica siempre que se vuelven bruscamente los ojos á un lado en la oscuridad. La afeccion debe tener un asiento en puntos diferentes de las dos retinas, porque no aparece dicho fenómeno en el mismo sitio, y se le ve doble.

F. Figuras eléctricas en el ojo.

Estas figuras han sido estudiadas por Ritter, Purkinge, y Hjort. Cuando el ojo se queda comprendido en una corriente galvánica estando aplicados los dos polos á las dos conjuntivas, se percibe una especie de relámpago siempre que se cierra ó se abre la cadena. Tambien sobreviene este fenómeno cuando el ojo no está colocado en la corriente directamente, entre los dos polos, por ejemplo cuando estos tocan al párpado inferior y á la membrana mucosa bucal. Un simple par de discos de cobre y zinc es ya suficiente para provocarle en un sitio oscuro; pero es mas vivo cuando se emplea una pila pequeña, en cuyo caso, segun los esperimentos de Purkinge se percibe en el polo zinc una especie de vapor amarillento, y en el polo cobre un tinte violado claro. Reuniendo las condiciones que este último autor asigna, se producen tambien en el campo visual fenómenos locales particulares correspondientes á la entrada del nervio óptico y al punto central de la retina.

G. Aparicion espontánea de luz en el campo visual oscuro.

Si se observa el campo visual de los ojos teniéndolos cerrados, sucede algunas veces no solamente que se percibe en el cierto grado de claridad sino que tambien se

descubre un resplandor más marcado afectando en ciertos casos la forma de olas circulares, que se desarrollan del centro á la periferia y desaparecen. A veces el resplandor se parece á una niebla, ó manchas, y es raro que se reproduzca en mí con cierto ritmo. A esta aparicion espontánea de luz en el ojo, que es siempre muy vaga, se refieren las formas mejor dibujadas que se presentan en el momento en que va uno á ceder al sueño, y que depende de que con el auxilio de la imaginacion los resplandores nebulosos se aislan unos de otros revistiendo formas más marcadas.

Un fenómeno opuesto á esto se observa algunas veces en las personas nerviosas, cuando les pasa delante de los ojos una especie de nube ó de humo colorado debido á la latitud pasajera de la retina. Un individuo sano puede provocarle tambien fijando por mucho tiempo la vista en un campo blanco ó colorado.

H. *Resplandor delante de los ojos despues del uso de los narcóticos.*

La digital es la que principalmente determina la manifestacion de este fenómeno, que Parkinge ha hecho objeto de observaciones en sí mismo. Cuando la accion es intensa se producen tambien formas determinadas.

I. *Movimientos aparentes de los objetos cuando el cuerpo ha girado al rededor.*

Ya se ha hecho mencion de este fenómeno. Relativamente á sus causas, que igualmente he indicado, se le debe distinguir de los movimientos aparentes que se notan cuando antes se han observado otros reales, porque estos dependen de la estincion sucesiva de las imágenes consecutivas. El movimiento aparente despues de la accion de dar vueltas al rededor se efectua tambien en el caso en que esta se ha verificado con los ojos cerrados.

J. *Ausencia de la facultad de percibir los colores.*

Hay muchos que por una disposicion innata de su retina distinguen mal los colores. Las numerosas observa-

ciones del joven Seebeck (1) sobre este fenómeno han dado los resultados siguientes. Prescindiendo de los hombres que determinan con dificultad los colores, sin mirar sin embargo como idénticos los que difieren entre sí, hay otros que confunden mas ó menos colores enteramente distintos. Nótese variaciones atendiendo no solamente al grado, sino tambien al modo de la confusion. Por este último aspecto los sujetos á quienes examinó Seebeck formaban dos clases, no tomando en cuenta las diferencias poco importantes.

En los individuos de la primera clase habia diferencias bastante considerables relativamente al grado ó á la confusion que presentaban; pero se notaban pocas con respecto al modo de esta confusion. Los colores que confunden fácilmente entre sí son el naranjado claro y el amarillo puro; el naranjado oscuro, el verde amarillento, ó moreno y el moreno amarillo; el verde claro puro, el gris moreno y el color de carne; el rosa, el verde (mas azulado que amarillento) y el gris; el carmesí, el verde oscuro, y el moreno castaño; el verde azulado y el violado sucio; el lila y el gris azul; el azul celeste, el gris azul y el lila gris. Estas personas son muy poco sensibles á la impresion especifica de todos los colores en general: los que menos perciben es el rojo y el verde complementario, colores que distinguen poco ó nada del gris. Viene en seguida el azul, que con dificultad distinguen del gris. Para el amarillo tienen la mayor parte la sensibilidad mas esquisita; sin embargo, le distinguen mucho menos del blanco que un ojo que reuna todas las condiciones normales.

Respecto de los sujetos de la segunda clase, el amarillo es el que mejor discernen. Distinguen el rojo un poco mejor y el azul peor que los de la primera. Pero son principalmente menos aptos para establecer la distincion entre el rojo y el azul. Los colores que confunden entre sí son: el naranjado claro, el amarillo verdoso, y el amarillo puro; el naranjado vivo, el moreno amarillo y el verde herbáceo; el rojo lactericio, el moreno de color de orin y el verde

(1) POGGENDORF's *Annalen*, t. XLII, 1837, p. 177-234.—
J. BUTLER dans *Edimb. phil. journal*, t. VI, 1822, p. 135-141.
—SZOKALSKI, *Essai sur les sensations des couleurs*, Paris
1841, p. 57.

aceituna oscuro; el rojo de cinabrio y el moreno oscuro; el carmin oscuro y el verde azul negruzco; el color de carne, el moreno gris y el verde azulado; el verde azulado mate y el gris un poco morenusco; el rosa sucio un poco amarillento y el gris puro; el rosa, el lila, el azul celeste, y el gris que tira un poco á lila; el carmesí y el violado; el violado oscuro y el azul oscuro. Lo que los distingue de los individuos de la clase anterior es que tienen una facultad sensitiva mas débil para los rayos menos refringentes.

Hay que escluir de los fenómenos subjetivos de la vision las imágenes de objetos que se encuentran en el interior del mismo ojo, y que hacen sombra sobre la retina, tales son las figuras filiformes ó redondeadas, en las cuales parece estar contenidas series de glóbulos. Estas figuras son movibles; sus partes no conservan la misma situacion unas respecto de otras, y aun cambian de sitio en el campo visual. A beneficio de un movimiento enérgico del ojo se las puede trasportar un poco á un lado ó hácia arriba, pero no tardan en reaparecer, y cuando se las ha hecho subir, vuelven á bajar poco á poco. En ciertos individuos son numerosas en el campo visual, aunque no se perciben claramente sino las que ocupan la parte media. Sucede con frecuencia en las observaciones microscópicas que se colocan delante del objeto que se examinan y contrarian hasta cierto punto las investigaciones: yo suelo desembarazarme de ellas dirigiendo el ojo hácia un lado. Muchos no las conocen, al paso que para otros son un verdadero motivo de tormento. Algunos escritores las designan con el nombre impropio de *moscas volantes*, y las confunden equivocadamente con ciertos fenómenos subjetivos de vision que acompañan á la formacion de la catarata; porque son muy inocentes y no influyen en la bondad de la vista; todavía se ignora si dependen ó no de partículas flotantes en el humor acuoso ó en el cuerpo vítreo.

INDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO QUINTO.

CONTINUACION DEL LIBRO CUARTO.

	pág.
CAPITULO II. De la voz, del órgano vocal y de los otros órganos productores de sonidos en el hombre y los animales.	
<i>Voz humana.</i>	5
<i>Órgano vocal del hombre en general.</i>	6
<i>Hechos relativos al cambio de los sonidos del órgano vocal y á sus causas.</i>	id.
<i>Conclusiones generales.</i>	13
<i>Canto.</i>	42
<i>Estension de la voz.</i>	49
<i>Especies de voz de los diversos individuos.</i>	50
<i>Especies de voz de un mismo individuo; voz de pecho y voz de cabeza.</i>	53
<i>Timbre particular de la voz. Voz gangosa.</i>	54
<i>Fuerza de la voz</i>	59
<i>Aumento y disminucion de la fuerza de los sonidos.</i>	60
<i>Pureza de los sonidos.</i>	61
<i>Perfeccion del instrumento vocal del hombre.</i>	63
<i>Compensacion de las fuerzas físicas en el órgano vocal del hombre.</i>	64
<i>Sonidos bucales producidos por el hombre.</i>	65
<i>Voz de los mamíferos.</i>	104
<i>Voz de los reptiles.</i>	107
<i>Voz de las aves.</i>	108
<i>Órgano vocal de las aves.</i>	111
<i>Teoría de la voz de las aves.</i>	id.
<i>Voz de los peces.</i>	114
CAPITULO III. De la palabra.	126
<i>Sistema de los sonidos mudos de la palabra en voz baja.</i>	127
<i>Vocales mudas.</i>	129
<i>Consonantes mudas y sostenidas.</i>	id.
<i>Consonantes mudas explosivas.</i>	131
<i>Sistema de los sonidos de la palabra en alta voz.</i>	134

<i>Vocales.</i>	135
<i>Consonantes que permanecen mudas en la locucion en alta voz.</i>	136
<i>Consonantes que en la locucion en alta voz pueden pronunciarse mudas, es decir como simple ruido, tan bien como con entonacion de la voz.</i>	<i>ib.</i>
<i>Ventriloquia.</i>	141
<i>Vicios de la locucion.</i>	142
<i>Acento</i>	146

LIBRO QUINTO.

DE LOS SENTIDOS.	148
<i>Nociones preliminares.</i>	<i>ib.</i>
SECCION I. Del sentido de la vista.	183
CAPITULO I. De las condiciones físicas de las imágenes en general.	<i>ib.</i>
I. <i>Especies posibles de aparatos de vision.</i>	<i>ib.</i>
II. <i>Condiciones físicas de la produccion de las imágenes por medios refringentes.</i>	192
III. <i>Condiciones físicas de los colores.</i>	205
A. <i>Colores dióptricos. Teoría newtoniana de los colores.</i>	<i>ib.</i>
B. <i>Colores naturales de los cuerpos. Pigmentos.</i>	215
C. <i>Colores por interferencia de los rayos luminosos.</i>	217
CAPITULO II. Del ojo como aparato de óptica.	221
I. <i>Construccion óptica del ojo.</i>	<i>ib.</i>
A. <i>Ojos simples ó puntos oculares de los vermes y otros animales inferiores.</i>	<i>ib.</i>
B. <i>Ojos compuestos, ó á manera de mosaico, de los insectos y crustáceos.</i>	224
C. <i>Ojos simples de los insectos, arágnides, crustáceos y moluscos con medios dióptricos que reúnen los rayos luminosos.</i>	227
1. ^o <i>Ojos simples que contienen una lente.</i>	<i>ib.</i>
2. ^o <i>Agregacion de ojos simples.</i>	229
D. <i>Ojo del hombre y de los animales vertebrados.</i>	230
1. ^o <i>Contorno del ojo. Párpados.</i>	<i>ib.</i>
2. ^o <i>Túnicas del ojo.</i>	231
3. ^o <i>Partes trasparentes del ojo.</i>	233
4. ^o <i>Nervio óptico y retina.</i>	<i>ib.</i>
II. <i>Teoría de la vision segun la naturaleza de los ojos.</i>	236

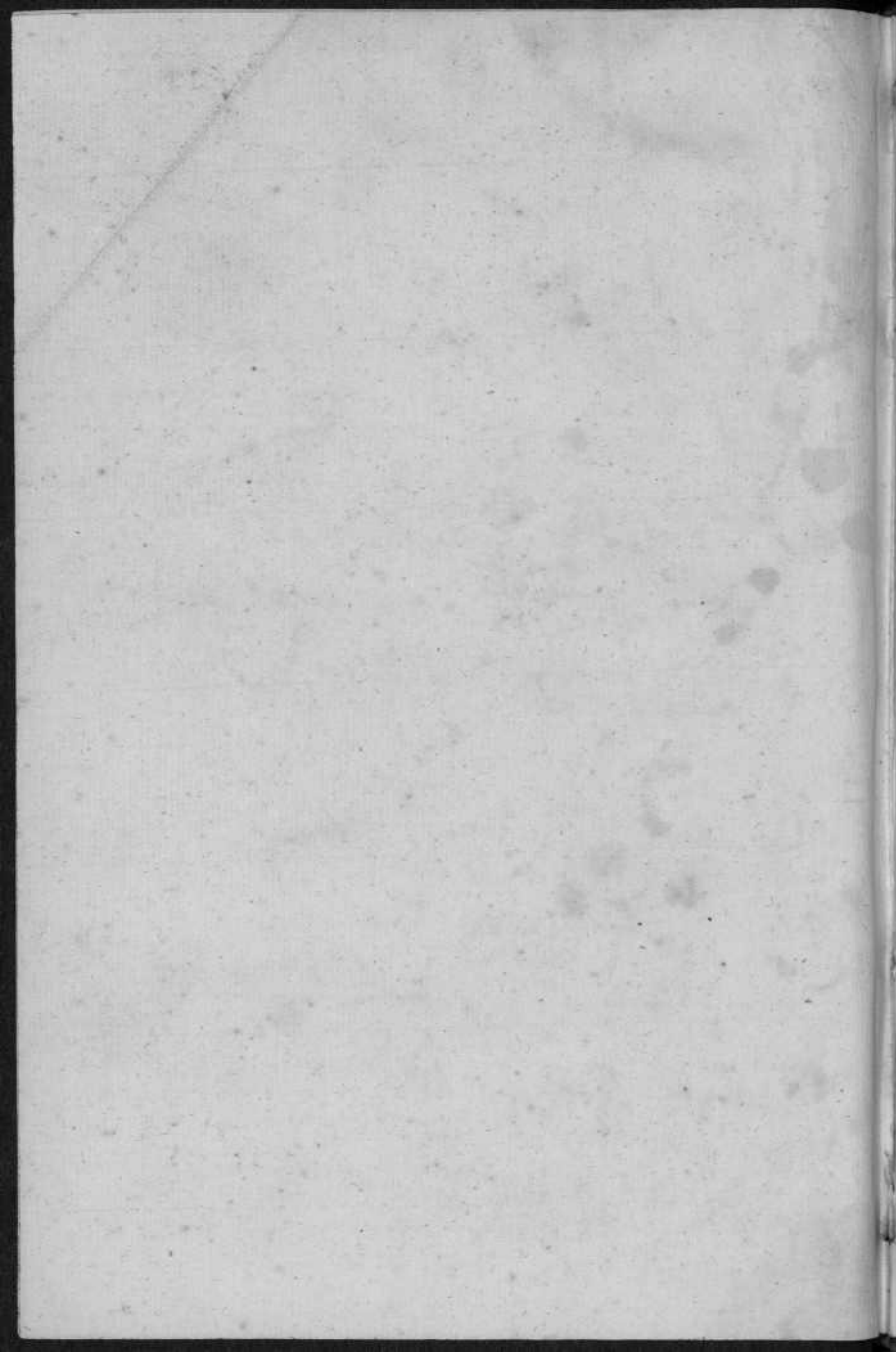
A.	<i>Vision por medio de ojos compuestos y medios dióptricos aislados por el pigmento.</i>	237
1. ^o	<i>Grado de pureza de la imágen.</i>	238
2. ^o	<i>Vision próxima y lejana.</i>	<i>ib.</i>
3. ^o	<i>Estension del cuerpo visual.</i>	239
4. ^o	<i>Angulo óptico.</i>	240
B.	<i>Vision por medio de ojos provistos de aparatos refringentes.</i>	242
III.	<i>Cambios interiores en el ojo para la vision distinta á distancias diferentes.</i>	250
IV.	<i>Miopia y presbicia, medio de remediarlas y lentes.</i>	266
1. ^o	<i>Faltas de claridad de los objetos muy próximos, y efectos de los diafragmas.</i>	<i>ib.</i>
2. ^o	<i>Miopia, presbicia, lentes y optómetros.</i>	270
3. ^o	<i>Cambios del alcance de la vista por las lentes de aumento.</i>	275
V.	<i>Cromasia y acromasia del ojo.</i>	276
1. ^o	<i>Lentes cromáticas.</i>	<i>ib.</i>
2. ^o	<i>Lentes acromáticas.</i>	278
3. ^o	<i>Acromasia del ojo.</i>	279
4. ^o	<i>Cromasia del ojo.</i>	<i>ib.</i>
CAPITULO III. <i>De los efectos de la retina, nervio óptico y sensorio en la vision.</i>		282
I.	<i>Accion de la retina y del sensorio en la vision.</i>	<i>ib.</i>
A.	<i>Accion de la retina y del sensorio.</i>	<i>ib.</i>
B.	<i>Magnitud del campo visual en la representacion.</i>	286
C.	<i>Accion del sentido de la vista interiormente.</i>	290
D.	<i>Imágenes de su propio cuerpo en el campo visual.</i>	291
E.	<i>Vision invertida y recta.</i>	293
F.	<i>Direccion de la vista.</i>	295
G.	<i>Juicio sobre la forma, magnitud, distancia y movimiento de los objetos.</i>	299
II.	<i>Efectos de la atencion en la vision.</i>	302
III.	<i>Efectos consecutivos de las impresiones visuales, ó imágenes consecutivas.</i>	<i>ib.</i>
A.	<i>Imágenes consecutivas incoloras despues de imágenes objetivas incoloras.</i>	304
B.	<i>Imágenes consecutivas coloradas despues de las imágenes objetivas incoloras.</i>	306
C.	<i>Imágenes consecutivas coloradas despues de las imágenes objetivas coloradas.</i>	307

- IV. *Choque entre las diferentes partes de la retina.* 309
- A. *Comunicacion de los estados entre las diversas partes de la retina. Irradiacion.* 7b.
- 1.^o *Desaparicion de los objetos visuales por fuera de la entrada del nervio óptico.* 310
- 2.^o *Desaparicion de los objetos visuales en la entrada misma del nervio óptico.* 7b.
- B. *Escitacion de estados opuestos en partes continuas de la retina.* 311
- 1.^o *Imágenes claras y oscuras que se hacen mas pronunciadas por contraste.* 312
- 2.^o *Colores fisiológicos por contraste.* 7b.
- 3.^o *Sombras coloradas.* 314
- A. *Sombras coloradas objetivas.* 7b.
- B. *Sombras coloradas subjetivas.* 315
- C. *Efecto agradable de los contrastes fisiológicos. Principios fisiológicos de la armonia de los colores. Teoría de Gæthe.* 317
- IV. *Accion simultánea de los dos ojos.* 318
- A. *Vista simple con dos ojos.* 319
- B. *Vista doble con dos ojos.* 330
- C. *Rivalidad entre los campos visuales de los dos ojos.* 335
- V. *Fenómenos subjetivos de la vision.* 338
- A. *Figuras producidas por la presion.* 7b.
- B. *La figura arborizada de que se ha hablado mas arriba parece algunas veces luminosa.* 339
- C. *Aparicion luminosa del pulso.* 7b.
- D. *Movimiento visible de la sangre.* 7b.
- E. *Aparicion de círculos luminosos en el campo visual oscuro cuando se vuelven repentinamente hácia un lado.* 340
- F. *Figuras eléctricas en el ojo.* 7b.
- G. *Aparicion espontánea de luz en el campo visual oscuro.* 7b.
- H. *Resplandor delante de los ojos despues del uso de los narcóticos.* 341
- I. *Movimientos aparentes de los objetos cuando el cuerpo ha girado al rededor.* 7b.
- J. *Ausencia de la facultad de percibir los colores.* 7b.

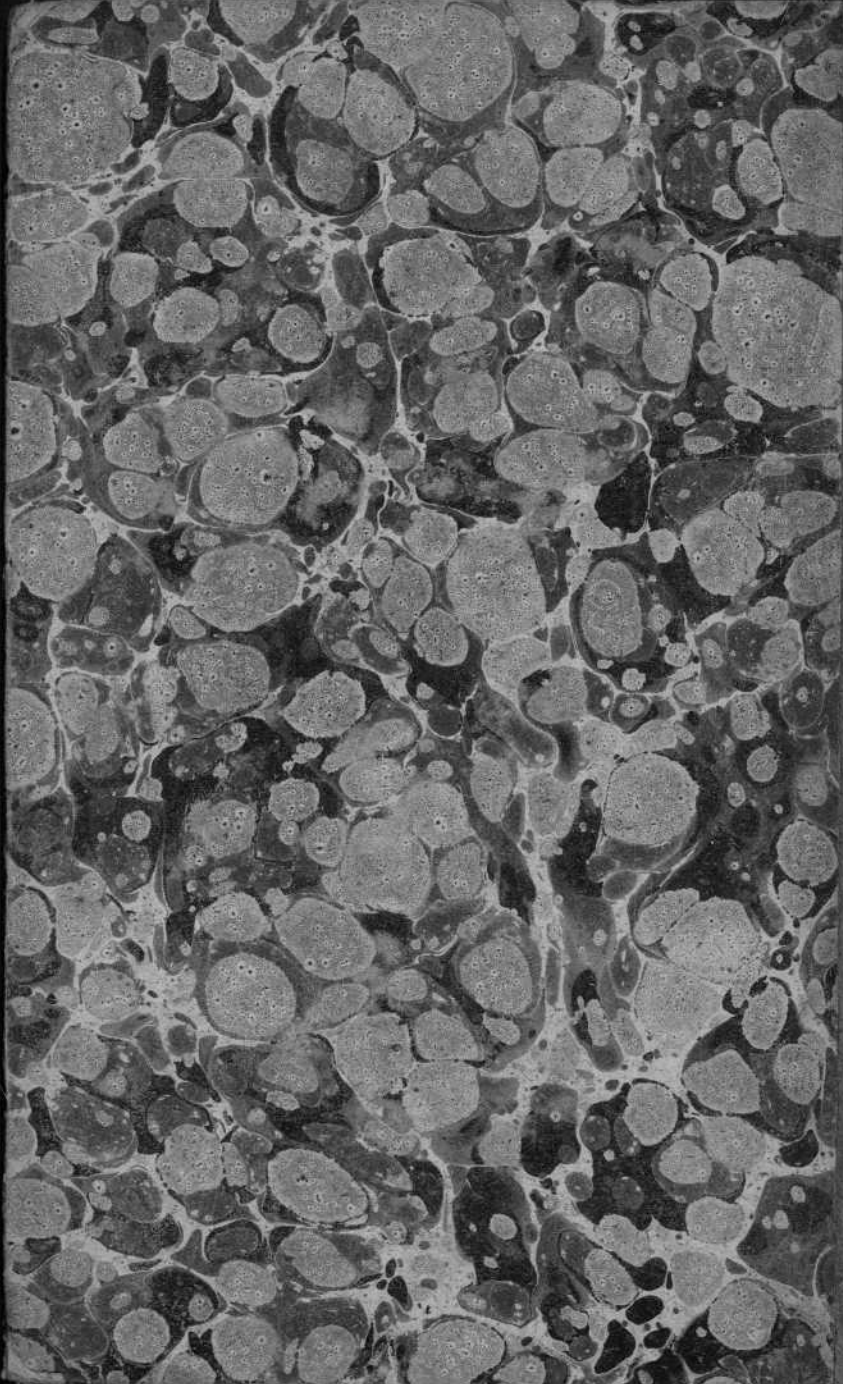
1104
B.

1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200

1000



50-4-24



17



TRATADO
DE
FISIOLOGIA



7.159