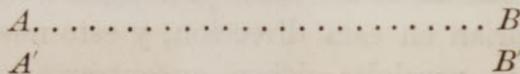


En efecto, la distancia  $AB$  nos parece mayor que la  $A'B'$ , y sin embargo son perfectamente iguales, debiéndose esta ilusión á que la primera distancia está dividida en puntos y en espacios intermedios que no tiene la segunda.



*Ilusiones relativas á la direccion.*—Generalmente apreciamos bien si dos líneas son paralelas; sin embargo, cruzando estas paralelas por medio de otras oblicuas, como

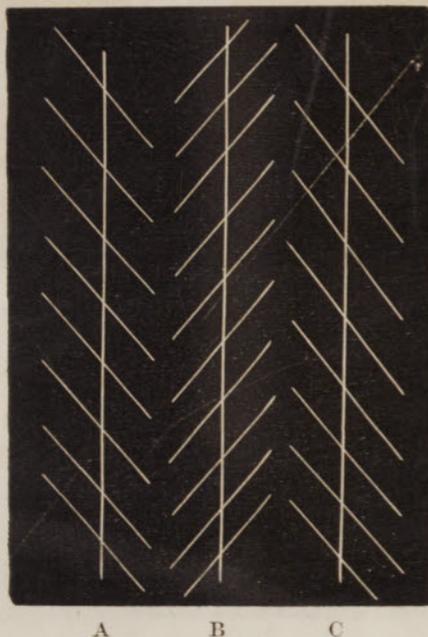


FIGURA 34.

en la fig. 35, ideada por Zollner, dos líneas perfectamente paralelas nos parecerán divergentes entre sí. En efecto, las líneas  $AB$  parecen divergentes hácia abajo, al paso que las  $BC$  parecen divergentes hácia arriba, lo cual di-

mana de un juicio que involuntariamente hacemos, por el cual se establece la suposicion de que si las líneas oblicuas de *A B* se prolongasen hácia abajo, se encontrarían en esta direccion, por cuyo motivo nos parece que las paralelas se han de encontrar hácia arriba: del mismo modo, las líneas oblicuas de *B C*, si se prolongasen superiormente se encontrarían en esta direccion, y esto nos hace suponer que las paralelas deben encontrarse en direccion opuesta. Aquí la ilusion depende, como se ve, de la *opo-*

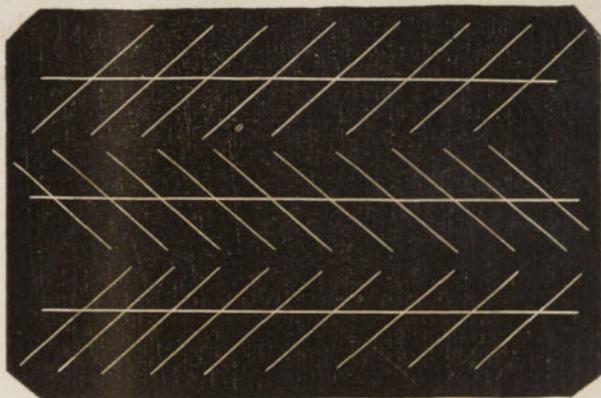


FIGURA 35.

*sicion* entre la convergencia real de las líneas oblicuas y la convergencia aparente de las paralelas. La ilusion se haec todavía más evidente, si, como en la fig. 36, las paralelas están situadas horizontalmente.

## CAPÍTULO V.

### VISION BINOCULAR.

#### § 36

*Vista sencilla ó vista doble en la vision binocular.* — En circunstancias normales empleamos los dos ojos para mirar un objeto cualquiera, y aunque su imagen se pinta en

cada una de las retinas, y se forman de consiguiente dos imágenes separadas, le vemos sencillo y no doble, como parece que debería suceder. Hay algunos casos, sin embargo, en que, mirando un solo objeto, vemos dos, y hay otros en que, mirando dos objetos semejantes, no vemos más que uno. ¿En qué consiste esta diversidad de fenómenos?

Antes de intentar ninguna clase de explicacion, fijemos bien un hecho que puede demostrarse experimentalmente y que contribuye á facilitarla. Cuando el objeto que miramos está colocado en el punto de convergencia de los ejes ópticos, le vemos único : si la direccion de uno de los ejes cambia, comprimiendo, por ejemplo, ligeramente el ángulo externo de uno de los ojos, parece doble, y si miramos dos objetos semejantes, colocados en la direccion de los ejes ópticos y antes ó despues del punto de su convergencia, percibimos un objeto único, y como si estuviera en el indicado punto de convergencia ó de interseccion.

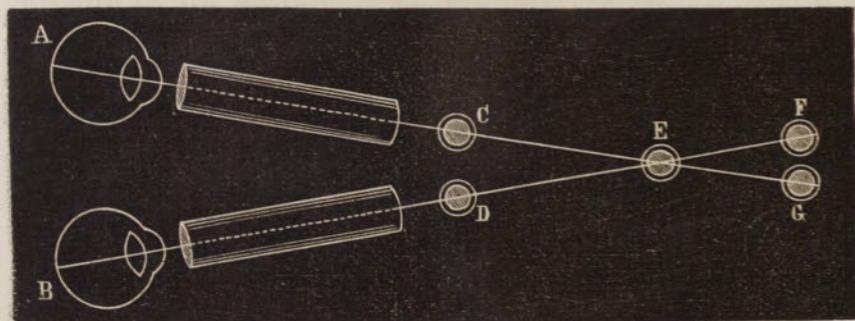


FIGURA 36. — AC y BD, ejes ópticos ; E, punto de convergencia ; CD y FG, objetos colocados en la direccion de los ejes antes y despues de su punto de convergencia.

Dada la existencia de estos hechos, la cuestion que conviene resolver es la siguiente: ¿Por qué vemos único el objeto cuando se halla en el punto de interseccion de los ejes ópticos, y le vemos doble si se cambia la direccion de uno de estos ejes? Y ademas, ¿por qué si los objetos se-

mejantes son dos, y están colocados en la direccion de los indicados ejes, dan lugar á la sensacion de un solo objeto?

Para comprender estos fenómenos con menor dificultad, supongamos que en cada retina hay *puntos idénticos* que se corresponden entre sí, y que estos puntos, por ser idénticos en las dos retinas, es decir, por estar formados de la expansion del mismo conductor nervioso, no transmiten al sensorio más que una sola é igual impresion cuando funcionan á la vez. Admitida esta suposicion, que, segun veremos, está en parte confirmada por los hechos, si nos parece único el objeto cuando se halla en el punto de interseccion de los ejes ópticos, es porque en este caso las imágenes se forman *necesariamente* en puntos de las dos retinas que, por ser idénticos y funcionar á la vez, no transmiten al cerebro más que una sóla impresion. Si el objeto nos parece doble cuando cambia la direccion de uno de los ejes ópticos, como sucede comprimiendo ligeramente el globo del ojo, es porque en este caso las imágenes se forman en puntos de cada retina que, no siendo idénticos, ó que, derivándose cada uno de un conductor nervioso diferente, transmiten al cerebro impresiones separadas. Por último, si dos objetos semejantes dan lugar á una sensacion única cuando se hallan colocados en la direccion de los ejes ópticos, y antes ó despues de su interseccion, es porque, en cualquiera de estos casos, la imagen que el uno forma en la retina derecha y la que el otro forma en la retina izquierda, corresponden *necesariamente* á puntos idénticos en las dos retinas y de consiguiente, porque no transmiten á la vez más que una sóla impresion. Para que éste último fenómeno se observe con mayor facilidad, es preciso colocar delante de los ojos dos cilindros huecos en la posicion indicada en la figura 37.

Esta explicacion puede ser aceptable si se demuestra que en realidad hay en las dos retinas puntos formados por la expansion del mismo conductor nervioso, es decir,

puntos idénticos, y que hay á la vez puntos desemejantes ó formados por la expansion de conductores nerviosos diferentes. Ahora bien; esta demostracion tiene en su apoyo, hasta donde la ciencia lo permite, datos anatómicos, fisiológicos y patológicos.

La anatomía nos da á conocer que los nervios ópticos, derecho é izquierdo, se entrecruzan en parte en el quiasma antes de penetrar en el ojo, y de este entrecruzamiento resulta que el nervio óptico derecho forma la porcion externa de la retina derecha y la interna de la izquierda; á su vez, el nervio óptico izquierdo forma la porcion externa de la retina izquierda y la interna de la derecha, de manera que este solo hecho, aun sin estar terminantemente confirmado, porque el microscopio no puede seguir cada una de las fibras nerviosas desde la retina hasta el cerebro,

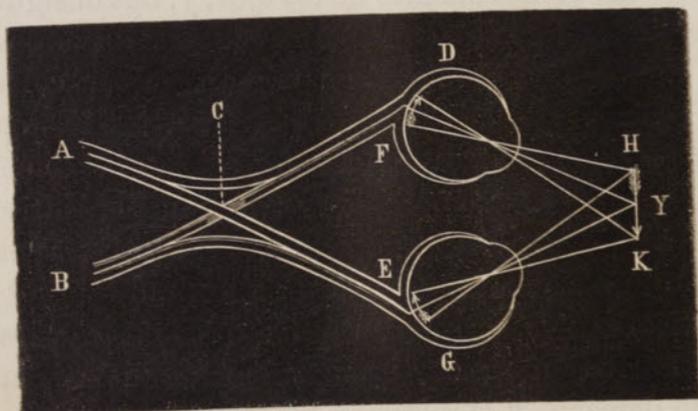
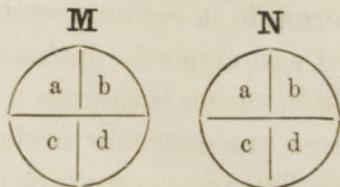


FIGURA 37. — AB, nervios ópticos; C, entrecruzamiento parcial de los mismos en el quiasma; DE, porciones de las dos retinas formadas por el nervio óptico izquierdo; FG, porciones formadas por el nervio óptico derecho; HYK, diferentes partes de un objeto cuyas imágenes se forman sobre sus ejes ópticos en puntos idénticos de la retina, dando lugar á una sensación única.

permite asegurar, con grandes probabilidades de acierto, que hay en cada retina puntos idénticos, ó formados por la expansion del mismo nervio optico, y puntos desemejantes, ó formados los unos por el nervio óptico derecho y los otros por el izquierdo.

Para comprender mejor la colocacion de los puntos

idénticos en las dos retinas, y la causa de que las imágenes se dibujen necesariamente en los mismos, cuando el objeto se halla en la interseccion de los ejes ópticos, basta observar que la mitad derecha de una retina y la mitad derecha de la otra, están formadas por la expansion del mismo conductor nervioso, de lo cual resulta que los puntos idénticos de estas dos mitades se corresponden entre sí, al igual que la mitad izquierda de la una con relacion á la mitad izquierda de la otra. Por lo mismo, suponiendo que los círculos M N representen la proyeccion de las dos retinas y que las consideremos divididas en cuatro partes iguales, sus puntos idénticos corresponderán á los que están señalados con las mismas letras. Ahora, como el movimiento de los ojos, y, de consiguiente, la direccion de los ejes oculares cambia segun la posicion de los objetos que miramos, cuando éstos están colocados en el horizonte visual á nuestra *derecha*, los ejes ópticos derecho é izquierdo corresponden al lado *izquierdo* de cada una de las retinas, y, por lo tanto, á puntos idénticos de las mismas, con tal que el objeto que fija nuestra vista se halle en el punto de convergencia de los indicados ejes ópticos. Si los objetos se hallan á nuestra *izquierda*, los ejes ópticos corresponden por igual razon á puntos idénticos del lado derecho, y si miramos hácia abajo ó hácia arriba, los puntos idénticos son igualmente simétricos arriba y abajo en cada una de las indicadas retinas. Partiendo de estos principios, se llama *horóptero* al conjunto de puntos del espacio que se ven únicos ó sencillos en cada posicion determinada de los ojos.



La doctrina de los puntos idénticos se halla confirmada, segun hemos dicho, por algunos hechos fisiológicos. En efecto, dos colores complementarios producen la impresion del color blanco, cuando, dirigido cada uno de ellos á

una retina diferente, corresponden á puntos idénticos de las mismas. Comprimiendo el lado derecho de ambos ojos, la compresion obra sobre puntos idénticos de las retinas y la imagen subjetiva que en este caso se produce es única; comprimiendo el lado derecho del uno y el izquierdo del otro, son dos las imágenes subjetivas que se perciben, porque el estímulo dirige su accion en este caso á puntos desemejantes de las dos retinas.

Hay, por último, afecciones de la vista, que confirman en parte la doctrina que sostenemos. Cuando no se puede ver sino la mitad derecha ó la mitad izquierda de los objetos, enfermedad que se conoce con el nombre de *hemioptía* ó *amaurosis dimidiata*, todo parece indicar que las partes paralizadas corresponden á segmentos de un mismo nervio óptico. Los sujetos atacados de *estrabismo* ven los objetos dobles, si emplean los dos ojos á la vez, porque como no pueden dirigirlos de manera que los ejes ópticos converjan hácia el punto que se mira, se pintan las imágenes en puntos desemejantes de la retina. Lo mismo sucede á los que tienen imperfecta la vista á causa del alcance desigual de cada uno de los ojos, por cuyo motivo tambien emplean instintivamente uno solo para evitar la duplicidad de las imágenes.

Llámase *campo visual binocular*, aquel en que los objetos son percibidos á la vez por ambos ojos, mediante una construccion análoga á la descrita en el estudio del campo visual monocular. En dicha construccion, verificada para los dos ojos, las partes internas de ambos campos se sobreponen, viniendo á constituir estas partes sobrepuestas el referido campo visual binocular.

### § 37.

*Del estereóscopo y del relieve con que vemos los objetos.* — Este instrumento, cuya construccion es de todos conocida,

suministra nuevos datos en apoyo de la opinion que acabamos de sostener. Si se colocan en este aparato dos figuras fotográficas *exactamente iguales*, y damos á los ojos la inclinacion conveniente para verlas con claridad, ó, lo que es lo mismo, si procuramos que se encuentren en la direccion de los ejes ópticos que convergen hácia ellas, cuando esto se consigue, percibimos una sola figura, porque las imágenes se forman en puntos idénticos de las dos retinas. Si las figuras colocadas en el aparato no son *iguales*, sino *semejantes* — ya diremos despues en qué ha de consistir esta semejanza — no sólo vemos una figura única, sino que la vemos de bulto, con relieve, como si fuera un cuerpo sólido.

Este fenómeno singular da origen á dos cuestiones de muy difícil resolucion. No siendo las figuras completamente iguales, sus imágenes no pueden formarse en cada retina en puntos exactamente idénticos, y en este caso, ¿cómo es que vemos un solo objeto? y ademas, ¿por qué nos produce la misma impresion que si fuera un cuerpo sólido?

Antes de intentar la resolucion de estas dificultades conviene recordar lo que nos sucede cuando miramos con la vista natural, es decir, sin estereóscopo, un objeto cualquiera, como, por ejemplo, el pedestal de una columna. Este cuerpo es un agregado ó un conjunto de partes diferentes que no están todas á la misma distancia ni en la misma posicion con respecto á cada uno de nuestro ojos. De aquí resulta que algunas de las porciones correspondientes al lado derecho del indicado pedestal las vemos mirando con el ojo derecho solamente, pero no las vemos si miramos sólo con el izquierdo, y á la inversa, distinguimos algunas de las partes de su lado izquierdo si empleamos el ojo izquierdo, pero no las podemos ver sirviéndonos sólo del derecho. Esto demuestra que la imagen que se forma en una de las retinas no es exactamente igual á la

que se forma en la otra; las dos imágenes tienen partes comunes y completamente idénticas; pero la del lado derecho tiene además *algo* que no está en la del lado izquierdo, y á su vez la de este lado contiene *algo* que no está en la del derecho. A pesar de esta diferencia de imágenes, el pedestal no le vemos doble, porque lo que tienen de comun corresponde á puntos idénticos en las dos retinas, produciendo una sensacion única, y lo que tienen diferente afecta sólo á una de las retinas y no á la otra, y de consiguiente cada una de ellas da lugar á una sensacion tambien única. En resumen, el cuerpo sólido que miramos puede considerarse como dividido en tres partes distintas: la una la vemos con el ojo derecho *únicamente*, porque su imagen no se forma más que en la retina derecha; la otra la vemos *únicamente* con el ojo izquierdo, porque su imagen no se forma más que en la retina izquierda, y la otra, en fin, la vemos con los dos ojos á la vez, pero la impresion que percibimos es *única* tambien, porque su imagen corresponde á puntos idénticos de las dos retinas; y como cada una de las partes constitutivas del objeto la vemos sencilla, la totalidad del mismo objeto no podemos verla doble.

Examinando ahora lo que sucede con respecto á la nocion del relieve, podemos convencernos fácilmente de que si apreciamos por medio de la vista el espesor de los cuerpos ó su tercera dimension, es sólo, segun deciamos, como resultado de un juicio, de una comparacion entre dos ó más impresiones. La experiencia, desde niños, nos ha enseñado que cuando las diferentes partes de un objeto se dibujan en la retina con distintas gradaciones de luz, es porque corresponden á distintos planos del mismo objeto, es decir, porque además de longitud y latitud tiene profundidad; de consiguiente, cuando por un artificio cualquiera, la pintura, por ejemplo, se consigue que las imágenes se pinten en la retina con el mismo tono, con el

mismo claro y oscuro, con la misma distribucion de sombras que ocasionan los cuerpos sólidos, recibimos una impresion igual á la que éstos nos producen, y, por lo tanto, nace en nosotros la idea de solidez. Las sombras, en especial, tienen una importancia considerable, pues sabemos que todo cuerpo iluminado proyecta una sombra en direccion *opuesta* á la del foco luminoso. Todo esto demuestra, que para la percepcion del relieve no es indispensable que se pongan en juego los dos ojos, como se ha sostenido por algunos; lo que sí sucede es, que en la vision binocular, ademas de apreciar la *solidez* por el distinto modo de estar iluminadas las superficies, la apreciamos tambien, porque la imagen dibujada en uno de los ojos difiere de la que se pinta en el otra, segun hemos demostrado anteriormente, y el conjunto de estas dos sensaciones nos da las del relieve, porque la experiencia, favorecida por el tacto, nos ha enseñado que los sólidos, los cuerpos de bulto, son los únicos que impresionan la retina de este modo.

Haciendo aplicacion de estos principios al estereóscopo, es fácil comprender que si una de las figuras puestas en el fondo de este aparato representa el pedestal de que antes hemos hablado, tal como le veríamos con el ojo derecho, y la otra tal como le veríamos con el izquierdo, suponiéndole siempre colocado en el punto de interseccion de los ejes ópticos, esto es, si hacemos por medio de este ingenioso mecanismo que en cada una de nuestras retinas se dibuje una imagen *exactamente igual* á la que se dibujaría si mirásemos el pedestal con los dos ojos á la vez, veremos necesariamente, al mirar con el estereóscopo, las figuras que lo representan, lo mismo *exactamente* que cuando miramos el indicado objeto con la vista natural, es decir, veremos un objeto único y le veremos de bulto, con relieve. Las figuras que representan el pedestal dan lugar á una sensacion única, porque de las tres partes en que podemos

suponerlas divididas, la una la vemos con el ojo derecho solamente, la otra sólo con el izquierdo y la otra con los dos á la vez, pero por puntos idénticos en las dos retinas. Dan lugar, ademas, á que el objeto lo veamos de bulto, porque las imágenes que se pintan en el fondo del ojo, exactamente iguales á las que se producen cuando miramos el pedestal con la vista natural, tienen la misma distribucion de luz, y porque, diferenciándose la imagen percibida en cada ojo de la que se pinta en el opuesto, y siendo el conjunto de estas dos sensaciones lo que más directamente nos da la del relieve, se reunen todas las circunstancias necesarias para producir una ilusion completa.

La exactitud de nuestras apreciaciones con respecto á este punto puede quedar demostrada con el aparato de M. Wheatstone, llamado *pseudóscopo*, compuesto de unos prismas en virtud de cuya accion la parte de la imagen que en la vista natural correspondería á la parte izquierda de la retina queda dibujada á la derecha; y como al cambiar la posicion de la imagen se cambia tambien la distribucion de la luz, los objetos de relieve parecen huecos y los huecos de relieve.

### § 38.

*Apreciacion del estado de reposo ó de movimiento de los cuerpos.* — El órgano de la vista no puede darnos de una manera directa la nocion del estado de reposo ó de movimiento de los cuerpos; pero nos suministra algunos datos con los que podemos apreciarlo. En primer lugar, deducimos el movimiento de un objeto por el cambio de sitio que su imagen sufre en la retina; en segundo, por el mayor ó menor tamaño de esta imagen, aunque no varíe de lugar, y en tercero, por la direccion que imprimimos á los globos oculares; á fin de que la pupila pueda seguir al objeto en sus variadas situaciones.

Cada uno de estos datos por sí solo puede ser causa de gravísimos errores, y aun sirviéndonos de todos reunidos no siempre evitamos las ilusiones ópticas en que es fácil incurrir.

Es indudable que, en la mayoría de los casos, el cambio de sitio que la imagen experimenta en la retina se debe á las variaciones de lugar del objeto que la produce; pero hay que tener en cuenta : primero, que aunque el objeto esté en reposo, puede dibujarse su imagen en diferentes puntos de la retina si se mueve el observador; y como á veces no tiene completa conciencia de este movimiento, si, por ejemplo, se halla embarcado ó viaja en ferrocarril, no puede apreciar tampoco si es él ó si son los objetos que están á su inmediacion los que se mueven; segundo, que cuando un cuerpo se acerca ó se aleja, siguiendo siempre la direccion del eje óptico, la imagen no cambia de lugar en el fondo del ojo, y, de consiguiente, que por sólo este dato no es posible conocer el movimiento, y tercero, que cuando los objetos se hallan á gran distancia de nosotros pueden moverse sin producir variaciones apreciables en la imagen, y por lo mismo sin que podamos distinguir sus movimientos.

Tambien es indudable que la imagen aumenta de volumen á medida que los objetos se aproximan, y disminuye á medida que se alejan; pero como no siempre son perceptibles estas variaciones, sobre todo si los objetos están muy lejos, y como el diferente tamaño de éstos influye en el de la imagen aun más que las distancias, no podemos tampoco apreciar con exactitud por este medio el reposo ó el movimiento de los cuerpos.

Es cierto, por último, que hacemos entrar en contraction los músculos del ojo para que la pupila pueda seguir la marcha de los cuerpos que se mueven; pero la posicion del globo ocular no cambia cuando el movimiento se efectúa en una misma direccion ó á distancias muy considera-

bles de nosotros, y no es de extrañar, por lo mismo, que en ninguno de estos casos tengamos seguridad en nuestras apreciaciones. Cuando distinguimos en alta mar un buque con las velas desplegadas, tenemos la conviccion de que se mueve ; pero ni por el sitio de la retina en que se forma la imagen, ni por su mayor ó menor tamaño ni por las contracciones de los músculos oculares podemos apreciar su movimiento.

### § 39.

*Estimacion del tamaño y de la distancia de los cuerpos.*— Formamos juicio de la magnitud de los objetos por la de la imagen que se pinta en la retina ; pero como el tamaño de esta imagen no sólo depende del tamaño de los objetos, sino de la distancia á que se hallan colocados, porque el ángulo visual, ó sea el formado en el centro óptico del ojo por los rayos que proceden de las extremidades del objeto, es tanto menor cuanto mayor es esta distancia, de ahí el que sólo podamos apreciar con alguna exactitud el grandor de los cuerpos conociendo antes el espacio que de nosotros les separa, y el que sólo podamos calcular si este espacio es grande ó pequeño conociendo tambien el tamaño de los mismos. Un objeto de volumen determinado nos parece tanto más cercano cuanto mayor es el tamaño de la imagen, cuanto mayor es el esfuerzo de acomodacion del ojo que tenemos que efectuar, y cuanta mayor convergencia es preciso dar á los ejes ópticos.

De todos modos, los medios de que podemos disponer para apreciar la distancia y la magnitud de los objetos lo mismo que su estado de reposo ó movimiento, aunque inexactos é ineficaces en gran número de ocasiones, alcanzan á veces con la educacion ó la costumbre una precision y delicadeza que sorprenden. El marino, al divisar una vela en el horizonte y cuando apenas se distingue

medio oculta por la bruma, conoce si es de bergantín ó de fragata, si el buque es de guerra ó mercante, y hasta señala su capacidad, su procedencia y su nombre. Hay también organizaciones privilegiadas para las que es fácil todo lo referente á la vista, al menos con relacion á las demas. Humboldt cita un sastre de Breslau, llamado Schœn, que con la vista natural distinguía los satélites de Júpiter.

§ 40.

*Movimiento del ojo.* — Los diferentes movimientos que los globos oculares tienen precision de efectuar para acomodarse á las exigencias de la vision en las variadas circunstancias que acabamos de estudiar, se verifican por medio de seis músculos, en virtud de cuya accion se dirigen hácia arriba y hácia abajo, hácia dentro y hácia fuera, y giran además sobre su eje antero-posterior.

Estos tres órdenes de movimiento, aunque independientes entre sí, se combinan de diferentes maneras, dando al ojo dentro de su órbita tan extraordinaria movilidad, favorecida además por la de la cabeza, que la vista puede fijar los objetos en casi todas las direcciones del espacio, ó, lo que es igual, puede colocarse en relacion á ellos de tal modo, que la imagen caiga sobre la *fovea centralis* de la retina. Suponiendo en el ojo tres ejes ficticios, uno horizontal, otro vertical y otro antero-posterior, los músculos recto superior y recto inferior son los encargados de moverle alrededor de su eje horizontal, es decir, de dirigirlo hácia arriba y hácia abajo; los músculos recto externo y recto interno le mueven alrededor de su eje vertical, es decir, le inclinan hácia fuera y hácia dentro, y los músculos oblicuos mayor y menor le mueven alrededor del eje antero-posterior, resultando de la accion combinada de todos estos músculos, pues desempeñan diferentes usos á la vez, esos movimientos cuya prodigiosa va-

riedad hace de los ojos, lo mismo que de los párpados que tambien los siguen si se bajan ó se elevan, la parte más expresiva de la fisonomía.

#### § 41.

*Centro de rotacion del ojo.* — El punto en que se encuentra este centro en el ojo emétrope, es á 1mm,5 detras del centro óptico del ojo.

Como resultado de las contracciones de los músculos del ojo, se obtienen las llamadas *posiciones del globo ocular*: éstas son de tres diferentes géneros, á saber: *primaria, secundaria y terciaria*.

En la *posicion primaria*, la cabeza está recta, la línea de mira dirigida hácia el horizonte, los ejes ópticos casi paralelos: el ojo está en completo reposo. En esta posicion, el ojo puede afectar dos estados: 1.º *estado estático*, en el cual la mirada está dirigida al infinito, no existiendo fijacion ninguna; 2.º *estado dinámico*, en el que la mirada es fija hácia un objeto determinado, existiendo una contraccion simultánea de los músculos del ojo.

En la *posicion secundaria*, el ojo se mueve alrededor del diámetro transversal ó del vertical, produciéndose este movimiento por la contraccion predominante ó aislada de un músculo recto. El ojo en esta posicion, verifica los siguientes movimientos: *elevacion, descenso, aduccion y abduccion*. La *elevacion* está determinada por el movimiento del ojo alrededor del diámetro transversal, la *elevacion oblicua* se obtiene cuando se contrae el músculo recto superior; la *directa*, cuando se verifica una contraccion combinada del recto superior y del oblicuo menor. El *descenso oblicuo* se produce al contraerse el músculo recto inferior; el *descenso directo*, cuando existe una contraccion combinada del recto inferior y del oblicuo mayor.

Así como la elevacion y el descenso se verifican por el

movimiento verificado alrededor del *diámetro transversal*, la aduccion y la abduccion tienen lugar por los movimientos alrededor del *diámetro vertical*. Prodúcese la *aducción* por la contraccion del músculo recto interno, auxiliado por el recto superior y el recto inferior en sus partes internas respectivas. La *abduccion*, al contrario, se origina por la contraccion del músculo recto externo.

En las *posiciones terciarias*, el globo del ojo verifica un *movimiento de rueda*. Cada movimiento terciario se descompone en tres distintos movimientos: uno de rueda, alrededor de la línea de mira; un desplazamiento vertical y un desplazamiento lateral.

#### § 42.

*Nervios especiales del sentido de la vista.* — Los nervios ópticos son los encargados de transmitir al cerebro las impresiones producidas en la retina por la luz, de modo que si se cortan, ligan ó destruyen, se produce inmediatamente la ceguera. A pesar de la exquisita sensibilidad de estos nervios en cuanto se refiere á las vibraciones del éter, no sienten, como ya sabemos, las excitaciones producidas por los demas agentes físicos ó químicos, y ni su destruccion ocasiona dolor, ni las impresiones mecánicas dan lugar á otra cosa que á la sensacion de imágenes luminosas.

La sensibilidad general de las diferentes partes del ojo se debe á la influencia del quinto par de nervios cerebrales, y como cuando se pierde esta sensibilidad, se pierden tambien las condiciones físicas que el aparato ocular necesita para desempeñar sus funciones, la destruccion ó ligadura del trigémino va siempre acompañada de trastornos más ó menos considerables en la vision y de la pérdida completa de la vista.

---

## SECCION SEGUNDA.

### SENTIDO DEL OIDO.

---

### CAPÍTULO PRIMERO.

#### De los sonidos.

#### § 43.

Llamamos *sonido* á la impresion producida en el aparato auditivo por el movimiento vibratorio de los cuerpos.

Las vibraciones sonoras transmitidas por la atmósfera adquieren á veces bastante intensidad para producir en la piel una conmocion parecida á la del choque, pero únicamente cuando impresionan los nervios auditivos es cuando se adquiere la nocion de los sonidos. Bajo este punto de vista, así como para el ciego no hay luz, porque no percibe los efectos que las vibraciones del eter producen en la retina, así, para el sordo no hay sonidos, porque no hay tampoco percepcion de los efectos que, en el estado fisiológico, producen las ondas sonoras en los nervios de la audicion.

Para comprender el mecanismo de esta nueva clase de sensaciones es preciso conocer antes el modo de propagarse las ondas sonoras en los diferentes cuerpos á que pueden transmitirse, pues sólo así es posible formarse idea de las modificaciones que deben experimentar y de

los efectos que deben producir en su marcha desde el pabellon de la oreja y conducto auditivo externo hasta el oido interno ó laberinto.

Todos los cuerpos elásticos entran en vibracion cuando, comprimiéndolos ó dilatándolos, se altera su forma primitiva por el desarreglo introducido en la situacion de sus moléculas, y de consiguiente todos pueden producir ruidos ó sonidos.

Los cuerpos elásticos que entran en vibracion, transmiten su movimiento á los cuerpos inmediatos, obligándolos, por decirlo así, á vibrar con ellos, y á transmitir las ondas sonoras de los unos á los otros. La propagacion de estas ondas se efectúa tanto por los cuerpos sólidos como por los líquidos y aeriformes.

Cuando las vibraciones de un cuerpo sonoro son isócronas, y, por consiguiente, comparables, dan lugar á lo que se llama sonido musical : cuando falta el isocronismo, sólo producen lo que se designa con el nombre de ruido. Por lo demas, cualquiera que sea la diferencia que para el oido exista entre los ruidos y sonidos, como su origen es el mismo é iguales los medios de propagacion, pueden estudiarse sin graves inconvenientes con el nombre genérico de sonidos.

En el sonido se distinguen cuatro propiedades fundamentales : la duracion, el tono, la intensidad y el timbre. La duracion del sonido es tanto mayor cuanto más se prolonga el movimiento vibratorio de los cuerpos. El tono depende del número de vibraciones que verifican en un tiempo dado, siendo tanto más agudo cuanto mayor es el número de estas vibraciones en la unidad de tiempo, y tanto más grave cuanto menor es el número de las mismas. La intensidad consiste en la amplitud de las vibraciones sonoras ; así observamos que separando de su posicion de equilibrio una cuerda de guitarra, produce un sonido tanto más intenso cuanto mayor sea la separacion, y

que si ésta es muy pequeña, da un sonido tan débil, que sólo se oye á muy corta distancia.

El timbre depende, segun los interesantes experimentos de M. Helmholtz, de dos circunstancias diferentes: esto es, del número de sonidos armónicos que se producen al mismo tiempo que el sonido fundamental y de la intensidad relativa de estos sonidos.

No todos los cuerpos propagan el sonido con la misma velocidad: los sólidos lo transmiten más rápidamente que los líquidos, y éstos más que los gaseosos. En la atmósfera, á la temperatura de  $16^{\circ}$ , recorre 340 metros por segundo, y 333 á la de  $0^{\circ}$ , así en la direccion vertical como en la horizontal ó en la oblicua, y lo mismo cuando la presión atmosférica aumenta que cuando disminuye, sin que influya en su marcha más que el viento, cuya direccion, segun los casos, puede favorecerla ó retardarla. La velocidad con que el sonido camina en el agua es próximamente de 1.400 metros por segundo, y de 3.000 en los cuerpos sólidos. Todos los sonidos, débiles ó intensos, graves ó agudos, se propagan con la misma velocidad.

El sonido se debilita á medida que aumenta el espacio recorrido, y la observacion ha demostrado que *su intensidad se halla en razon inversa del cuadrado de la distancia*. Como el sonido no puede propagarse en el vacío, su intensidad disminuye tambien cuando el aire está muy enrarecido, pareciendo más débil por esta causa la detonacion de una pistola en los sitios elevados que en las capas inferiores de la atmósfera.

Las ondulaciones sonoras no comunican á las capas de aire movimientos progresivos, sino solamente de condensacion y de dilatacion sucesiva. El cuerpo sonoro, ó sea el centro de conmocion, condensa la capa de aire que le rodea: esta primera capa tiende á recuperar su primitivo estado, y para conseguirlo comprime y condensa la segunda, de modo que cuando ésta se halla condensada está

ya dilatada la primera. A su vez la segunda capa causa un efecto igual sobre la tercera, y así sucesivamente las demas, dando lugar á que las ondas esféricas que producen estas condensaciones y dilataciones alternadas aumenten de radio, al paso que disminuyen sensiblemente de energía ó intensidad.

Las vibraciones se producen tambien en los demas cuerpos por medio de condensaciones y dilataciones sucesivas, cuya amplitud depende, siendo iguales todas las demas circunstancias, de la elasticidad respectiva de los mismos. Los puntos del cuerpo vibrante que permanecen en reposo mientras se agitan los demas, se llaman *nodos ó puntos nodales*, y las partes que vibran, comprendidas entre estos nodos, *vientres de vibracion*.

Las vibraciones de los cuerpos sólidos se transmiten fácilmente á otros sólidos ; con menor facilidad al agua y á los líquidos, y más difícilmente aún al aire atmosférico. Las vibraciones del aire se comunican muy mal al agua y á los líquidos, á no ser por el intermedio de una membrana más ó menos tensa. Las vibraciones de los líquidos se propagan fácilmente á los sólidos que están en ellos sumergidos.

Si las ondas sonoras transmitidas por el aire encuentran un obstáculo á su propagacion, por ejemplo, una pared, retroceden ó se reflejan, siguiendo las leyes de la reflexion de la luz, es decir, formando el ángulo de reflexion igual al de incidencia. Si la superficie reflectora tiene la forma de un elipsoide de revolucion, los rayos sonoros que parten de uno de los focos se reunen en el otro, de modo que dos personas situadas en los mismos pueden seguir una conversacion sin que se les oiga desde los demas puntos intermedios.

Los ecos y las resonancias son una consecuencia del mismo principio. Al ser reflejados los rayos sonoros, emplean cierto tiempo en volver al punto de partida, y si el

sujeto se halla en éste ó en otro sitio que esté próximo, oye el sonido reflejado despues de haber oido el primitivo, á cuyo fenómeno se llama *eco*. Si la distancia al plano reflector es más corta, pueden tardar los rayos sonoros tan poco tiempo en recorrerla que se oiga el sonido reflejado casi al mismo tiempo que el primitivo, en cuyo caso adquiere este último mayor fuerza, sin perder nada de su claridad, llamándose *resonancia* al fenómeno que entonces se realiza. Cuando el tiempo que media entre el sonido directo y el reflejado no es tan largo que puedan percibirse los dos separadamente, ni tan corto que se oigan á la vez, sino que el uno llega cuando la impresion producida por el otro no ha terminado todavía, la resonancia que resulta produce cierta confusion en los sonidos, atribuida con razon á las malas condiciones acústicas del local.

Las ondas sonoras, al transmitirse de un medio á otro diferente, pueden adquirir mayor ó menor velocidad de la que traían, y cuando esto sucede, experimentan una verdadera refraccion. Si la velocidad de su marcha es menor en el segundo medio de la que era en el primero, los rayos sonoros se aproximan á la perpendicular al punto de incidencia y se alejan de la misma en el caso contrario, siguiendo las leyes de la refraccion de la luz que nos son ya conocidas.

Estas sencillísimas nociones de acústica son de aplicacion inmediata á los fenómenos de la audicion que vamos á estudiar.

## CAPÍTULO II.

## Órgano del oído.

## § 44.

Por complicado que parezca el aparato del oído, puede reducirse esquemáticamente á una forma muy sencilla : un tubo T en forma de embudo conduce las ondulaciones sonoras hasta una membrana M, inserta en una caja ósea O, en el interior de la cual existe una vejiga membranosa V llena de líquido, dentro de la que se ramifica el nervio acústico N, que se ha introducido por el conducto C. Tal es el esquema ideado por H. Meyer, que comprende las principales partes del referido aparato.

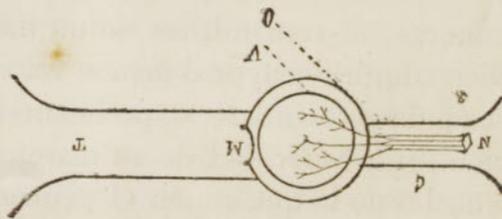


FIG. 39. — Esquema del órgano del oído, según Meyer.

Todo lo demas que en él existe no representa otra cosa que un conjunto de medios de perfeccionamiento.

Estudiado en la especie humana, el aparato del oído se divide en tres regiones distintas : oído externo, oído medio y oído interno.

El oído externo se compone del pabellon de la oreja y del conducto auditivo.

El pabellon de la oreja es una lámina cartilaginosa y elástica, cubierta de una piel fina y al parecer modelada caprichosamente por las eminencias y depresiones que presenta. Su borde, convexo, redondeado en su parte superior y replegado sobre sí mismo, forma el *helix*, que

tiene su origen en medio de la concha y termina por abajo en el *lóbulo*. En el centro se encuentra la *concha*, depresión abocinada, donde comienza el conducto auditivo, á cuyo alrededor forma el *antelix* un borde saliente que la limita por detras. Las eminencias *trago* y *antitrago*, separadas por la escotadura de la parte inferior de la concha, protegen la entrada del conducto auditivo externo.

El conducto auditivo externo, de 3 centímetros de longitud, poco más ó menos, se extiende desde la concha hasta la membrana del tímpano; está ligeramente encorvado por su parte superior y revestido en toda su extensión de una piel muy fina. A su entrada crece en la edad adulta como un penacho de pelos, que tamiza el aire para impedir el paso de los corpúsculos que lleva en suspensión, y gran número de folículos sebáceos están encarga-

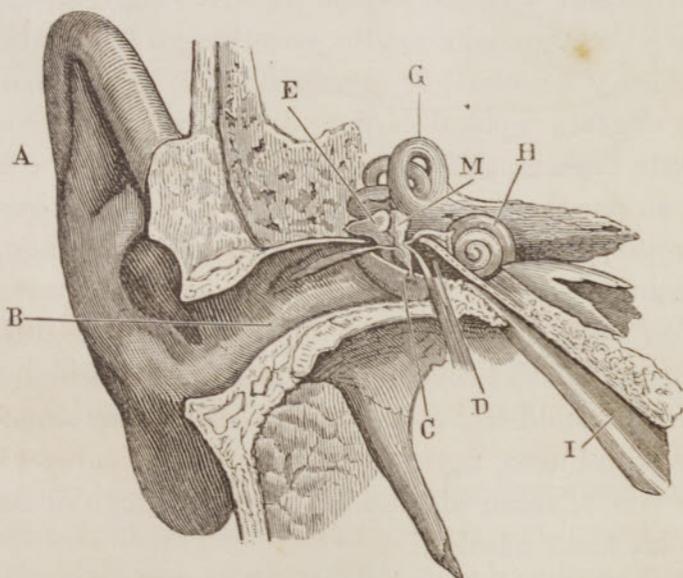


FIG. 40. — A, pabellon; B, conducto auditivo externo; C, membrana del tímpano; D, caja del tímpano; E, yunque; G, conductos semicirculares; M, martillo; H, caracol; I, trompa de Eustaquio.

dos de segregar la *cerilla*, humor acre y amargo que ahuyenta los insectos, oponiéndose á que penetren en las partes internas del oido.

El oído medio, tímpano ó tambor es una cavidad llena de aire, limitada hácia fuera por la membrana del tímpano, que encaja en una especie de reborde óseo formado por parte del temporal. Esta membrana está dirigida oblicuamente de arriba abajo, de fuera adentro y de atras adelante, formando con la pared inferior del conducto auditivo un ángulo de 45 grados próximamente.

La cara interna ó profunda del oído medio tiene en su parte superior una abertura llamada *ventana oval*, y otra algo más abajo, designada con el nombre de *ventana redonda*, cada uno de cuyos orificios está cubierto por una membrana, sirviendo los dos para poner en comunicacion esta cavidad con el oído interno ó laberinto. Desde la ventana oval hasta la membrana del tímpano se extiende una cadenilla de huesecillos articulados entre sí — *martillo, yunque, lenticular y estribo* — uno de cuyos extremos, formado por el mango del martillo, se adhiere á la membrana del tímpano y el otro por el estribo á la ventana oval, donde se engasta tapiándola por completo. El oído medio no presenta nada notable en sus paredes superior é inferior; en su pared anterior se abre el orificio de la *trompa de Eustaquio*, conducto que comunica con la faringe, de unos 4 centímetros de longitud, compuesto en parte de hueso y en parte de cartílago y tejido fibroso. Por último, la pared posterior del oído medio presenta los orificios de las células mastoideas, cubiertas de membrana mucosa, variables en número, figura y tamaño, que al parecer desempeñan con relacion al oído un papel análogo al de los senos en las fosas nasales.

El oído interno ó laberinto se divide en tres partes: *vestíbulo, conductos semicirculares y caracol*.

El vestíbulo es una cavidad de figura ovoidea, que mide unos 5 milímetros de extension en su eje antero-posterior, situada en el centro del oído interno, y de consiguiente, entre los conductos semicirculares y el caracol. Comunica

con el oído medio por la ventana oval ; con la escala vestibular del caracol por una abertura de forma oval también ; con los conductos semicirculares por cinco pequeños orificios ; con la *mácula cribosa* por gran número de aberturas que dan acceso á los filamentos del nervio acústico y con el acueducto del vestíbulo por donde pasa algún ramito vascular.

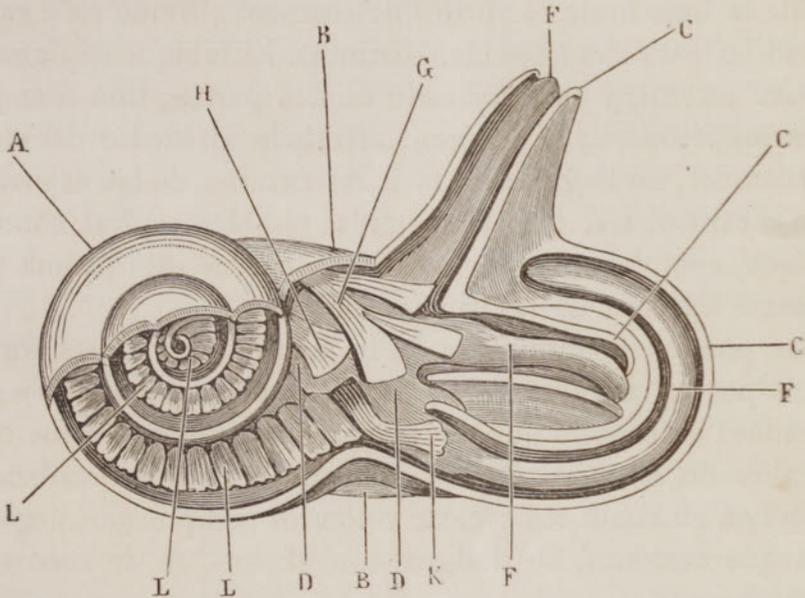


FIG. 41. — A, caracol ; BB, vestíbulo óseo ; CCC, conductos semicirculares óseos ; DD, vestíbulo membranoso, odrecillo y saquillo ; FFF, conductos semicirculares membranosos ; G, rama nerviosa del vestíbulo membranoso que va al odrecillo y á las ampollas de los conductos semicirculares superior y horizontal ; H, rama nerviosa del vestíbulo membranoso que va al saquillo ; K, rama nerviosa que va á la ampolla inferior del conducto semicircular inferior ; LLL, asas nerviosas terminales de la rama del caracol sobre la lámina espiral de éste.

Se da el nombre de conductos semicirculares á tres tubitos óseos, encorvados en arco de círculo, de los cuales dos son verticales, y el tercero, situado entre ellos, horizontal. Su diámetro es de un milímetro, poco más ó menos, excepto en una de las extremidades de cada tubo, dilatada en forma de ampolla, donde es próximamente doble. Estos conductos comunican con el vestíbulo, según hemos dicho, por cinco pequeños orificios.