

El caracol, llamado así por su semejanza con la concha del molusco de este nombre, es de figura cónica y de unos seis milímetros de longitud. Su cavidad forma una especie de espiral que da dos vueltas y media alrededor de su eje central, llamado *modiolus* ó columela.

La pared ósea que circunscribe la cavidad tubular que el caracol representa, recibe el nombre de *lámina de los contornos*. Un tabique arrollado en espiral y extendido desde la base hasta el vértice del caracol, divide esta cavidad en dos conductos bien distintos. El tabique se llama *lámina espiral*, y está formado de dos partes, una *ósea* y otra *membranosa*: la primera, arrollada alrededor del eje del caracol, no llega hasta la parte externa de las espiras que el caracol describe; la segunda, también espiral, como la ósea, completa el espacio resultante entre esta última y la parte exterior de las espiras referidas.

La porción membranosa de la lámina espiral está formada por un tabique *doble*; es decir, por dos paredes separadas: el espacio que estas paredes limitan, recibe el nombre de *conducto coclear*. Esta misma parte membranosa con su conducto coclear y con los complicados órganos que sustenta, se designa con el nombre de *caracol membranoso*.

Los dos conductos resultantes de la enroscadura del tabique óseo-membranoso—lámina espiral—se denominan *rampas* ó *escalas*, una de ellas llamada *vestibular*, porque, en la base del caracol comunica con el vestíbulo; la otra *timpánica*, porque por medio de la ventana redonda comunica con la caja del tambor. En el origen de esta rampa se encuentra el orificio interno del *acueducto del caracol*, constituido por un conductito óseo.

La lámina de los contornos está arrollada sobre un eje, denominado *núcleo del caracol*, que presenta unos conductos muy pequeños, en cuyo interior existen las divisiones del *nervio coclear*. Siguiendo la línea espiral que une el

núcleo del caracol á la pared interna de la lámina de los contornos, se encuentra el *conducto espiral* de Rosenthal, en cuyo interior los ramos nerviosos cocleares forman el *ganglio espiral*. Los conductos del núcleo del caracol van á terminar en dicho conducto espiral, y del ganglio de este nombre se desprenden las fibrillas nerviosas terminales.

Finalmente, en el vértice del caracol, las dos rampas, vestibular y timpánica, comunican entre sí por medio de un orificio llamado *helicotrema*.

De ahí se sigue que la cavidad del caracol comunica con el vestíbulo por la escala vestibular; con la ventana redonda del oído medio por la escala timpánica; con el conducto auditivo interno por numerosas aberturas destinadas á dar paso á la rama coclear del nervio acústico, y con el acuoducto del caracol, que sirve tambien, como el del vestíbulo, para que por su medio se transmita algun ramito vascular.

Ademas de la cubierta ósea que constituye las paredes del oído interno ó laberinto, hay, en la parte correspondiente al vestíbulo y á los conductos semicirculares, otra cubierta membranosa separada de la primera, y que forma por sí sola una cavidad distinta conocida con el nombre de *laberinto membranoso*. Existen, pues, en este punto, dos cavidades diferentes: una de diámetro mayor, cuyas paredes son óseas, y otra de diámetro menor, contenida en el interior de la primera, con detalles de configuracion muy semejantes y cuyas paredes son membranosas. El espacio comprendido entre las dos está ocupado por un líquido acuoso, llamado humor de *Cotunni* ó *perilinf*a, y dentro de la última cavidad, es decir, dentro del laberinto membranoso, hay otro líquido análogo, que Blainville ha comparado al humor vítreo del ojo, y que Scarpa ha llamado *endolinf*a, y ademas las *otoconias*, porciones pulverulentas de carbonato de cal, que, segun se supone, desempeñan en el hombre y en los mamíferos, el

papel de piedras auditivas ó de los *otolitos* de los peces. La parte del laberinto membranoso correspondiente al vestíbulo forma dos compartimientos separados : el *odrecillo* y el *saquillo*. El nervio acústico, nervio de sensibilidad especial, anima las diferentes partes del oído interno de que acabamos de hacer una rapidísima reseña. Penetra por el conducto auditivo interno y se divide en dos ramas : la *vestibular*, que se distribuye y ramifica en el vestíbulo y en las dilataciones en forma de ampolla de los conductos semicirculares, terminando sobre las otoconias ; y la *colear*, que penetra en el caracol y se divide en fibrillas de una tenuidad extrema que tapizan la superficie del modiolus y se hacen perceptibles en la lámina espiral. A estas fibrillas se las designa con el nombre de *fibras de Corti*, y se han contado más de tres mil con el auxilio del microscopio.

Todas las partes del laberinto membranoso comunican entre sí. El odrecillo se continúa *indirectamente* con el saquillo por medio de un tubito membranoso resultante de la reunion de dos pequeños tubos que respectivamente parten de las referidas cavidades. Podríamos comparar esta disposicion, á la que nos ofrecen los conductos bilia-

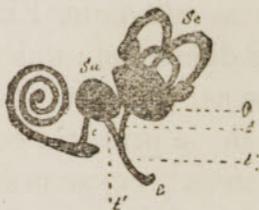


FIG. 42. — Laberinto membranoso.

res, en cuyo caso el conducto *t* nos representaría el hepático ; el *t'*, el cístico y el *t''* el colédoco ; con la sola diferencia de que este conducto colédoco es ciego. Esta extremidad ciega forma el *saco de la endolinfa e*. Un tubo corto y estrecho *c*, llamado *canalis reuniens de Reichert* hace co-

municar el sáculo con el conducto coclear. De la simple inspeccion de la figura se desprende : primero, que la endolinfa nunca comunica con la perilinfa, por estar contenida en espacios completamente cerrados ; segundo, que el laberinto membranoso en toda la extension de su accidentada cavidad, está, como decíamos, en comunicacion no interrumpida. La inspeccion de la figura nos demuestra ademas que el odrecillo *a* es un órgano anejo á los conductos semicirculares *Se*, al paso que el saquillo *Sa*, lo es al caracol *c*.

El *acueducto del caracol* (tapizado por la dura-madre) establece una comunicacion con el espacio aracnoideo subdural de Biginsky.

El utrículo, en su cara interna, presenta una elevacion blanquecina llamada *mancha auditiva*, relacionada con la terminacion del nervio utricular. Una mancha idéntica se encuentra en el cánulo, relacionada con la terminacion del nervio canular. Cada una de las ampollas que presentan los conductos semicirculares, ofrecen una eminencia denominada *cresta auditiva*, situada asimismo en su superficie interna.

Las manchas y las crestas auditivas, están provistas de dos clases de elementos epiteliales ; unos con pelos rígidos, llamados *pelos auditivos* ; otros, intermediarios á estos últimos, con pestañas vibrátiles, que Coyne designa con el nombre de *células en cepillo*.

Así las manchas, como las crestas auditivas, reciben un gran número de fibras nerviosas que van á terminar en estas dos categorías de células, despues de haber atravesado una capa granulosa.

Ademas, las manchas y crestas referidas están cubiertas por una *cúpula terminal*, cuya base recibe la extremidad de los pelos auditivos, perfectamente comparables, por su estructura, á la membrana de Corti—que estudiaremos luego—la cual puede funcionar como un *apagador*,

obrando sobre las pestañas del referido epitelio. En el *reticulum* de la cúpula terminal se encuentran los otolitos ú otoconias de la endolinfa.

Las dos figuras adjuntas servirán para comprender la explicacion. Las hemos tomado de la *Physiologie des Gehörs* del profesor V. Hensen, de Kiel, comprendida en la obra monumental intitulada *Handbuch der Physiologie* (tercer tomo, segundo volumen, 1880).

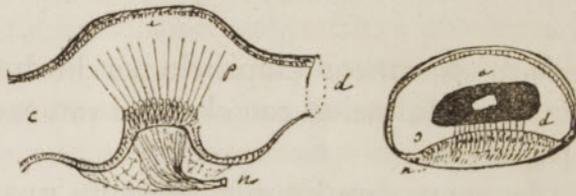


FIG. 43.

La fig. 43 nos representa una cresta auditiva, en la que se ven las células auditivas *c*, provistas de pestañas *p*, relacionadas con fibrillas nerviosas *n*, procedentes del nervio *n*.

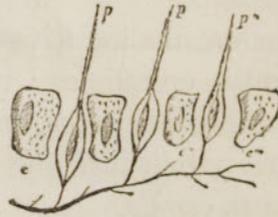


FIG. 44.

En la fig. 44 vemos aislada una porción del epitelio de una mancha auditiva, en la cual *f* nos representa una fibrilla nerviosa, y *p*, *p'* *p''* las respectivas pestañas de las células auditivas. Además, se ven en *c*, *c'* *c''* *c'''* *c''''* las células denominadas de *soporte*, debajo de las cuales se encuentran las células fusiformes, provistas de pestañas.

Dedúcese de lo que precede, que una gran parte del

nervio auditivo viene á terminar en las crestas auditivas y en las manchas de igual nombre, relacionándose con las pestañas sumergidas en el seno del humor endo-linfático.

La otra porcion del citado nervio acústico — la rama coclear — tiene una complicacion mucho mayor. Para el conocimiento completo de la fisiología de la audicion, nos es indispensable conocer, siquiera á grandes rasgos, la disposicion afectada por el caracol membranoso.

La inspeccion detenida de la fig. 45 servirá de mucho para comprender la explicacion que va á seguir, debiendo hacer presente que las observaciones más modernas han demostrado hasta la evidencia que la membrana de Corti no llega hasta el ligamento espiral, sino que termina en un borde propio, flotante en el interior del tubo coclear.

Esta figura ha sido tambien tomada de la referida obra *Handbuch der Physiologie*.

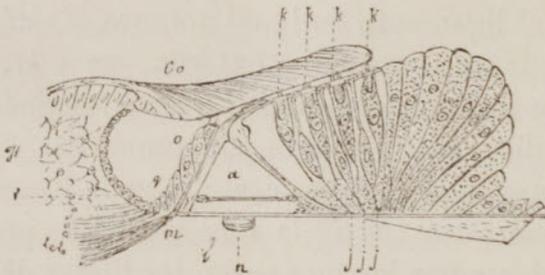


FIGURA 45. — Órgano y membrana de Corti.

Ya dijimos, al estudiar el caracol óseo, que la parte membranosa de la lámina espiral constituía un tabique doble, cuyas paredes limitaban un espacio. Ahora bien; este conducto, junto con sus paredes y con los órganos que contiene, es lo que formará el objeto de esta descripcion.

La membrana superior de la porcion membranosa de la lámina espiral, se denomina *membrana de Reissner*; la inferior, *membrana basilar*, *m n*. La primera corresponde

á la rampa vestibular, la segunda á la rampa timpánica. Entre estas dos membranas, se encuentra el *conducto coclear* ó rampa intermedia, que además de los indicados límites superior é inferior, termina hácia afuera en el *ligamento espiral*, y hácia dentro en el borde libre de la lámina de este nombre. Este borde presenta un *surco espiral interno*, comprendido entre dos labios: uno anterior ó *cresta acústica*, cuyo borde está constituido por los *dientes de la primera hilera de Corti*, ó *dientes auditivos*, llamados así, por el parecido que tienen con los órganos de este nombre destinados á la masticacion, y otro posterior, en el cual va á insertarse la membrana basilar. Del labio anterior sale una *membrana* denominada de *Corti*, que se extiende desde este punto hasta la proximidad de las células ciliadas externas, sin insertarse en el ligamento espiral, como se había creído hasta estos últimos tiempos.

La membrana basilar se extiende desde el surco espiral, hasta el ligamento de igual nombre, y está compuesta de tres distintas *zonas*: una externa, *estriada*, una media *lisa*, y una interna *perforada*. La zona estriada, como su nombre indica, está formada por numerosas *fibras* que se insertan en el ligamento espiral; la zona lisa sustenta los llamados *pilares de Corti*; la zona perforada presenta diferentes agujeros por los que pasan los filetes del nervio coclear, que, al llegar al conducto de este nombre, terminan en las células ciliadas.

El tubo coclear está revestido de un epitelio pavimentoso que, al nivel de la parte interna de la membrana basilar, se desarrolla de una manera considerable.

La parte más importante del oído interno está representada por las *fibras transversales* de la membrana basilar, los *arcos de Corti*, las *células ciliadas internas y externas* y los *elementos nerviosos* que en estas células terminan. En cuanto á otras células llamadas de *soporte*, cuya figura es cilíndrica, y á las células cúbicas, denominadas de *Clau-*

*dius*, su importancia no es ya tan capital para el mecanismo íntimo de la función auditiva. Fijémonos, pues, especialmente en el estudio de aquellos elementos cuyo interés resulta más palpable.

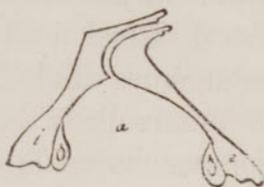


FIGURA 46. — Arco de Corti.

En la membrana basilar se encuentran los *órganos de Corti* en número de 3.000, separados mutuamente por un pequeño espacio. Cada órgano de Corti está compuesto de dos *bastoncillos*, uno interno *i*, y otro externo *e*. Cada bastoncillo está encorvado en forma de *S*; únense por su extremidad superior, á beneficio de un engranaje especial, y la extremidad inferior de cada uno de ellos se apoya en la membrana basilar, presentando el interno un *pié p* muy ensanchado. De la disposición especial que afectan en sus relaciones los bastoncillos internos con los externos, resulta para cada par, un arco *a*, que se denomina *arco de Corti* ó *par de Corti*. En el punto de engranaje ofrecen los elementos de Corti un pequeño bastoncillo, situado horizontalmente.

Estos arcos se colocan sobre la membrana basilar, formado por su sucesión un *túnel*. Como la membrana basilar en este punto está formada por fibras transversales, resulta de ello que cada uno de los arcos de Corti se apoya por sus respectivos piés en estas fibras. Al estudiar la fisiología de la audición, veremos la importancia considerable que tienen estas fibras y estos arcos.

En el conducto intermediario que estudiamos queda to-

davía un espacio que los arcos de Corti no pueden llenar, el cual se completa por un gran número de células de diferentes formas.

Estas células, consideradas en el sentido longitudinal, están dispuestas en tres hileras y son epiteliales esféricas.

La membrana basilar va aumentando en anchura de abajo arriba; los arcos de Corti á su vez disminuyen en altura y aumentan en anchura desde la base al vértice del caracol. Suponiendo desarrollada la espiral que dicha membrana constituye, vemos en la figura que afecta la forma de una cuña. Esta figura está tomada de Bernstein.



FIGURA 47.

*Terminaciones nerviosas.* — Divídese el nervio acústico, para las necesidades de la función que desempeña. Atraviesa los agujeros de la lámina cribosa y se relaciona con diferentes ganglios, que, á semejanza de los raquídeos, están compuestos de células provistas de dos ó tres polos. Fuera de estos ganglios los elementos nerviosos fibrilares pasan por varios orificios y llegan á la zona perforada, en donde toman una disposición semejante á un abanico, constituido por un conjunto de hacecillos fibrilares. Salen de dicha zona perforada y se dirigen á la membrana basilar, después de haberse despojado de su mielina. Divídense en dos grupos de fibras de significación distinta. Uno de ellos está destinado á las células internas; el otro á las prolongaciones de las llamadas células gemelas.

Según parece resultar de los trabajos de Stieda, el ner-

vio acústico tendría su origen real en dos raíces completamente distintas : una procedente de un núcleo de células de gran tamaño, cuyo sitio estaría en los pedúnculos cerebelosos, al paso que la otra saldría del suelo del cuarto ventrículo, originada en un núcleo de células ganglionares muy pequeñas. Las funciones de ambas serían completamente diferentes ; limitándose la primera á la formación del nervio específico del *sentido del espacio*. Al estudiar la fisiología de los conductos semicirculares veremos lo que haya de probable en lo referente á la existencia de este nervio, relacionado con el epitelio de los mismos.

### CAPÍTULO III.

#### Mecanismo de la audición.

##### § 45.

*Funciones del oído externo.* — El pabellon de la oreja y el conducto auditivo externo son órganos colectores de las vibraciones sonoras, estando además encargados de transmitir las al oído medio. Por lo mismo debemos estudiar dos puntos : la fisiología del pabellon y la del conducto auditivo externo.

*Fisiología del pabellon.* — Las ondas sonoras penetran en el conducto auditivo directamente ó despues de haber chocado con el pabellon de la oreja, creyendo muchos fisiólogos que las desigualdades de este órgano se hallan dispuestas de modo que casi siempre ofrecen un plano perpendicular á los sonidos, cualquiera que sea su dirección. De aquí se ha deducido desde los tiempos de Boerhaave que, formando las líneas salientes de la oreja una curva parabólica cuyo foco se encuentra en el conducto auditivo, deben ser reflejados hácia este punto todos los rayos sonoros que van á parar al pabellon. Otros, por el contrario,

aseguran que el pabellon de la oreja apenas contribuye á la funcion auditiva.

Se fundan los primeros en que la falta del pabellon de la oreja ocasiona dureza en el oido, lo que sólo puede depender de que una gran parte de los rayos sonoros se pierde en el espacio, sin que sea utilizada en la audicion. Para evitar esto, añaden, ponemos casi instintivamente la mano á la altura del pabellon, agrandando de este modo su diámetro, siempre que deseamos aprovechar todas las ondas sonoras, á fin de percibir los sonidos con suficiente claridad. Y si, como recomienda Schneider, se rellena de cera blanda la oreja, de modo que desaparezcan sus anfractuosidades y queden transformadas en una superficie plana, el oido pierde su finura y claridad acostumbradas, haciéndose más difícil apreciar con exactitud la direccion de los sonidos.

Los segundos refutan estas ideas, recordando : primero, que los cálculos matemáticos de Boerhaave han sido invalidados por Savart, habiendo demostrado este autor, de una manera experimental, que el pabellon de la oreja no funciona como aparato reflector y condensador ; segundo, que ni en la especie humana la falta completa de pabellon es incompatible con un oido perfecto, ni en los animales que carecen de pabellon y de conducto auditivo externo deja de notarse una gran finura de oido, como se observa claramente en las aves ; tercero, que el experimento de Schneider viene invalidado por el de Harless, en el cual dicho autor no encontró disminucion ninguna en la sensibilidad del oido, á pesar de haber llenado con cera blanda no sólo el pabellon, si no tambien la concha auricular hasta el conducto auditivo externo, que por medio de un tubo prolongó hácia fuera.

Savart emitió la idea de que el pabellon de la oreja funcionaba, *vibrando*, como toda lámina elástica, por la accion de las ondulaciones sonoras que vienen á chocar con-

tra su superficie, transmitiéndolas, finalmente, al oído externo y al oído medio.

Sin embargo, basta tapar el conducto auditivo externo en ambos lados, para que el sujeto se vuelva accidentalmente *sordo*; lo cual indudablemente no sucedería si el pabellon vibrase y sus vibraciones se transmitieran á las partes externa y media del aparato auditivo.

Si el pabellon no obra como órgano exclusivamente reflector y condensador, ni tampoco como cuerpo vibrante, susceptible de transmitir sus vibraciones, ¿cuál es entonces su oficio en la función auditiva?

Tres papeles diferentes le están encomendados : 1.º el de *colector*; 2.º el de *protector*, y 3.º el de *orientador*. Examinemos rápidamente cada uno de ellos.

Aun cuando no admitamos, como no podemos admitir, las ideas de Boerhaave, es decir, aun cuando no creamos en las múltiples reflexiones experimentadas por el sonido en la curva parabólica de la oreja, no por esto negaremos que una parte de los rayos sonoros que llegan al pabellon sean reflejados hácia el conducto auditivo externo. Estos rayos son precisamente los que chocan contra la concha auricular, desde cuyo punto son rechazados á la superficie interna del trago, para llegar finalmente, al conducto auditivo externo. Además, es indudable—si bien muchos autores lo han negado—que las ondulaciones llegadas según la dirección del eje auditivo no sufren refracción de ningún género.

Además, el pabellon de la oreja es un órgano manifiestamente protector; es, como dice Bernstein, un verdadero *párpado del oído*. En efecto, no solamente los pelos de que está provisto detienen el polvo, y los insectos que fácilmente se introducirían en el conducto auditivo externo, si no que detiene también, por las curvas, depresiones y eminencias que presenta, el sin número de sustancias que flotan en la atmósfera, y que impulsadas por el viento se

introducirían con gran facilidad hasta la misma membrana del tambor.

Finalmente, sírvenos el pabellon en gran parte para apreciar la *direccion* del sonido. Cuando dirigimos el oido hácia un sonido determinado, orientamos instintivamente el pabellon de la oreja en la direccion más á propósito para que las ondulaciones sonoras sean reflejadas desde la concha á la membrana timpánica ó dirigidas directamente segun el eje auditivo. Por el aumento de intensidad que el sonido adquiere en este caso, *juzgamos* de la direccion en que se verifica.

*Funciones del conducto auditivo externo.* — La direccion de este conducto no es rectilínea, sino sinuosa; pero como la conductibilidad para el sonido no sufre modificacion alguna en los tubos encorvados, nos es preciso reconocer que las corvaduras del conducto auditivo externo no se refieren á la conductibilidad de este órgano. Ahora, si consideramos que las partículas flotantes en la atmósfera, que no pudieron ser detenidas por las sinuosidades del pabellon, hubieran alcanzado fácilmente el tímpano, si la direccion del conducto hubiera sido rectilínea, comprendemos, sin esfuerzo alguno, que el conducto auditivo externo es, por sus corvaduras, un órgano *protector* del oido medio. A esta proteccion contribuye la *cerilla*, que por su amargor ahuyenta los insectos, y por su inspicitud detiene y aprisiona los polvos de la atmósfera.

No es ésta, sin embargo, la única funcion que desempeña este conducto: las vibraciones sonoras al pasar por él son modificadas más ó menos. Una circunstancia especial contribuye á la modificacion de los sonidos: el conducto auditivo, como todo tubo cerrado, posee un *tono* propio. En los tubos inertes podemos convencernos de la existencia de este tono, soplando en su interior. De ahí se infiere, que cuando las ondulaciones sonoras atraviesan el conducto, podrán experimentar una modificacion más

ó menos perceptible. Para determinar esta modificación, bastará tener en cuenta que el tono propio del conducto es muy elevado, por cuyo motivo los sonidos de la misma altura, reforzados por la resonancia, nos parecerán excesivamente agudos, hasta el punto de hacérsenos penosos: por esta circunstancia, cuando sobre el mármol de una cómoda roza un objeto metálico puntiagudo, sentimos una impresion muy desagradable, que en una persona nerviosa puede determinar un estremecimiento general. Esta resonancia propia del conducto auditivo externo, sobre la cual ha llamado Hemholtz la atención, *debilita* los sonidos graves al paso que *refuerza* los agudos.

## § 46.

*Funciones del oido medio.* — La membrana del tímpano recibe dos clases de vibraciones sonoras : las de las paredes sólidas del conducto auditivo, que probablemente hieren esta membrana por su borde, y las aéreas que van á parar á su superficie, y que se transforman en vibraciones de un cuerpo sólido desde el momento que ella misma entra en vibracion por la influencia del choque que recibe.

Sabemos, en efecto, que desde la membrana del tímpano donde se inserta el mango del martillo hasta la ventana oval donde se engasta la base del estribo, hay una cadena de huesecillos articulados entre sí, que ponen en comunicacion el oido medio con el laberinto. Por otra parte, el músculo interno del martillo, que se inserta en el mango de este hueso y en la porcion cartilaginosa de la trompa de Eustaquio, tira hácia el interior de la cavidad del tambor la membrana del tímpano, haciéndola tomar la forma poco pronunciada de un embudo y manteniéndola más ó menos tensa, porque la otra extremidad de la cadenita ósea está sujeta á la ventana oval por el músculo del estribo, que no permite la desviacion de este hueseci-

llo ni que ceda á la influencia de las contracciones del músculo del martillo. Ahora bien, puesto que la membrana del tímpano puede ponerse más ó menos tensa por la accion de los músculos de la cadena de huesecillos, veamos qué es lo que sucede al llegar las ondas sonoras que con ella se ponen en contacto.

*Funciones de la membrana timpánica.* — Las membranas tensas no responden, en general, á las vibraciones del aire, sino cuando el sonido que éste les comunica es *unísono* con el que ellas producirían si se las hiciese vibrar directamente. Esto no obstante, la membrana del tímpano entra en vibracion por la influencia de toda clase de sonidos, agudos ó graves, mientras su agudeza ó gravedad no pase de ciertos límites, y como vibra con el número de vibraciones correspondiente á estos sonidos y con una intensidad proporcional, es preciso admitir que se *acomoda* y adquiere la tension conveniente para ponerse al unísono con los mismos á fin de que puedan ser oidos con distincion y claridad.

Por otra parte, como en las membranas fuertemente tensas disminuye, en igualdad de circunstancias, la amplitud de las vibraciones, parece natural que la membrana del tímpano adquiriera una tension forzada cuando los sonidos son muy intensos, á fin de mitigarlos para que no impresionen con demasiada energía los nervios auditivos. Si esto fuera cierto, como lo da á sospechar la frecuencia con que esta membrana se rasga á consecuencia de ruidos exageradamente intensos, su tension no sólo serviría para acomodarse á los diferentes tonos, segun acabamos de indicar, sino que tendría además por objeto preservar al oido de la demasiada intensidad de los sonidos.

Para comprender estos fenómenos nos es indispensable explicar ciertos detalles. Es indudable que toda membrana tensa posee un tono propio, de tal manera, que si cerca de ella se viene á producir un tono análogo, entra inmedia-

tamente en vibracion. En las membranas tensas, como observa oportunamente Bernstein, las vibraciones son transversales, pudiendo representarnos el fenómeno, como si cada uno de los diámetros de una membrana circular vibrara á la manera de una cuerda.

El tono propio de una membrana cambia con la tension de la misma, bajando cuando la membrana se afloja y elevándose cuando aumenta su tension.

Si el tímpano poseyera semejante propiedad, nuestra facultad auditiva quedaría extremadamente reducida, pues los sonidos más graves que los correspondientes á su tono con gran trabajo serían percibidos, al paso que nos parecerían excesivamente intensos los propios de la misma. Ahora bien, como la membrana timpánica puede vibrar al unísono de sonidos comprendidos en una escala de extraordinaria extension — desde 32 á 60.000 vibraciones por segundo — es preciso que estudiemos el motivo de una propiedad tan especial.

Dos condiciones contribuyen á la realizacion de tan notable propiedad : 1.<sup>a</sup> la carga determinada por los cuatro huesecillos del oido y 2.<sup>a</sup> la forma de embudo que la membrana tiene.

Los huesecillos producen dos notabilísimos efectos: obrando como un *apagador*, es decir, como los pedacitos de paño que existen en los pianos para apagar los sonidos, evitan la produccion de vibraciones consecutivas ; y ejerciendo una carga sobre la membrana timpánica, hacen posible su acomodacion en la extensa escala acabada de indicar.

La forma de *embudo* de la membrana que estudiamos, tiene una importancia capital. Si fijamos una membrana elástica  $ab$  sobre un tubo de gran diámetro,  $t$  como se observa en la fig. 48, tendremos una membrana dotada de un tono propio, segun hemos explicado más arriba ; la cual sólo vibrará cuando en sus inmediaciones se produzca un

tono análogo. Si ahora, por medio de una varilla, verificamos en su centro una presión, vemos que la membrana toma la forma de un embudo y que su superficie es convexa hácia la parte exterior. Si en estas condiciones estudiamos detenidamente esta membrana, notaremos que

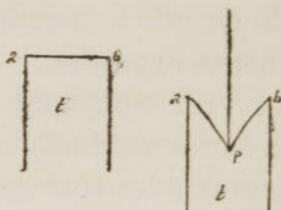


FIGURA 48.

en el punto de aplicación de la fuerza  $p$  se ha adelgazado en grado extremo, lo que indica que se ha dilatado más, al paso que su adelgazamiento va disminuyendo á medida que nos acercamos á la circunferencia de inserción. Esto nos indica manifiestamente que la membrana no posee una igual tensión en toda su superficie, sino, por el contrario, *diferentes tensiones* en sus distintas partes; cuyas tensiones van disminuyendo á medida que del centro pasamos á la periferia. En una palabra, se encuentra dividida en distintos segmentos, cada uno de los cuales ha de vibrar de una manera diferente. Esto equivale á decir que semejante membrana *carece de tono propio*.

El tímpano, que como ya sabemos, tiene la forma de un embudo, nos presenta también estos fenómenos. Tiene la propiedad de transmitir vibraciones de muy distinta rapidez. El tímpano es cóncavo al interior y convexo al exterior; sus radios, bajo forma de curvas, van desde su inserción ósea hasta el ombligo: el mango del martillo, inserto en la membrana timpánica, dirígela constantemente hácia el lado de la cavidad de este nombre. Sin embargo, no debe solamente á esta tracción del mango del martillo

la forma de embudo que presenta, pues aun cuando se separe de este hueso, dicha forma quede persistente.

De todo esto se deduce que la membrana timpánica no tiene tono propio ; que no está acordada para ningun sonido ; que puede, de consiguiente, conducir vibraciones de rapidez muy distinta.

No acaban aquí todavía las propiedades de la membrana que estudiamos. A una *gran superficie* le corresponde una *masa* muy *pequeña*, y en virtud de esta especial disposicion se hace posible la transformacion de las ondulaciones aéreas, en movimiento de sólidos. Luego, como las vibraciones van disminuyendo de amplitud y aumentando de intensidad á medida que se acercan al ombligo — toda vez que en este punto se concentran — resulta que por su mayor intensidad ó fuerza, son capaces de mover la masa de los cuatro huesecillos, al paso que por la disminucion de su amplitud van haciéndose más idóneas para hacer entrar en vibracion á la membrana de la ventana oval, cuya superficie es veinte veces más pequeña que la de la membrana timpánica. La concentracion de la fuerza vibratoria del tímpano, en un espacio veinte veces menor, da por resultado un aumento de intensidad veinte veces más considerable. Y si á esto se añade que la palanca representada por la cadena de los huesecillos tiene un brazo vez y media más largo que el otro, siendo el primero el que está relacionado y directamente movido por la membrana timpánica, y el segundo el que se relaciona con la membrana de la ventana oval, tendremos que la onda sonora, desde la primera á la segunda de dichas membranas, aumentará treinta veces en este último punto. Esta propiedad, perfectamente estudiada por Bernstein, tiene una importancia considerable.

*Funciones de la cadenilla ósea.* — El mango del martillo está adherido á la membrana timpánica : la cabeza de este hueso se articula en una cavidad del yunque ; la larga

apófisis de éste se une al lenticular, que á su vez se halla unido al estribo. La base del estribo se relaciona con la membrana de la ventana oval. Toda depresion de la membrana timpánica determinará un movimiento total de la cadenilla ósea, lo mismo que si se tratara de un solo hueso. Cuando, por el contrario, el martillo es arrastrado hácia fuera, se separa un poco del yunque, gracias á la presencia de los ligamentos articulares. El eje de los movimientos de los cuatro huesecillos del oido se halla en la apófisis corta del yunque, estando representado matemáticamente por una línea perpendicular al plano longitudinal de dichos huesos, cerca del ligamento que une dicho yunque al periostio. El mecanismo representa una palanca de primer género, en la cual la *potencia* está representada por las excursiones de la membrana timpánica obrando sobre la apófisis larga del martillo; el *punto de apoyo* por la indicada apófisis corta del yunque, y la *resistencia* por la membrana de la ventana oval, bañada por la perilinfa existente en el vestíbulo.

Este exquisito mecanismo viene á comprobar lo que hemos dicho más arriba á propósito de la membrana timpánica: que toda vez que el brazo de palanca de la potencia, — apófisis larga del martillo — es vez y media más largo que el brazo de la resistencia — cabeza del martillo, apófisis larga del yunque, huesos lenticular y estribo — el movimiento transmitido al líquido perilinfático resulta aumentado en intensidad y disminuido en excursion.

El músculo tensor del tímpano, inserto por un tendon largo y estrecho en la proximidad del cuello del martillo, contribuye á aumentar la tension de la membrana timpánica cada vez que entra en contraccion, pues obra perpendicularmente á la membrana. De ahí resulta que, cambiando la tension, cambiará asimismo la facultad vibratoria de dicho tímpano; por cuyo motivo se cree que este músculo sirve para *acomodar* el tímpano á los sonidos de

diferente altura, y que la tension que produce sólo puede tener por objeto disponer esta membrana para ciertos tonos.

Así al menos parece deducirse de los hechos que vamos á indicar. Si, teniendo cerrada la nariz y la boca, intentamos hacer una espiracion, el aire, que no tiene salida, penetra por medio de la trompa de Eustaquio en la caja del tambor, y aumentando de este modo la tension del que ya ocupa esta cavidad, comprime la membrana del tímpano de dentro á fuera, y de consiguiente, la pone más tirante. Pues bien, Wollaston ha notado en sí mismo, por este medio, que su oído se ponía duro para los sonidos graves, percibiendo, sin embargo, claramente los agudos; y Müller asegura, confirmando este resultado, que dejaba de oír, en iguales circunstancias, los tambores ó el ruido de los carruajes, sin que disminuyera su aptitud para percibir los sonidos agudos, aunque fueran menos intensos. De acuerdo con estas mismas ideas, M. Bonnafont cita numerosos casos de perforacion ó rotura de la membrana del tímpano en sujetos que aún conservaban el oído, pero sin que les fuera posible apreciar los tonos muy graves ó muy agudos.

La facultad de acomodacion de que acabamos de hablar tiene, no obstante, límites que es imposible traspasar. Cuando el sonido es tan grave que sólo produce de 32 á 40 vibraciones por segundo, ya no es perceptible, y lo mismo sucede, por regla general, cuando, por ser demasiado agudo, pasa ese número de 60.000 en igual tiempo. Estos límites son, sin embargo, variables segun los individuos, y no sabemos tampoco si el no percibirse en estos casos los sonidos se debe atribuir á la membrana del tímpano ó á la falta de sensibilidad del nervio auditivo.

Bernstein admite la acomodacion, pero sostiene que el tensor del tímpano únicamente entra en actividad cuando se *escucha* con atencion un tono determinado de cierta

duracion, pues, como las tensiones musculares no varían tan rápidamente como los múltiples sonidos que oímos cuando á nuestro alrededor se toca un aire cualquiera, resultaría siempre un retardo y coincidiría con un tono falso, siendo ademas poco probable que el músculo que nos ocupa esté en constante actividad.

El músculo interno del martillo obra como un apagador, —deprimiendo con fuerza la membrana timpánica— cuando se contrae con grande energía, siendo verosímil que entre en actividad siempre que cerca de nuestro oído se produzca un sonido atronador. Finalmente, contrayéndose despues de un sonido muy intenso, disminuyen notablemente las *vibraciones consecutivas*, que en otro caso se producirían fatalmente.

Las funciones del importante músculo que nos ocupa, han sido estudiadas recientemente de una manera experimental por una autoridad tan respetable como Heusen. Este autor se ha valido de perros, en los que, previa una curarizacion ligera, ha descubierto la apófisis mastoides, y por la aplicacion de una corona de trépano ha llegado hasta la caja del tambor. Cohibida la hemorragia consecutiva, y descubierto el músculo interno del martillo, clava en él una aguja muy delgada, notando constantemente que la aguja se mueve desde el momento en que se produce un sonido cualquiera alrededor del animal. Ha observado asimismo, que el músculo se contraía con mayor intensidad en los sonidos agudos que en los graves. Este experimento es tanto más curioso, cuanto que, si se canta una melodía cerca del animal, se ve que la aguja va siguiendo los movimientos de disminucion ó de reforzamiento del sonido. Ademas, no contento con este estudio, ha medido el tiempo que transcurre entre la produccion del sonido y la contraccion del músculo del martillo, encontrando que varía entre 92 y 73 milésimas de segundo (*Archiv. f. Anat. und Phys.*).

Otro músculo — el del estribo — ha llamado la atención de los fisiólogos. Este músculo, cuyo tendón se inserta por un lado en la cabeza del estribo y por otro en la pared posterior de la cavidad timpánica, obliga á la base de dicho hueso á colocarse sobre la ventana oval en una dirección oblicua. Por este motivo apaga en gran parte las vibraciones sonoras que se acaban de producir. La manera de amortiguarse estas vibraciones es sumamente sencilla: debiéndose dicho fenómeno, según Bernstein, á que el músculo obra perpendicularmente á los movimientos del estribo, por cuya causa se reducen en gran parte los movimientos que este hueso verifica.

Hoy día, gracias á los trabajos de Politzer y Buck, está demostrado experimentalmente — mediante una palanca inscriptora colocada sobre la cadenilla ósea — que los cuatro huesecillos se mueven á la vez desde el momento en que el tímpano entra en vibración. No hay, pues, que hablar, como se había supuesto, de transmisión molecular de dichas vibraciones. Por otra parte, aun sin estos datos experimentales, podía ya suponerse teóricamente la imposibilidad de una transmisión de este género, toda vez que el tamaño de la cadenilla ósea es asaz exiguo, en comparación á las ondulaciones sonoras. Esta objeción, debida á Helmholtz, destruye por completo la idea de muchos fisiólogos relativa á que en los huesecillos del oído se producen vibraciones longitudinales, confirmando plenamente que dichas vibraciones son, por el contrario, transversales.

*Funciones de la ventana oval.* — La membrana que cubre esta abertura, aun cuando muy distante de la membrana timpánica, está con ella en mediata relación. Cada vez que una ondulación sonora hace vibrar el tímpano, la cadenilla ósea se mueve en su conjunto; la base del estribo, relacionada con la cara externa de la membrana que cubre la abertura oval, empuja con más ó menos fuerza á esta membrana, la cual por su cara interna, bañada por la peri-

linfa del vestíbulo, comprime más ó menos á este humor; de donde resulta que las ondulaciones sonoras, accionando sobre el tímpano, vienen á modificar el equilibrio de la perilinfa vestibular.

Esta comunicacion entre ambas membranas—timpánica y oval — puede verse perfectamente por medio del microscopio, bastando para ello mirar con este instrumento un punto brillante de la superficie de los huesecillos humanos disecados, en el preciso momento en que se determina la produccion de un sonido en un tubo armónico puesto en comunicacion directa con el conducto auditivo. En este caso se observa un fenómeno sumamente curioso : el punto que se mira toma la apariencia de una línea tan brillante como él y dirigida de fuera á dentro.

*Funciones de la trompa de Eustaquio.*— El aire de la caja timpánica no sólo sirve de medio de transmision de las ondas sonoras, sino que contribuye á que la membrana del tímpano esté sujeta á la misma presion atmosférica en la superficie externa y en la interna, obedeciendo de este modo con entera libertad al impulso de las contracciones musculares que la ponen, segun los casos, más ó menos tensa. La trompa de Eustaquio, que comunica, por una parte, con la caja y por la otra, con la faringe, es la que facilita la renovacion del aire del oido medio para que de este modo conserve siempre con corta diferencia la misma presion que el de la atmósfera que nos rodea.

Si la trompa de Eustaquio no existiera, la cavidad timpánica permanecería completamente aislada del mundo exterior. De ahí resultaría : primero, la imposibilidad de establecerse una igualdad de presion entre la atmósfera y el aire contenido en la caja del tímpano; y segundo, que las mucosidades producidas por la membrana que reviste interiormente dicha caja, no tendrían salida hácia las partes exteriores. Ambos inconvenientes serían tan graves que la audicion se vería verdaderamente comprometida, pues

faltando el equilibrio entre las presiones exterior é interior, la membrana timpánica estaría empujada hácia dentro, cuando la presion atmosférica fuere la predominante, y hácia fuera, cuando resultase más considerable la del aire contenido en el interior de la caja. No pudiéndose verter los productos de la secrecion mucosa, se acumularían poco á poco en dicha cavidad; y como la parte líquida se iría reabsorbiendo se endurecerían considerablemente, y vendrían á producir, á la larga, una verdadera obturacion que dificultaría y aun impediría el movimiento de los cuatro huesecillos del oido.

La influencia de la trompa de Eustaquio en la funcion que nos ocupa, se hace perceptible en las ascensiones aereostáticas ó en cualquier otro caso en que cambie bruscamente la densidad del aire en que estamos sumergidos, porque necesitándose cierto tiempo para que se renueve el de la caja del tímpano, existe desequilibrio, hasta que esto se consigue, entre la presion interna y la externa, dando lugar á zumbido de oidos y á una sordera momentánea.

Por lo demas, para que la renovacion del aire pueda efectuarse en circunstancias ordinarias de una manera regular, la naturaleza ha dispuesto las cosas de un modo ingeniosísimo. En el acto de la deglucion, el peristafilino externo, músculo del velo del paladar, se contrae, y al contraerse separa la pared externa de la trompa, que es membranosa y móvil, de la interna, que es cartilaginosa y fija, estableciéndose de este modo una abertura por la cual el aire se renueva. Y como conviene que esta renovacion se haga con frecuencia, deglutimos sin poderlo remediar frecuentemente. Y como para deglutir es preciso que haya algo en la boca, aunque no sea más que saliva, á fin de que ésta no falte nunca y puedan efectuarse los movimientos de deglucion hasta cuando estamos dormidos, la sola renovacion del aire, modificando alternativamente en

más ó en menos la presión del mismo en la caja del tímpano, influye en la cuerda del tambor, nervio que atraviesa esta caja y va á distribuirse en las glándulas salivales, á fin de que la secreción de la saliva no se paralice y haya siempre en la boca la que se necesita para que puedan verificarse los movimientos de deglución de que hemos hablado anteriormente.

La obliteración permanente de la trompa ocasiona la pérdida del oído, tanto por esta causa, como porque la caja del tímpano, como hemos indicado, no puede desembarazarse de las mucosidades que en la misma se segregarán.

No solamente la abertura faríngea de la trompa de Eustaquio se abre á cada movimiento de deglución, sino también en el acto del bostezo, porque tanto en un caso como en otro, el aire de la faringe se enrarece.

Podemos, á voluntad, hacer entrar y salir el aire de la cavidad timpánica. Para lo primero, bastará que, á imitación de Valsalva, hagamos una espiración forzada cuando tenemos herméticamente cerrada la boca y la nariz. Para lo segundo, á imitación de Müller, bastará que al verificar la deglución obturemos con los dedos las ventanas nasales.

Este conocimiento tiene grande importancia en otiátrica, pues según el procedimiento de Politzer, podemos practicar el cateterismo de la trompa sin necesidad de introducir ninguna sonda, bastando para ello practicar la oclusión de las narices, aplicando sobre una de las ventanas el pico de una pera de cautchuc *en el momento de la deglución* — que se favorece mediante la introducción de una pequeña cantidad de agua en la boca — y cerrando la otra, por la presión del dedo. Entonces, comprimiendo dicha pera, haremos penetrar en la cavidad timpánica, no sólo el aire que la pera contenía, sino también los agentes terapéuticos de que este aire estaba saturado.

Muchos fisiólogos han creído que la trompa de Eusta-

quiu servía ademas para oir nuestra propia voz, pero respecto á este punto, es preciso establecer una distincion: es cierto que, cuando al hablar, abrimos la boca, el aire contenido en esta cavidad resuena; y como las vibraciones de este aire son transmitidas por medio de los huesos de la cabeza, hasta el interior del oido, la voz se hace más perceptible. Pero de esto no se deduce que la trompa de Eustaquio sea la vía ordinaria de transmision de nuestra voz; pues, para demostrar lo contrario, basta colocar un pequeño reloj en la cavidad bucal, en cuyo caso observaremos que el tic tac se oirá con tanta mayor dificultad, cuanto más nos vayamos acercando al punto de la faringe en que se halla la abertura de la trompa.

Ahora, es indudable que, en condiciones anormales, puede la citada trompa conducir accidentalmente la voz propia; como cuando al tiempo de bostezar, hablamos; porque, como la trompa está abierta, oiremos perfectamente nuestra voz.

Fuera de este caso, la voz que emitimos, las palabras que pronunciamos, llegan al laberinto, y desde él, al centro acústico, bajo la forma de vibraciones, que entrando por el pabellon y pasando por el conducto auditivo externo, impresionan la membrana del tambor, mueven la cadenilla de huesecillos, y comprimen la perilinfa por medio de la membrana oval.

No podemos dejar de consignar que muy recientemente Lucae ha visto, en dos casos de destruccion de la nariz ocasionados por la sífilis, que durante la fonacion y la deglucion, el orificio faríngeo de la trompa se *cerraba* (*Archiv. für path. Anat. und Phys.*). Pero, á pesar de la justa nombradía de este autor, no creemos que basten estos dos casos *patológicos*, para invalidar la opinion contraria fundada en muy sólidas razones y reforzada desde muy poco tiempo por la autoridad de Hartmann, quien opina que la trompa se convierte en un conducto rígido y

abierto en el acto de la deglucion, al paso que en estado de reposo sus paredes se aplican una contra otra *á la manera de una válvula*, la cual se cierra tanto más, cuanto la presion más se eleva (*Archiv. für Anat. und Phys.*).

§ 47.

*Conductibilidad de los huesos craneales.* — Además del transporte del sonido por medio del aire exterior, existe otro mecanismo, que en varias circunstancias llega á adquirir una importancia grande. Nos referimos á la conduccion del sonido, por el medio de los huesos del cráneo. Si habiéndonos tapado ambos oidos, acercamos un reloj á cualquiera de los dos, no nos será ya posible oír el *tic tac* que este reloj produce; pero, si, en semejantes condiciones, colocamos el reloj entre los dientes, ó lo apoyamos en la frente, ó en la apófisis mastoides, ó en el hueso occipital, distinguiremos dicho ruido con perfecta precision y claridad. En este caso, el sonido llega al oido interno, por el intermedio de los huesos craneales. Este experimento puede adquirir grande importancia para el diagnóstico, siempre que el médico, en vista de una sordera, trate de averiguar si depende de lesiones del laberinto ó de las parte externa ó media del oido; en el primer caso, el *tic tac* del reloj no podrá ser percibido por el enfermo, aun cuando lo apoye en los huesos craneales; al paso que en el segundo percibirá el ruido mediante la referida aplicacion.

Podría creerse, que cuando cogemos el reloj entre los dientes, la propagacion de sus vibraciones se verifica exclusivamente por el hueso temporal; pero la experiencia, ha demostrado que tambien en este caso la membrana timpánica vibra y los huesecillos se mueven. Lucae ha hecho evidente este fenómeno, á beneficio del método gráfico; y Politzer tambien lo ha comprobado, auscultando en el ca-

daver por la abertura del conducto auditivo interno, correspondiente al interior del cráneo, habiendo visto constantemente, que cuando los huesecillos se encuentran en su normal posición é integridad, los sonidos se perciben mucho mejor que cuando separaba un hueso, como el estribo, en cuyo caso quedaba interrumpida la normalidad de conducción.

Por lo demás, la transmisión del sonido por los huesos se comprueba á cada paso en Fisiología comparada; los peces, que carecen de pabellón, de conducto auditivo externo y de huesecillos, oyen perfectamente.

Deben, pues, admitirse para el fenómeno de la audición dos corrientes sonoras: la una, propagada por el aire, que atraviese el conducto auditivo, y la otra, por los huesos y partes sólidas del cráneo, y que es probable lleve mayor velocidad, pues ya hemos dicho que los sonidos se transmiten más rápidamente por los sólidos que por los gases.

#### § 48.

*Funciones del oído interno.* — Se ha venido creyendo hasta el presente, que además de las dos corrientes sonoras acabadas de explicar, existía otra tercera comunicación entre la caja timpánica y el interior del laberinto: esta comunicación se establecería por el aire, que transmitiría las indicadas vibraciones á la membrana redonda y á la rampa timpánica del caracol.

Hoy día, gracias á los trabajos de Mach y Kessel, ya no es posible admitir una opinión semejante, pues la membrana redonda, en lugar de obrar como un *segundo tímpano*, se hace *convexa* en su cara timpánica, cada vez que un sonido cualquiera viene á influir en el aparato auditivo. Este fenómeno se debe á que la perilinfa, porque á consecuencia de la presión que la base del estribo ejerce sobre la membrana oval, comprime á la ventana redonda en la

única direccion posible : es decir, en la direccion de la caja del tambor.

Descubriendo en un cadaver la caja timpánica, se puede observar que cuando se comprime el estribo contra la ventana oval, *aparece* inmediatamente la membrana redonda en el interior de la citada caja.

No es fácil calcular el camino que siguen las vibraciones sonoras comunicadas por este medio al agua del laberinto, á causa de la complicada estructura de este órgano. Se dice que la onda sonora transmitida por la cadena de huesécillos á la ventana oval llega al vestíbulo, desde donde se dirige por una parte al caracol y por otra á los conductos semicirculares. Que la que se dirige al caracol penetra en esta cavidad por la abertura de la escala vestibular recorriéndola en toda su extension hasta el vértice del cono, para desde allí entrar en la rampa espiral inferior ó escala timpánica, que tambien recorre hasta su extremidad, es decir, hasta la ventana redonda, cuya membrana cede á la presion inclinándose hácia el oido medio, pero recuperando su posicion primitiva por la elasticidad del aire de la caja. Que la que se dirige á los conductos semicirculares penetra sin duda en forma de ondas parciales en cada uno de estos conductos, y despues de recorrerlos, se reunen de nuevo en el vestíbulo para pasar al caracol, excitando de paso en todo su trayecto las fibrillas terminales del nervio acústico, que de este modo transmite al cerebro la nocion de los sonidos.

Sin embargo, por sencilla que parezca esta teoría, ello es cierto que sería muy difícil demostrarla, pues la linfa contenida en el laberinto, es decir, encerrada en un receptáculo de paredes resistentes, debe comportarse como un cuerpo sólido, recibiendo, por consiguiente, una *impulsion simultánea*. En efecto, la linfa, como todo líquido, es incompresible ; las paredes que la limitan sólo ceden en una pequenísima porcion : al ser comprimida es indudable que

tiende á desplazarse, no por partes y capa á capa, sino en conjunto y á un mismo tiempo. Falta averiguar en que punto cede la pared que la contiene, para conocer la extension precisa de su normal desplazamiento. Ahora bien estos puntos son tres: la membrana redonda, que como hemos indicado, se pone convexa hácia el lado de la caja; el acueducto del caracol, por donde se dirige á los intersticios subaracnoideos correspondientes; el acueducto del vestíbulo, que tambien cede algun tanto.

De lo dicho se deduce, que si bien existe desplazamiento de la perilinfa, este desplazamiento es sumamente reducido; que cada vez que la base del estribo comprime la membrana de la ventana oval, se transmite el movimiento en todas direcciones á la vez por el interior del laberinto membranoso. Sólo de esta manera el movimiento *total* de la perilinfa conmueve á los elementos terminales del nervio auditivo. No obstante, existe un punto, á cuyo nivel se engendran verdaderos torbellinos: nos referimos al estrecho orificio de cada cavidad ampular. Al ocuparnos en el estudio de las funciones de los conductos semicirculares, veremos la importancia de estas corrientes aisladas.

Desde el momento en que las ondas sonoras penetran en el oido interno, como los conductos semicirculares comunican con el vestíbulo y éste con el caracol; como cada una de estas partes constitutivas del laberinto está bañada por el mismo líquido, y como están animadas todas por derivaciones del mismo nervio, parece que deben contribuir, hasta cierto punto, á un objeto comun con respecto á las impresiones que reciben, sin que pueda admitirse que cada una de ellas ejerza funciones diferentes en el fenómeno de la audicion.

A pesar de todo, si tenemos en cuenta las diferencias de forma y estructura del vestíbulo y de los conductos semicirculares, tanto entre sí como con relacion al caracol, la

diversa clase de ondas sonoras que reciben y, sobre todo, el distinto modo de terminacion de los filetes nerviosos en cada uno de estos puntos, parece lógico suponer que, aunque todos contribuyen á un objeto comun, lo hacen, sin embargo, prestando cada uno diferente servicio.

De ahí que tengamos que dividir la fisiología del oido interno en dos secciones diferentes : una relativa á las funciones del vestíbulo y de los conductos semicirculares, y otra referente al caracol.

*Funciones del vestíbulo y de los conductos semicirculares.*  
— Puesto que el vestíbulo y los conductos semicirculares están revestidos de un laberinto membranoso que no alcanza al caracol ; puesto que las terminaciones del nervio auditivo en las ampollas ó dilataciones de *los conductos semicirculares* se encuentran en la capa epitelial de las mismas en forma de cilindro ejes desprovistos de su vaina y en contacto con los pelos rígidos y finos que en este mismo sitio se hallan implantados ; puesto que estas terminaciones nerviosas se aplican *en los sacos vestibulares* sobre los otolitos ó concreciones pulverulentas de carbonato de cal, y puesto que en la *lámina espiral del caracol* están dispuestas á la manera de las cuerdas de un arpa, nada tendría de extraño que en cada una de las partes en que se divide el oido interno se produjera por las ondas sonoras una impresion distinta, adquiriendo de este modo la noción del tono, de la intensidad ó del timbre de los sonidos. Es, sin embargo, tan vago todo lo que sabemos con respecto á este punto y merecen tan poca confianza las suposiciones aceptadas con más ó menos entusiasmo por los diferentes fisiólogos, que nos limitaremos á indicar, siquiera sea brevemente, la teoría de M. Helmholtz, única que en nuestro concepto reúne algunas probabilidades de exactitud, por lo que se refiere á la fisiología del caracol, así como la hipótesis de Coyne, por todo lo tocante á la del vestíbulo y de los conductos semicirculares.