

# CAPÍTULO 1

## El Aparato de Equilibrio

Autor: Martín Bellver

---

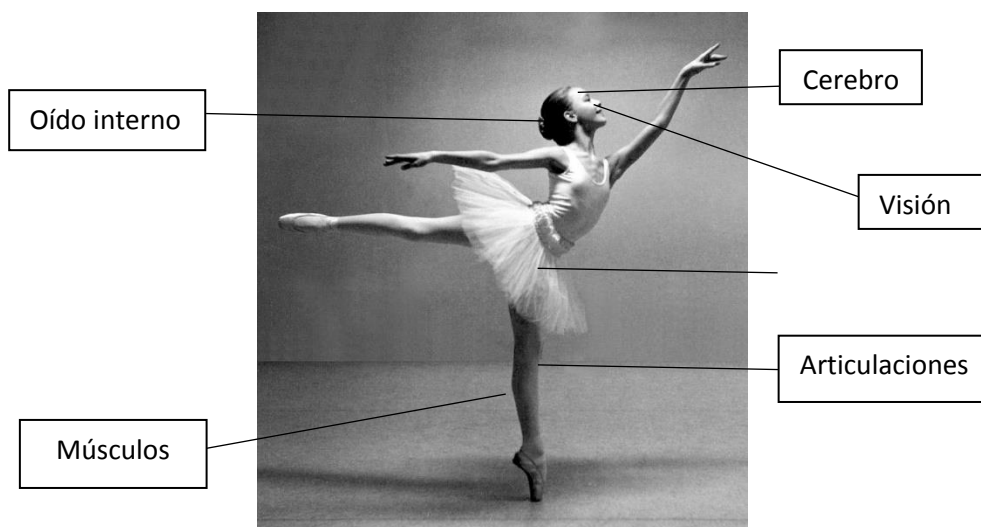
El aparato de equilibrio comprende el conjunto de estructuras que contribuyen a que podamos mantenernos de pie sin apoyarnos. Tiene 3 funciones principales: brindarnos sensación de movimiento, estabilizar la mirada cuando nos desplazamos o movemos la cabeza y ajustar nuestra postura tanto en superficies firmes como inestables. Para realizar estas funciones se basa en 3 componentes sensoriales (Fig. 1.1):

**El sistema visual-** formado por nuestros ojos y sus proyecciones a la corteza visual cerebral y a otros sectores del cerebro.

**El sistema propioceptivo-** formado por receptores mecánicos ubicados en piel, músculos, tendones y ligamentos.

**El sistema vestibular-** integrado por el laberinto, el nervio vestibular, los núcleos vestibulares y el cerebelo.

### COMPONENTES DEL APARATO DE EQUILIBRIO

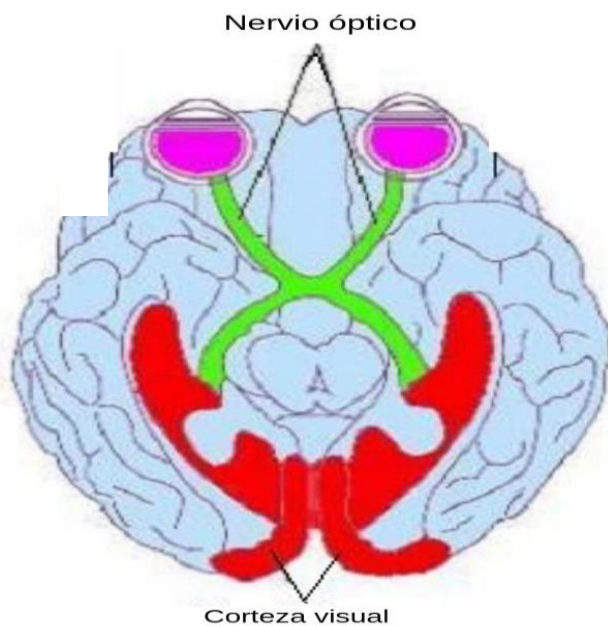


**Figura 1.1** El aparato de equilibrio utiliza información de posición y movimiento del laberinto, la visión y la propiocepción. Adaptado de Helland.

Una falla en cualquiera de los componentes del aparato de equilibrio puede generar un trastorno en su funcionamiento manifestándose por: mareos, vértigo, inestabilidad y náuseas.

## LA VISIÓN

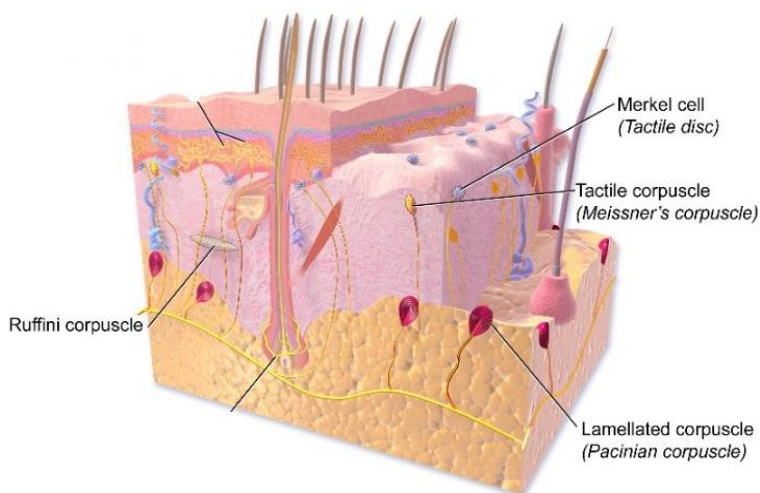
La visión tiene una función importante en nuestra capacidad de equilibrarnos, orientarnos en el espacio y procesar el movimiento propio y de objetos alrededor nuestro. Si permanecemos parados con los ojos cerrados, podemos notar un leve balanceo que disminuye cuando abrimos los ojos. Para asistirnos a mantener el equilibrio, las áreas visuales de la corteza cerebral proyectan a los núcleos vestibulares ubicados en la base del cerebro o tronco encefálico (Fig. 1.2).



**Figura 1.2** El sistema visual envía información de posición y movimiento desde la corteza visual a las áreas vestibulares en la base del cerebro. Adaptado de William Vroman.

## EL SISTEMA PROPIOCEPTIVO

Existe un sistema de receptores de presión y estiramiento denominados propioceptores o mecanoreceptores, ubicados en piel, tendones, fascia, músculos y articulaciones, que permiten conocer la posición del cuerpo. Los propioceptores convierten estímulos mecánicos como la presión o elongación en impulsos eléctricos para su transmisión al sistema nervioso central (Fig. 1.3).



**Figura 1.3** Los receptores mecánicos o propioceptores de la piel forman parte del aparato equilibrio. Imagen: NIH

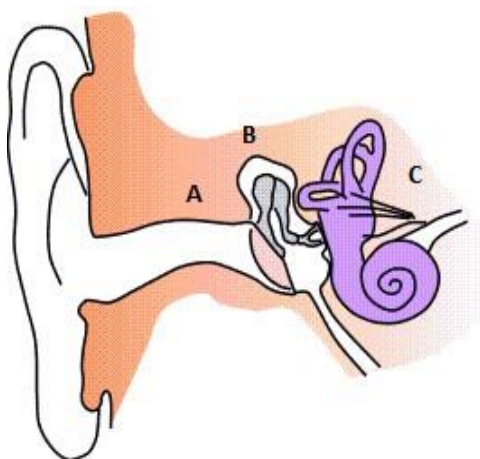
## EL OÍDO INTERNO

El oído se divide en 3 partes (Fig. 1.4):

**El oído externo-** formado por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo. Su función es amplificar los sonidos y transmitirlos a la membrana timpánica.

**El oído medio-** una cavidad aérea que contiene tres huesos pequeños en cadena que transmiten y amplifican los sonidos hacia el oído interno.

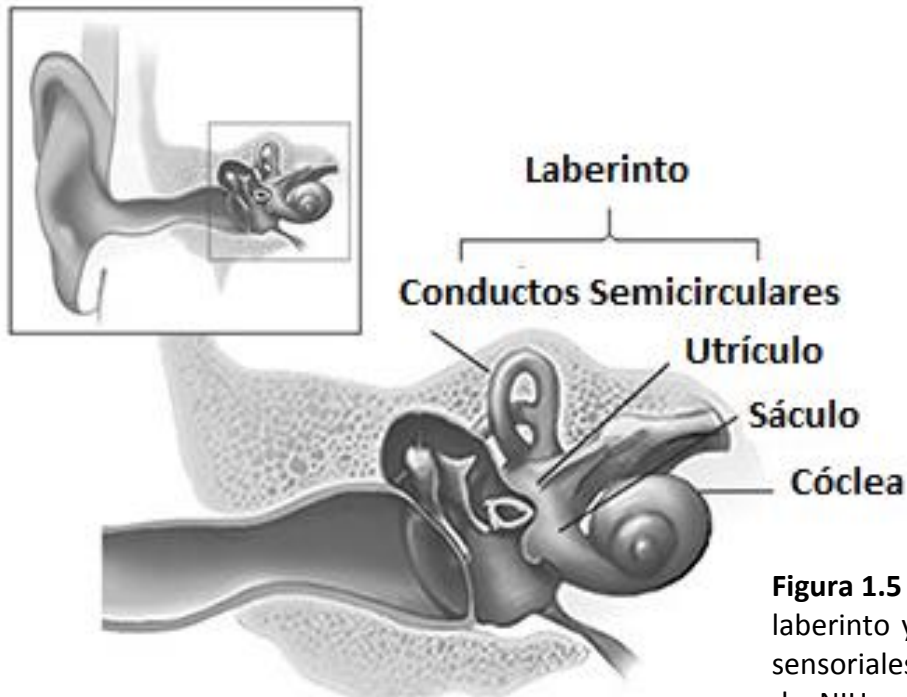
**El oído interno-** ubicado en la profundidad del hueso temporal contiene el laberinto, estructura relacionada en convertir los estímulos auditivos y de movimiento en impulsos nerviosos que el cerebro puede interpretar.



**Figura 1.4** Las 3 compartimentos del oído: A) oído externo B) oído medio C) oído interno. Adaptado de Lain.

## EL LABERINTO

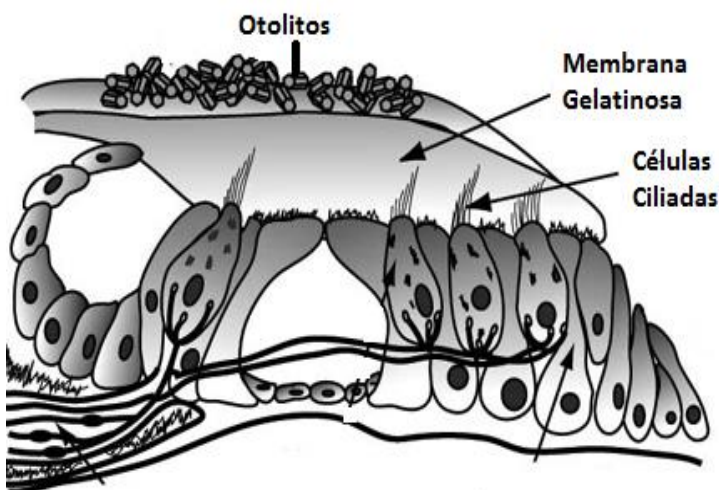
El laberinto es una estructura dentro del oído interno que contiene sensores de movimiento y de audición. Se divide en tres partes: el vestíbulo, los conductos semicirculares y la cóclea (Fig. 1.5). Contiene un líquido denominado endolinfa que baña las terminaciones nerviosas en su interior. Es dentro del laberinto, en los conductos semicirculares y el vestíbulo, que se encuentran las células sensibles a la gravedad y al movimiento de nuestro aparato de equilibrio.



**Figura 1.5** Ubicación del laberinto y sus órganos sensoriales. Adaptado de NIH.

## El Vestíbulo

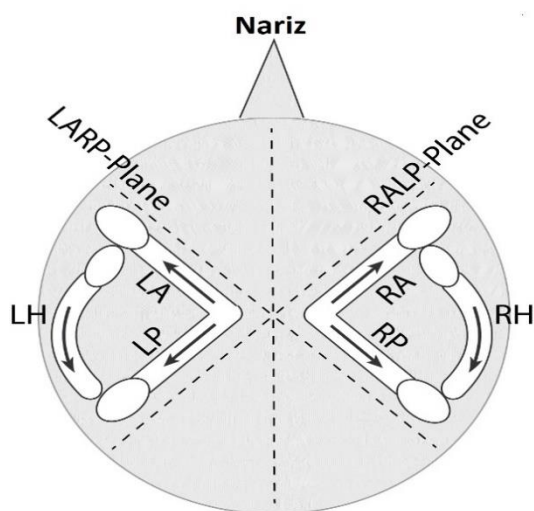
El vestíbulo, la parte central del laberinto, contiene dos órganos importantes para el equilibrio, el utrículo y el sáculo, nuestros sensores de gravedad y aceleración. El utrículo y el sáculo contienen otolitos u otoconias: cristales de carbonato de calcio envueltos en una matriz gelatinosa (mácula). Los otolitos se apoyan sobre unas células llamadas ciliadas, debido a sus prolongaciones en forma de pelos (Figura 1.7). La función de los otolitos es desplazar las células ciliadas del vestíbulo cuando nuestras cabezas están expuestas a fuerzas de aceleración.



**Figura 1.7** Las fuerzas de gravedad ejercen presión sobre los otolitos, que a su vez desplazan las células ciliadas, generando un impulso nervioso que el cerebro puede interpretar. Adaptado de NASA.

## LOS CONDUCTOS SEMICIRCULARES

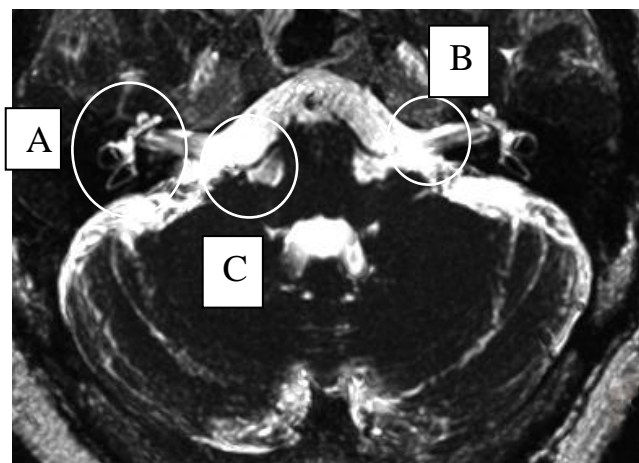
Los conductos semicirculares son tres tubos en forma de C, que al igual que el resto del laberinto contienen líquido endolinfático. Se activan según en que plano se efectúa un movimiento. Están orientados en tres direcciones distintas, para que seamos sensibles a movimientos en las tres dimensiones. Se denominan según su orientación como: horizontal, anterior y posterior. Los conductos semicirculares están alineados de a pares: el conducto semicircular anterior se encuentra en el mismo plano que el posterior del lado opuesto, igual que ambos canales horizontales (Fig. 1.8). Gracias a esta disposición el sistema vestibular tiene 2 sensores de velocidad para cada plano de movimiento, constituyendo un mecanismo de seguridad en caso de lesión.



**Figura 1.8** Orientación de los tres conductos semicirculares. Las flechas representan el plano de mayor sensibilidad de cada canal. LA- anterior izquierdo, LP- posterior izquierdo, LH- horizontal izquierdo, RA- anterior derecho, RP- posterior derecho, RH- horizontal derecho. Adaptado de Thomas Haslwanter.

## EL SISTEMA VESTIBULAR CENTRAL

El sistema vestibular cerebral o central actúa como estación de relevo e integración para las señales provenientes de la visión, el oído interno y los receptores propioceptivos. Sus dos áreas principales son los núcleos vestibulares, ubicados en el tronco encefálico, y el cerebelo (Fig. 1.9).



**Figura 1.9** Imagen de resonancia nuclear magnética donde se observan: A) los conductos semicirculares B) el nervio vestibular y C) su entrada a la base del cerebro. Imagen: Nevit Dilmen.



El sistema vestibular central utiliza la información proveniente de los receptores de movimiento para:

- 1) Percibir el movimiento
- 2) Generar movimientos posturales compensatorios
- 3) Generar movimientos de oculares

## 1) LA PERCEPCIÓN DEL MOVIMIENTO

Los núcleos vestibulares del tronco encefálico, proyectan a áreas sensitivas de la corteza cerebral donde se genera la sensación de movimiento (principalmente el opérculo parietal y el área insular posterior). A medida que nos desarrollamos y empezamos a movernos, nuestro sistema vestibular central aprende a interpretar las señales provenientes de sus distintos sensores y diferenciar distintas formas y velocidades de movimiento. En nuestra primera infancia, juegos como hamacas, toboganes y calesitas estimulan nuestro cerebro con movimientos en distintos planos, velocidades y aceleraciones y nos permite aprender a interpretar la información proveniente de nuestros sensores de movimiento. De adultos, utilizamos este programa interno para interpretar aceleraciones, movimientos rápidos y desbalances para poder desplazarnos en distintas superficies sin riesgo de caernos.

## 2) LAS REACCIONES DE EQUILIBRIO Y LOS REFLEJOS VESTÍBULO-ESPINALES

El sentido del equilibrio se desarrolla a través de la experiencia. Tardamos alrededor de un año en dar nuestros primeros pasos y recién a los tres años un niño puede subir escaleras sin sujetarse. Los reflejos vestibulo-espinales permiten mantener el equilibrio al estar de pie y caminar. En el caso de un tropezón o al caminar sobre una superficie inestable, debemos ajustar en forma refleja el tono de nuestra musculatura para recuperar el equilibrio lo más rápidamente posible. El sistema vestibular central recibe información de los distintos sensores de movimiento y envía señales apropiadas a la musculatura para corregir la postura (Fig. 1.10).



**Figura 1.10** Los reflejos vestibulo- espinales nos permiten realizar ajustes rápidos para no perder el equilibrio. Imagen: Adam

### **3) EL SISTEMA DE EQUILIBRIO Y LOS MOVIMIENTOS OCULARES**

El laberinto está estrechamente relacionado con los movimientos oculares. Cuando caminamos nuestra cabeza realiza pequeñas oscilaciones. Los conductos semicirculares compensan estas oscilaciones enviando señales a los músculos oculares para mover los ojos en sentido contrario a los movimientos cefálicos, permitiendo mantener la mirada estable. Sin estos impulsos provenientes del oído interno, la visión se nubla al mover la cabeza.

### **LOS MAREOS DE ORIGEN VESTIBULAR**

Nuestros sensores de movimiento propioceptivos, visuales y laberínticos están sincronizados y envían señales en simultáneo al sistema vestibular central. Al caminar, girar o subir una escalera, recibimos las señales de movimiento de estos 3 sistemas. Por ejemplo al girar la cabeza hacia la derecha, ambos laberintos, los propioceptores del cuello y el sistema visual enviarán señales de giro a derecha, generando una sensación armónica de movimiento.

Los mareos en los trastornos vestibulares reflejan un error en la llegada o procesamiento de la información proveniente de nuestros sensores de movimiento. Estas fallas pueden deberse a una alteración o lesión en los sensores de movimiento (visión, laberinto, propiocepción), en sus proyecciones o a nivel del sistema vestibular central.

**Puede leerse una versión más completa del capítulo en:**

