

Los nutrientes y los alimentos

De acuerdo con la cantidad en que se encuentran en los alimentos, podemos distinguir dos tipos de nutrientes: los macronutrientes y los micronutrientes. Los **macronutrientes** son los componentes mayoritarios de los alimentos y los que, a la vez, se necesitan en abundancia. Son las proteínas, los carbohidratos, los lípidos y el agua.

Los **micronutrientes**, en cambio, son componentes minoritarios de los alimentos, como las vitaminas y los minerales, y se requieren en dosis ínfimas. Por ejemplo, la recomendación nutricional para un individuo adulto es consumir de 0,8 a 1 g de proteína por kilo de peso al día. Estas se encuentran, entre otros, en las carnes y los lácteos. Pero tan solo 15 mg diarios de

vitamina E son suficientes para satisfacer las necesidades diarias de este micronutriente, existente en los aceites vegetales, las verduras de hoja y los cereales.

Algunos de estos nutrientes, como ciertos ácidos grasos y aminoácidos (componentes de las grasas y de las proteínas, respectivamente), algunas vitaminas y algunos minerales, se consideran **esenciales** porque el organismo los requiere para su funcionamiento pero no puede producirlos, sino que debe obtenerlos por medio de la alimentación.

Sin olvidarnos del **agua**, el componente más abundante y fundamental en todos los seres vivos, veamos qué características tienen los principales grupos de nutrientes.

Vitaminas y minerales

En cantidades pequeñas, son nutrientes clave para el funcionamiento saludable de nuestro cuerpo. Por ejemplo, la vitamina D es fundamental para la incorporación de calcio en nuestros huesos y dientes. Su déficit en la infancia genera raquitismo. A la vez, el calcio y el magnesio son dos minerales que permiten la contracción de los músculos.

Carbohidratos

Son la principal fuente de energía. Se incorporan en las células para su utilización inmediata (como glucosa) o bien quedan de reserva (como glucógeno) para ser usados en otros momentos. A este grupo también pertenecen las **fibras alimentarias** (celulosa, quitina, etc.) que no pueden ser absorbidas por nuestro organismo, pero ayudan a regular el proceso digestivo.



Lípidos

Tienen función estructural y energética. Si se incorporan pocos carbohidratos con la alimentación, cuando estos se agotan, el organismo recurre a los lípidos como fuente de energía. Pero si los carbohidratos son excesivos, el cuerpo los transforma y los almacena en forma de lípidos. Así se forman los depósitos de grasa en nuestro cuerpo.

Proteínas

Forman mayoritariamente la estructura de nuestro cuerpo. Por ejemplo, todos los músculos se contraen y se relajan por la acción de proteínas. Entre las proteínas se encuentran también las denominadas enzimas, que posibilitan las funciones vitales. Otras proteínas actúan en la defensa del organismo (anticuerpos) y otras, en el transporte de sustancias, como la hemoglobina de la sangre que lleva el oxígeno a los diferentes tejidos.

Tipos de alimentos

Como te contamos, en una comida se combinan diversos alimentos de variadas formas para la elaboración de platos cuyas recetas pasan de generación en generación en cada familia y en cada comunidad, siguiendo distintas tradiciones y costumbres. Hay quienes comen platos muy elaborados, quienes disfrutan de comidas más livianas y quienes comen animales o vegetales que jamás pensaríamos que son comestibles. Lo más importante: si de los alimentos que ingerimos podemos obtener todos y cada uno de los nutrientes necesarios en calidad y cantidad, tendremos una alimentación adecuada.

Los alimentos que ingerimos poseen los nutrientes en distintas proporciones.

- Los **cereales** (trigo, maíz, avena, arroz, cebada, centeno), que consumimos en forma de harinas o de granos enteros, son la fuente más importante de carbohidratos en nuestra alimentación. Contienen, además, algunas proteínas, vitamina B y son ricos en minerales como el magnesio, el potasio, el fósforo y el selenio.
- Los **cereales integrales** son aquellos que ya mencionamos, en los cuales los granos o semillas han conservado todas sus partes, incluyendo la capa más externa, rica en fibras. A pesar de que los seres humanos no podemos digerir las fibras, estas no deben faltar en nuestra dieta porque facilitan el tránsito por el intestino del alimento no digerido (las heces).
- Las **legumbres** (porotos, arvejas, lentejas, garbanzos) también aportan carbohidratos, pero su contenido en proteínas vegetales es mayor que el de los cereales.
- Las **frutas y verduras** son ricas en minerales y vitaminas, y a través de ellas nuestro organismo incorpora agua. Los **frutos secos**, como las almendras y las nueces, aportan lípidos y proteínas.
- Los **lácteos y sus derivados**, como el yogur y los quesos, nos aportan proteínas y lípidos, además del calcio necesario para los huesos y los dientes.
- Al comer **carnes rojas** (como la carne vacuna) y **blancas** (pollo y pescados) ingerimos proteínas, minerales (hierro, calcio), vitaminas y, en menor medida, lípidos. La clara de huevo es también una fuente proteica.

No hay que olvidar que nuestro cuerpo está constituido en su mayor parte por agua, por eso es indispensable reponer la que perdemos bebiéndola a voluntad.

El valor energético de los alimentos

¿Cuánta energía nos provee uno u otro alimento? Depende de la composición y de la proporción en que se encuentran los nutrientes. Por lo tanto, cada alimento libera una cantidad de energía diferente, que denominamos **valor calórico o energético**. Se mide en **kilocalorías (kcal)**, que también son denominadas "calorías alimentarias" (Cal), es decir que 1 Cal = 1 kcal. Su cálculo consiste en la suma de kilocalorías que aportan (en distintas proporciones) los nutrientes que lo componen.

- 1 g de carbohidratos produce 4,1 kcal.
- 1 g de lípidos produce 9,3 kcal.
- 1 g de proteínas produce 4,1 kcal.

La primera fuente de energía a la que el organismo siempre recurre son los carbohidratos. Cuando estos se agotan –como ya mencionamos– es el turno de los lípidos, y luego, el de las proteínas.

Kilocalorías

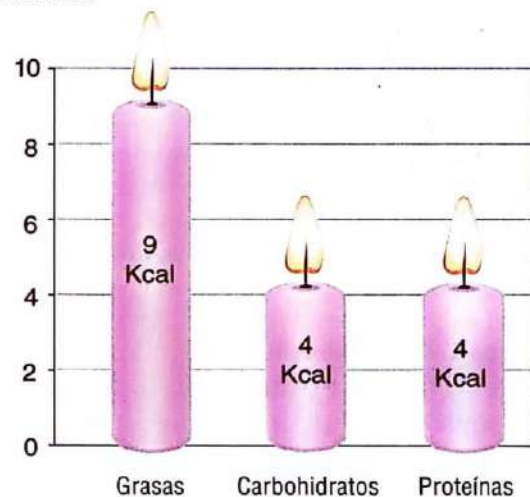


Gráfico que muestra la cantidad de kilocalorías que aporta un alimento que contiene un gramo de lípidos, o de carbohidratos o de proteínas.



- ¿Qué tipos de alimentos predominan en tus comidas habituales? ¿Qué tipos de nutrientes aportan?
- Un vaso de leche descremada aporta 92 kcal. Un vaso de leche entera, en cambio, 114 kcal. ¿A qué se debe esta diferencia?

La alimentación saludable

La mejor forma de evitar enfermedades y –hasta cierta edad– favorecer el crecimiento y el desarrollo es tener una **alimentación saludable**. Este tipo de alimentación tiene que ser balanceada, es decir, debe aportarnos alimentos en la cantidad y calidad adecuadas de nutrientes que el organismo requiere para cubrir sus necesidades de materia y energía.

También es importante que la alimentación sea **segura**, de modo que al comer no estemos introduciendo en nuestro organismo ningún agente nocivo para la salud. Si una comida, por balanceada y completa que sea, está preparada con algún ingrediente en mal estado de conservación, fue realizada con

escasa higiene o posee algún elemento tóxico, podemos enfermarnos. Lo mismo puede suceder con el agua que bebemos: debe ser agua potable que provenga de una fuente segura.

Consejos nutricionales

En nuestro país, la Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas ha redactado **guías alimentarias** con recomendaciones y consejos útiles para una alimentación saludable. En ellas se incluye un gráfico llamado **óvalo nutricional** que muestra en qué proporción se deben consumir los diversos grupos de alimentos.



Diez consejos para una alimentación saludable

1. Comer con moderación e incluir alimentos variados en cada comida.
2. Consumir todos los días leche, yogures o quesos, en todas las edades.
3. Comer frutas y verduras de todo tipo y color.
4. Comer una amplia variedad de carnes rojas y blancas, retirando la grasa visible.
5. Preparar las comidas con aceite crudo y evitar la grasa para cocinar.
6. Disminuir el consumo de sal y azúcar.
7. Consumir variedad de panes, cereales, pastas, harinas, féculas y legumbres.
8. Disminuir el consumo de bebidas alcohólicas y evitarlo en niños, adolescentes, embarazadas y madres lactantes.
9. Tomar abundante agua potable a lo largo del día.
10. Aprovechar el momento de las comidas para el encuentro y el diálogo con otros.

En el óvalo nutricional, el tamaño con el que se muestran los grupos de alimentos es directamente proporcional a las cantidades que se recomienda consumir de cada grupo.

Los requerimientos nutricionales

Seguramente escuchaste o viste publicidades sobre algún alimento en las que se mencionaba que si consumimos una porción diaria de ellos cubrimos parte de los **requerimientos nutricionales** para determinados nutrientes. ¿En qué consisten estos requerimientos? Se denomina así a la cantidad y la variedad de nutrientes que el organismo necesita incorporar para mantener un estado saludable. En general, la alimentación diaria debe incluir del 50 al 60% de carbohidratos, del 12 al 20% de proteínas y del 25 al 30% de lípidos, esto es, una dieta de 2.000 a 3.000 kcal diarias.

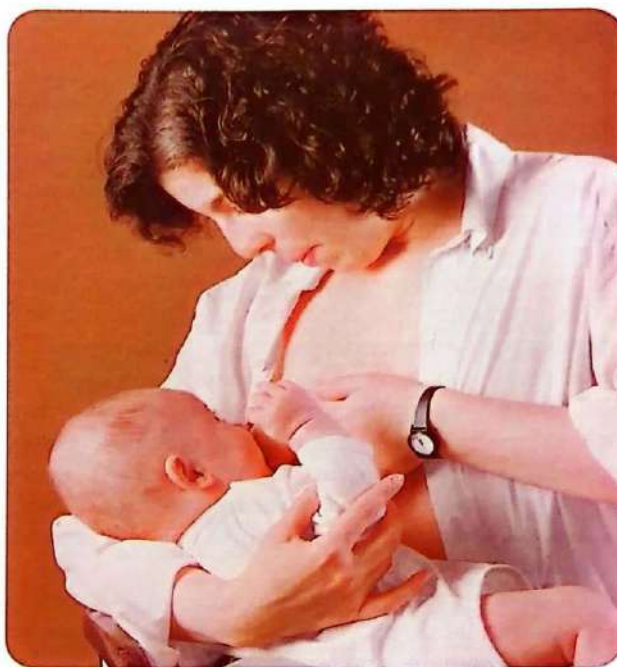
Los requerimientos pueden variar de acuerdo con los hábitos de la persona, la práctica de deportes, su estado de salud y su edad.

Como nuestras necesidades se van modificando a medida que crecemos, se producen cambios en la alimentación en las diversas etapas de la vida. Un niño o niña que está creciendo, o un adolescente, necesitan alimentarse en forma distinta de la de un adulto. Esto sin considerar que si además practica un deporte, necesitará incorporar más nutrientes.

- Durante los primeros meses de la vida de un **bebé**, la mejor alimentación es la lactancia materna. La leche que da la mamá a su bebé a través del pecho contiene todos los nutrientes necesarios para que crezca fuerte y sano. Hasta los seis meses de edad puede ser su fuente de alimentos en forma exclusiva, y luego irá sumando paulatinamente otros alimentos. Otra alternativa es la leche maternizada, para los casos en que no se dispone de leche materna o es insuficiente.
- En la **infancia** y en la **adolescencia**, cuando el crecimiento del cuerpo es muy importante, una adecuada alimentación permite consolidar los



Durante toda la vida, pero sobre todo en la niñez y en la adolescencia, es imprescindible realizar por lo menos cuatro comidas diarias.



La lactancia suma a la nutrición un beneficio adicional: la leche materna contiene defensas (anticuerpos) que protegen al niño de todas las enfermedades a las que ha estado expuesta su mamá durante toda su vida.

- huesos, el desarrollo de la musculatura y la eficiente función del cerebro, para asegurar el aprendizaje, la memoria y una evolución psicofísica acorde con cada edad. En estas etapas son muy importantes los aportes adecuados de proteínas, minerales y vitaminas.
- En los **adultos**, dado que el crecimiento se ha detenido, la ingesta de alimentos debe ser adecuada al gasto de energía que cada persona realice, adaptando su alimentación a sus hábitos de vida y al tipo de trabajo que lleve a cabo.
- El **embarazo** es un estado especial en el que la alimentación es clave para la salud tanto de la mamá como del bebé. En ese momento, lo que consume la madre tendrá efecto en el crecimiento y el desarrollo de su hijo. Por lo tanto, es muy importante que la alimentación sea balanceada.
- En la **vejez**, el gasto de energía se reduce aun más que en la adultez, y la aparición de algunas enfermedades hace que una alimentación saludable contribuya mucho para mejorar la calidad de vida. En adultos mayores que tienen dificultad para regular el aprovechamiento de azúcares, será necesario reducir su consumo. A su vez, el uso controlado de sal previene la hipertensión.

La malnutrición

Es frecuente asociar el peso de una persona con su condición de salud. "¡Qué gordito, qué sanito que está!". O bien: "Esa chica está muy flaca, ¿no estará enferma?". Son frases que se reiteran. Sin embargo, el peso no es el indicador más acertado, o el único, para evaluar nuestra salud. Veamos por qué.

La **malnutrición** es un desequilibrio en la ingesta de nutrientes que afecta el funcionamiento del organismo y altera nuestra salud. Estos desequilibrios pueden suceder por el consumo exagerado de alimentos o hipernutrición, que lleva a la **obesidad**. Esta es una enfermedad crónica de múltiples causas, entre las cuales se encuentra la ingestión en exceso de alimentos ricos en grasas y azúcares, sumado al hábito de vida sedentario, que significa que una persona se mueve muy poco.

En el otro extremo, una alimentación insuficiente o un desequilibrio en el contenido nutricional de los alimentos que incorporamos genera **desnutrición**. Si consideramos que en los primeros años de vida el crecimiento es muy rápido, la desnutrición en esta etapa puede tener consecuencias graves para la salud. En esta etapa sucede el crecimiento y desarrollo del cerebro, por lo cual la desnutrición puede afectar su evolución normal, con efectos permanentes en el desarrollo intelectual de la persona.

Déficit o exceso de un nutriente

Además de los casos de obesidad y desnutrición, existe otra posibilidad de malnutrición que se relaciona específicamente con la ingesta deficitaria o excesiva de un nutriente en particular, como una vitamina o un mineral. Por ejemplo, la falta de hierro en la dieta produce disminución de la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos (**anemia**); la deficiencia de yodo, una enfermedad llamada **bocio endémico**, que afecta a la glándula tiroides, etcétera.

Estas enfermedades se revierten, y a veces se previenen, con la incorporación del nutriente faltante en la dieta. Por ejemplo, en nuestro país, la ley 17.259 prevé el agregado de yodo a la sal de mesa para evitar el bocio endémico y la ley 25.630 obliga a fortificar la harina de trigo con hierro, entre otros nutrientes, para prevenir la anemia ferropénica.

Aunque no suelen ser frecuentes, también se producen enfermedades por el exceso de un nutriente. Por ejemplo, la **hipervitaminosis D** es ocasionada por el exceso de esa vitamina. Es difícil que tenga lugar en forma natural con alimentos habituales, lo más frecuente es que ocurra por ingestión de complementos dietarios y puede resultar grave. El problema se soluciona al quitar de la dieta el nutriente en exceso o al dejar de consumir el complemento.

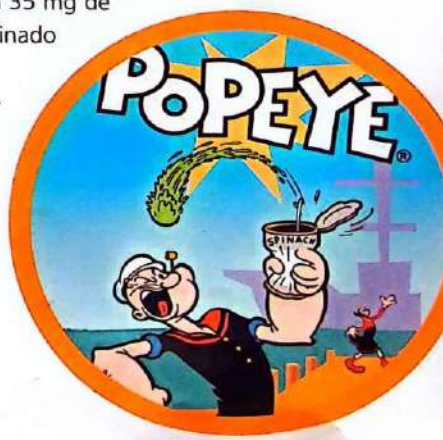
DERRIBANDO MITOS

Dm

¿Es verdad que al comer espinaca tenemos más fuerza?

No, y habría que hacérselo saber a los seguidores de Popeye, personaje que popularizó esta creencia. Habría que aclarar, también, que este error se originó en una nota en tono de broma escrita hace más de ochenta años en una revista científica. Según parece, el trabajo se publicó en el *British Medical Journal* con motivo de una celebración especial y no era verdadero. En él se decía que 100 g de espinaca contenían 35 mg de hierro cuando, en realidad, el químico alemán Erich von Wolf había determinado en 1870 que 100 g de esta verdura aportaban 3,5 mg de hierro.

Este pequeño "error en la coma" causó la confusión de que la espinaca tenía una cantidad de hierro excepcional para fortalecer el cuerpo, idea que fue empleada por el creador de Popeye: el valiente marino engullía rápidamente el contenido de una lata de espinacas e inmediatamente adquiría una fuerza descomunal. Lo cierto es que si una persona ingiere espinaca como única fuente de hierro, en poco tiempo tendrá anemia. Para evitar enfermarse, un hombre necesitaría comer 2,5 kg de esta verdura por día; y una mujer, 3,8 kg. Un guiso de lentejas o un churrasco de hígado proveen bastante más hierro que una porción de espinaca.



Trastornos alimentarios



Los trastornos alimentarios, relacionados con la conducta alimentaria, fueron descritos por primera vez en la Edad Media como "enfermedades misteriosas" caracterizadas por una gran pérdida de peso, resultado de una dieta de hambre autoimpuesta. En los registros de la época se afirmaba que estas enfermedades verdaderamente transformaban a las personas afectadas.

A fines del siglo XVII, el médico inglés Richard Morton fue el primero en describir minuciosamente estas patologías. Aunque hubo varios casos clínicos con esta descripción, fundamentalmente en mujeres jóvenes, recién en 1870 el médico inglés William Gull puso nombre a una de estas enfermedades: *anorexia nerviosa*.

En la actualidad sabemos que existen trastornos o enfermedades relacionados con la conducta alimentaria, que incluyen aspectos biológicos pero que están fuertemente influenciadas por el entorno social. Estas patologías alimentarias son bastante comunes y tienen una gran repercusión porque si no se tratan a tiempo pueden tener consecuencias muy graves sobre la salud general de las personas que las padecen. Su aparición y su evolución están relacionadas con los parámetros de belleza y éxito que imperan en una sociedad, por ejemplo, cuando se sobrevalora la propia imagen y se le da mucha más importancia a lo exterior que a lo interior. Estos parámetros sociales pueden inducir a algunas personas a tener una imagen corporal distorsionada: si una persona al mirarse

al espejo percibe que está obesa, aunque esto no sea así, tenderá a modificar su conducta alimentaria. A esta deformación de la imagen corporal se la denomina **dismorfofobia**.

El trastorno de la conducta alimentaria más frecuente en este sentido es la **anorexia nerviosa**. Una persona que padece esta enfermedad prácticamente deja de comer, o come muy poco, y, al mismo tiempo, suele aumentar su actividad física con el objetivo de bajar de peso. No obstante, al tener una imagen corporal distorsionada, nunca se encuentra conforme con el resultado de su dieta, entonces aumenta sus esfuerzos para adelgazar y genera un círculo vicioso de mala alimentación que puede afectar su salud y llevarla incluso hasta la muerte.

Otra patología alimentaria de alta frecuencia en nuestra población es la **bulimia**, que también se caracteriza por una exagerada preocupación de la persona por su peso. A diferencia de la anorexia nerviosa, la conducta bulímica atraviesa ciclos. En momentos de apetito voraz, consume grandes cantidades de comida, usualmente hipercalórica, en forma de atracones, a los que siguen episodios de vómitos provocados o ingesta de laxantes con el objetivo de eliminar lo ingerido antes de que sea incorporado.

A veces se piensa que estos trastornos alimentarios son exclusivamente femeninos, pero si bien afectan más a las chicas, también los varones los padecen. Suelen hacer su eclosión durante la adolescencia, y su curación depende de que sean detectados tempranamente. Su tratamiento requiere un equipo de salud interdisciplinario que incluye médicos, nutricionistas, psicólogos, terapeutas ocupacionales, y el acompañamiento de la familia y los amigos o compañeros.



En todo el mundo se realizan campañas sobre anorexia y bulimia. Su propósito es la prevención de estas enfermedades y la ayuda a personas afectadas.

Trastornos de la alimentación: obesidad y desnutrición, anorexia y bulimia

¿Es beneficioso seguir los modelos actuales y realizar dietas sin un correcto conocimiento de nuestras necesidades calóricas?

En nuestro país, al igual que en el resto del mundo, hay gente que come en exceso y otra que come muy mal. Por ejemplo, muchos argentinos consumen poca cantidad de frutas, verduras y pescados, y en cambio se exceden con las carnes, el pan y las pastas. El 30%, incluso, presenta niveles de colesterol elevado y bebe alcohol en demasía.

Entre los principales trastornos nutricionales figuran la obesidad, o hipernutrición, la desnutrición, la bulimia y la anorexia nerviosa.

- Obesidad o hipernutrición.** Trastorno causado por la *ingesta exagerada de alimentos*, provocada, a su vez, por desequilibrios de tipo psicológico u hormonal, los cuales pueden tener asimismo un origen genético. Un individuo es considerado obeso cuando presenta un sobrepeso del 15-20% en relación con el esperado para su estatura y su edad. La obesidad está definida por el *exceso de grasa corporal*. Consecuencias: enfermedades cardiovasculares, vrices, cálculos biliares, hipertensión arterial y problemas psicológicos.
- Desnutrición.** Trastorno provocado por la *ingesta deficiente de distintos alimentos* y, por lo tanto, de los nutrientes esenciales. Presenta síntomas variados, ya que *afecta a todos los órganos*, y efectos potencialmente reversibles, aunque pueden resultar irreversibles en los primeros meses de vida. Sus causas son en especial de origen socioeconómico.
- Bulimia y anorexia nerviosa.** Se caracterizan por un comportamiento anormal en cuanto a la ingesta de alimentos. Hay un *temor patológico a la obesidad*, que se presenta especialmente en la adolescencia. Las causas son psicológicas, y por lo general se relacionan con problemas familiares, de comunicación, etc. En esta etapa vulnerable del desarrollo, los medios de comunicación influyen muchísimo. El mensaje antagónico dice *“Comé este helado sin parar”, “No dejés de comer”,* etc. Y por otro lado, la moda exige siluetas cada vez más delgadas, y se ofrecen innumerables dietas y regímenes para adelgazar. Si saben de alguien que padezca estas disfunciones, la ayuda de ustedes resultará fundamental. Pueden solicitar información en la escuela y recurrir a instituciones que atienden a personas con trastornos nutricionales.



Afiche de una campaña sueca para concientizar sobre los problemas relacionados con los desórdenes alimenticios.



En el capítulo 7 se analizan trastornos circulatorios relacionados con la hipernutrición e hiponutrición, y en el 11, los trastornos glandulares relacionados con la hiposecreción e hipersecreción hormonal.

BULIMIA	ANOREXIA NERVIOSA
En menos de dos horas, se ingiere una cantidad excesiva de alimento, generalmente de alto contenido energético. A esto sigue una sensación de culpa, que desencadena la autoprovocación de vómitos, la toma de laxantes y el ayuno, los cuales llevan a un nuevo "atacón". (Bulimia proviene del griego <i>bous</i> , buey y <i>limós</i> , hambre, o sea "hambre de buey".)	Restricción o rechazo de los alimentos, especialmente los de alto contenido energético, asociado o no al consumo de laxantes o diuréticos.
Baja autoestima y sentimiento de culpa por comer demasiado.	Imagen muy distorsionada del propio cuerpo, originada en una muy baja autoestima y un alto nivel de autoexigencia.
Silüeta normal o exceso de peso.	Peso muy por debajo de lo normal y desnutrición.
Consecuencias: alteraciones iónicas del medio interno (pérdida de cloro, potasio, sodio) a causa de los vómitos, que provocan trastornos nerviosos e inflamaciones de la mucosa digestiva.	Consecuencias: el proceso es más gradual, y los familiares advierten el problema recién cuando aparecen los síntomas más serios, como los trastornos del sueño y la conducta, la irritabilidad, la interrupción de la menstruación, etcétera.
El bulímico suele ser consciente de su trastorno, por lo que acude solo a la consulta médica.	El anoréxico niega la patología, por lo cual resulta más difícil de tratar; debe ser llevado por su familia a la consulta médica.

8

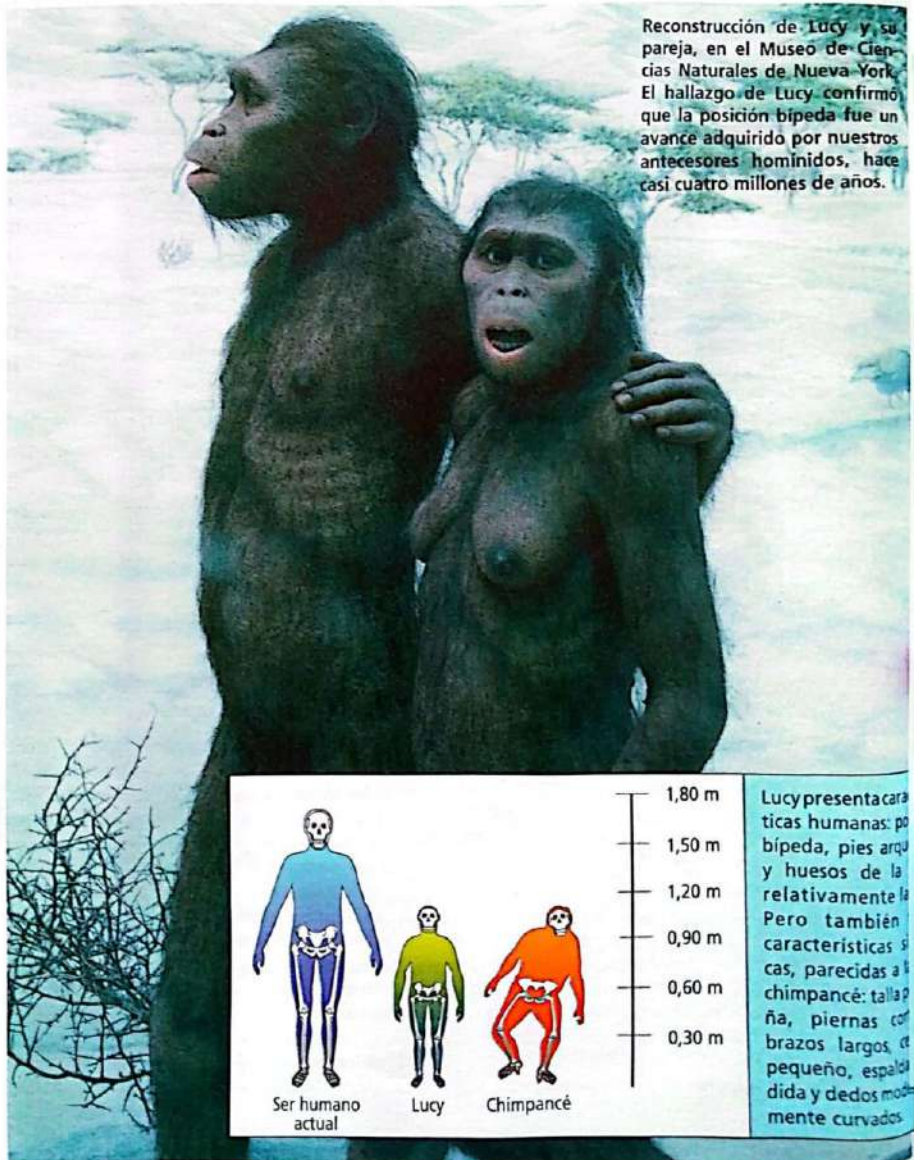
EL SISTEMA ÓSTEO-ARTRO-MUSCULAR



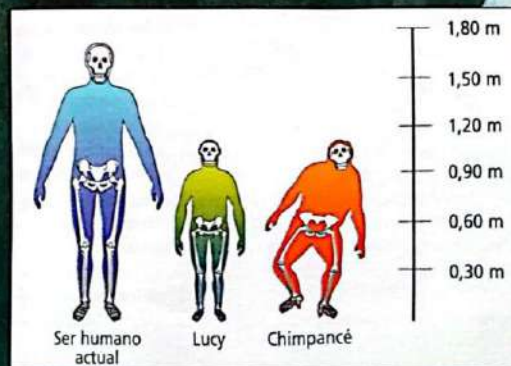
Nuestra postura corporal erguida y el andar bípedo, consecuencias de la estructura y de la organización del sistema ósteo-artro-muscular, resultaron fundamentales para el desarrollo del cerebro. Este hecho nos sitúa –desde el punto de vista evolutivo– en una posición privilegiada entre los seres vivos.

CONTENIDOS

- El esqueleto: sostén corporal y movimiento
- Exoesqueletos y endoesqueletos
- El esqueleto y las regiones corporales
- Cavidades corporales
- Los huesos: formación, crecimiento y clasificación
- La estructura de los huesos
- Una mirada evolutiva: a) el cráneo
- Una mirada evolutiva: b) la columna vertebral y el esqueleto apendicular
- La relación entre los huesos: las articulaciones
- Los músculos, propulsores del movimiento
- Músculos antagonistas y palancas
- Fisiología de la contracción muscular
- Músculos esqueléticos: distribución y tipos
- Trabajos prácticos
- Historia de la ciencia: De los gladiadores romanos a la tomografía computada
- Ciencia en acción: La naturaleza biónica



Reconstrucción de Lucy y su pareja, en el Museo de Ciencias Naturales de Nueva York. El hallazgo de Lucy confirmó que la posición bípeda fue un avance adquirido por nuestros antecesores homínidos, hace casi cuatro millones de años.



Lucy presenta características humanas: posición bípeda, pies arqueados y huesos de la mano relativamente largos. Pero también características simiáticas, parecidas a la chimpancé: talla pequeña, piernas cortas, brazos largos, dedos pequeños, espalmo digitalmente curvados.

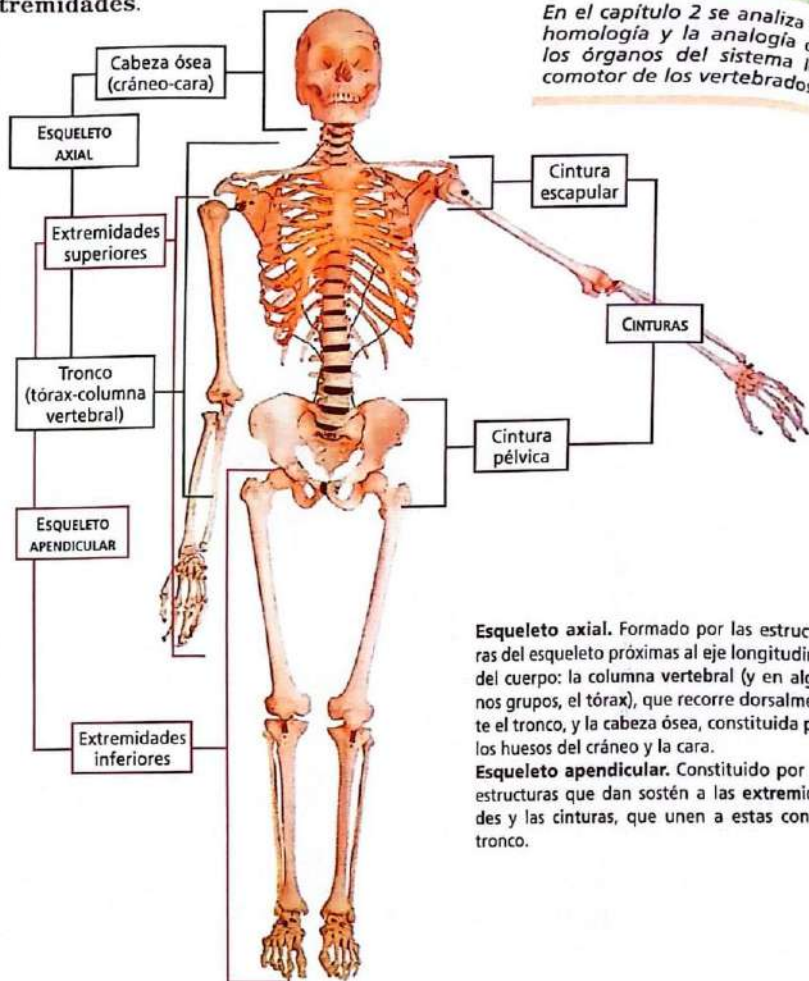
El esqueleto y las regiones corporales

Si analizan los esqueletos de distintos tipos de vertebrados, podrán identificar sin mayor inconveniente las estructuras que corresponden a la cabeza, al tronco y a las extremidades. La correlación que mantiene el esqueleto con las regiones corporales permite dividirlo en **cabeza, tronco y extremidades**.

En la Antigüedad, la capacidad de movimiento era tomada como criterio para diferenciar a los animales del resto de los seres vivos. Si bien hoy en día se consideran como criterios de clasificación aspectos de mayor jerarquía relacionados con la evolución y la fisiología, no podemos descartar el movimiento, por ser una actividad propia de los animales e íntimamente ligada con la manera de obtener su alimento.

Lo concreto es que la forma y el tamaño de los organismos guardan una estrecha relación con el tipo de locomoción.

Por ejemplo, el tiburón, el delfín y el ictiosaurio pertenecen a diferentes grupos de vertebrados no emparentados evolutivamente de manera directa; sin embargo, observamos que la forma corporal es similar: alargada o fusiforme, con sus extremos cefálico y caudal aguzados. Esta analogía tiene su explicación en que *ambos comparten un mismo tipo de locomoción*, la natación, para la cual el hecho de poseer un cuerpo fusiforme resulta altamente adaptativo. Recordemos, si no, la forma que adopta un nadador al zambullirse desde un trampolín... ¿Es similar a la de los animales acuáticos?



En el capítulo 2 se analiza la homología y la analogía de los órganos del sistema locomotor de los vertebrados.

Esqueleto axial. Formado por las estructuras del esqueleto próximas al eje longitudinal del cuerpo: la columna vertebral (y en algunos grupos, el tórax), que recorre dorsalmente el tronco, y la cabeza ósea, constituida por los huesos del cráneo y la cara.

Esqueleto apendicular. Constituido por las estructuras que dan sostén a las extremidades y las cinturas, que unen a estas con el tronco.

FUE NOTICIA

Imanes y células para "curar" huesos

Sucedió en Inglaterra, en 2009...

Las células madre son células indiferenciadas que todavía no se han especializado y que tienen la capacidad de diferenciarse en cualquier tipo de tejido. Aproximadamente dentro de cinco años, solo bastará con una inyección de células madre de la médula ósea de un individuo para reparar el tejido óseo dañado. En el laboratorio, se les agregará a estas células partículas nanomagnéticas y luego, una vez dentro del cuerpo, serán "dirigidas" hacia la zona afectada para generar nuevas células óseas.

El gran desafío que plantea esta nueva técnica es que las células madre lleguen al lugar exacto del cuerpo en el cual son requeridas.

Los científicos de la Universidad Keele, en Inglaterra –que están investigando este tema en ratones– pretenden que la utilización de este nuevo método disminuya la ingesta de fármacos en los pacientes con lesiones óseas que, muchas veces, tienen efectos no deseados en el enfermo.

Los huesos: formación, crecimiento y clasificación

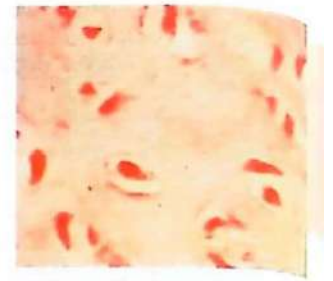
A diferencia de lo que ocurre en el adulto, en el niño el hueso largo parece interrumpido entre los extremos y la parte central. Esta apariencia se debe a que esas zonas del hueso, denominadas **placas de crecimiento**, están formadas por tejido cartilaginoso.

La producción de cartilago de las placas y su posterior sustitución por tejido óseo determinará el **aumento en longitud** del hueso hasta la adultez.

El sistema óseo humano está constituido, entonces, por los **huesos**, órganos duros y resistentes, y por los **cartílagos** que, en los adultos, se encuentran en ciertos órganos, como la nariz y la oreja (pabellón) y recubren y protegen los extremos de algunos huesos.

- La sustancia intercelular del cartilago está formada por un 60% de agua y un 40% de sustancias sólidas (fibras colágenas, glucidos y materia inorgánica, como el cloro, el sodio y el potasio), y *carece de vasos sanguíneos*. Las células cartilaginosa se denominan **condrocitos**.
- Los huesos, en cambio, son órganos resistentes y, al mismo tiempo, livianos. La matriz intercelular del hueso está compuesta por un 40% de agua y un 60% de sustancias sólidas (fibras colágenas, mucopolisacáridos y minerales cálcicos –cristales aplanados de **hidroxiapatita**–). *Estos cristales tienen la particularidad de conferirles dureza a los huesos*.

La sustancia intercelular ósea tiene cavidades (**osteoplastos**), que alojan a los **osteocitos** (células óseas) y a los vasos sanguíneos, y está surcada por muchos canales estrechos, los **conductillos óseos**, que se ramifican y forman una extensa red por la que circulan los nutrientes de los vasos a las células. Estos elementos forman unidades estructurales delgadas, las **laminillas**, que se superponen una encima de otra como las páginas de un libro.

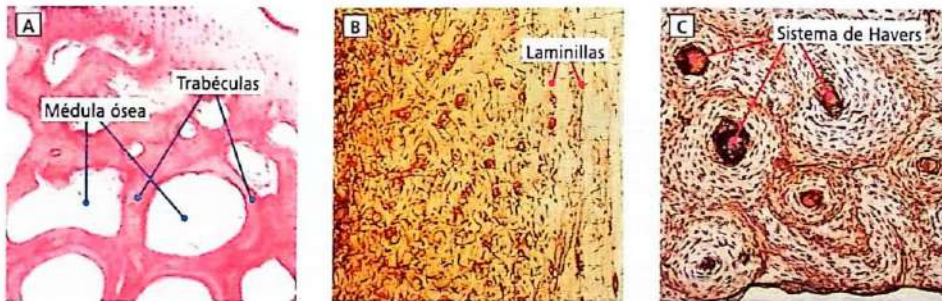


Tejido cartilaginoso visto con el microscopio óptico. Los condrocitos aparecen teñidos de rojo.



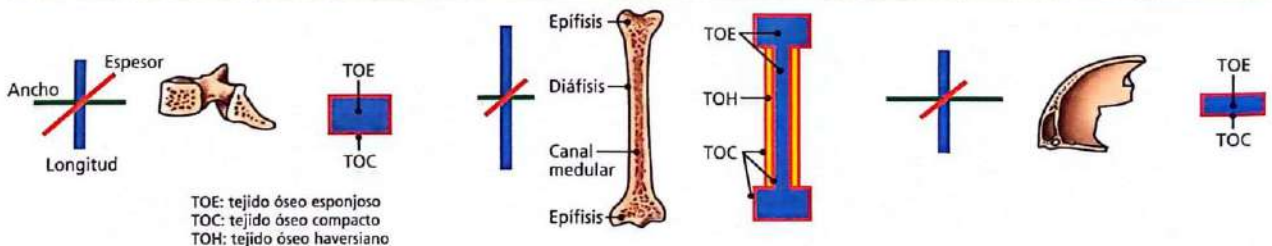
Química

Cristales, sales de calcio, iones.



Tejidos óseo esponjoso (A), compacto (B) y haversiano (C), vistos con el microscopio óptico. En A, las laminillas, denominadas trabéculas, se disponen irregularmente, y entre ellas está la médula ósea roja, productora de las células sanguíneas. En B, las laminillas se superponen de manera regular y forman capas gruesas. En C, las laminillas, dispuestas de manera concéntrica alrededor de un conducto central que contiene vasos sanguíneos, forman el sistema de Havers.

Clasificación de los huesos



Huesos cortos

- ✓ La longitud, el ancho y el espesor son más o menos iguales.
- ✓ Están dispuestos en zonas de movimientos acotados, pero pueden imprimir mucha fuerza.
- ✓ Se hallan en las muñecas, en los pies y en la columna vertebral.

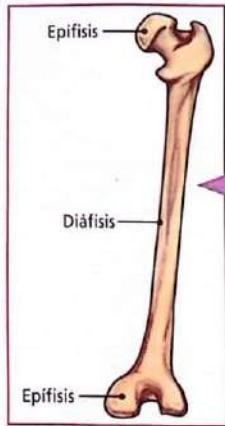
Huesos largos

- ✓ La longitud predomina sobre el ancho y el espesor. En la diáfisis se encuentra el canal medular, que aloja la médula ósea amarilla.
- ✓ Están dispuestos en regiones que llevan a cabo amplios e intensos movimientos.
- ✓ Forman el esqueleto de las extremidades superiores e inferiores.

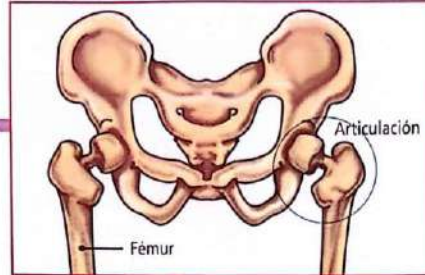
Huesos planos o anchos

- ✓ El largo y el ancho predominan sobre el espesor.
- ✓ Ocupan áreas que no ejecutan movimiento alguno y forman verdaderas estructuras protectoras alrededor de los órganos vitales.
- ✓ Se encuentran, fundamentalmente, en la región cefálica y en la torácica.

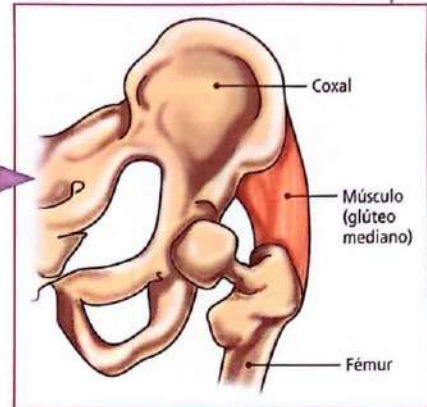
La estructura de los huesos



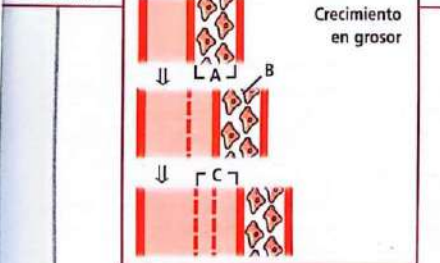
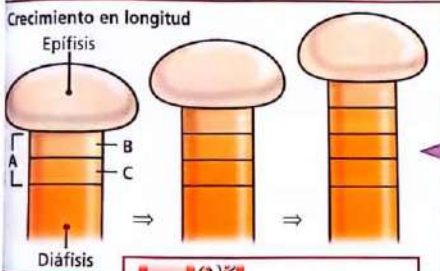
Los huesos toman contacto entre sí por medio de superficies especializadas, las **articulaciones**.



Hueso largo (fémur).



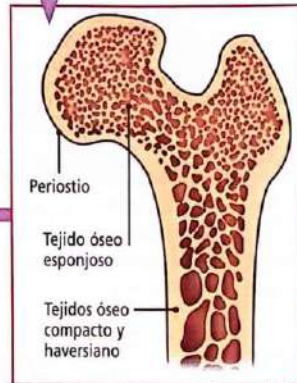
Los huesos presentan prominencias o depresiones que sirven para la fijación de los músculos.



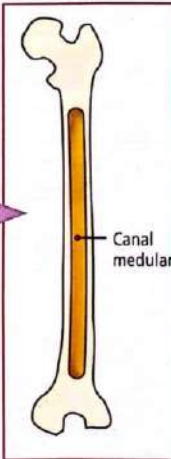
A medida que un individuo se desarrolla, el cartílago va siendo reemplazado por hueso. Este mecanismo (osificación endocondral) solo origina tejido óseo esponjoso. El tejido óseo compacto y el haversiano se forman de otra manera. Pero, cualquiera que sea el mecanismo de osificación, este se lleva a cabo *siempre a partir de células mesenquimáticas* (células embrionarias derivadas del mesodermo).

Crecimiento en longitud. Esto es posible porque entre las epifisis y la diáfisis de los huesos largos está el **cartilago de conjunción o de crecimiento (A)**, con una parte superior, que se reproduce (B), y otra inferior, que se osifica (C). Esto sucede hasta los 20-22 años, cuando el cartilago deja de reproducirse y se osifica por completo.

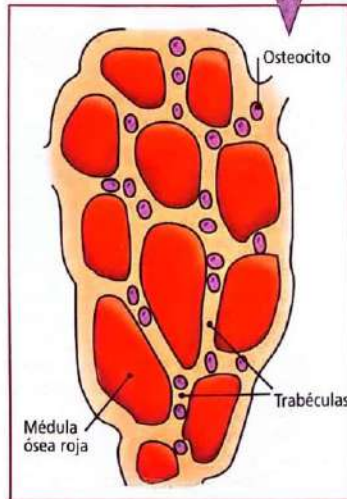
Crecimiento en grosor. Se produce por transformación del periostio (A). Las células mesenquimáticas de esta membrana (B) pueden diferenciarse y generar nuevo tejido óseo (C) para engrosar los huesos o reparar los daños.



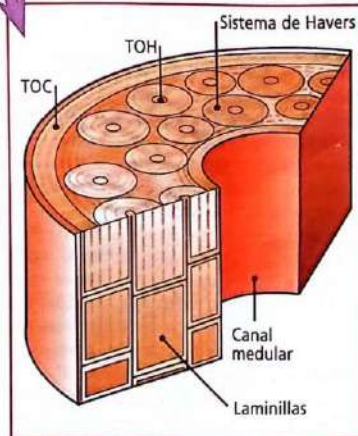
Todos los huesos se hallan revestidos por una membrana doble recorrida por capilares sanguíneos, el **periostio**, formado por fibras colágenas, células mesenquimáticas y células óseas juveniles.



En la diáfisis, dentro del canal medular, se aloja la **médula ósea amarilla**, en la que predominan las células grasas (conocida popularmente como **caracú**).



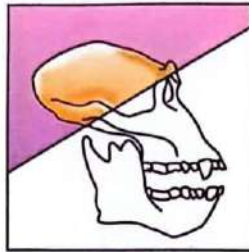
Tejido óseo esponjoso.



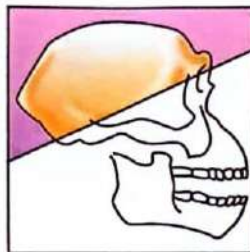
Tejido óseo compacto (TOC) y haversiano (TOH).

Una mirada evolutiva: a) el cráneo

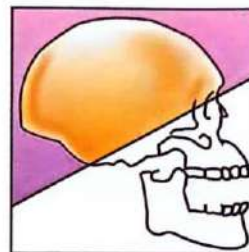
Durante la evolución humana, el **esqueleto axial** (cráneo, columna vertebral y huesos del tórax) experimentó una serie de cambios hasta adquirir la estructura típica y los huesos que lo forman. El aumento de la masa encefálica demandó, en el transcurso de dicha evolución, un aumento paralelo del tamaño de la caja craneana que la alberga.



Australopithecus



Homo erectus

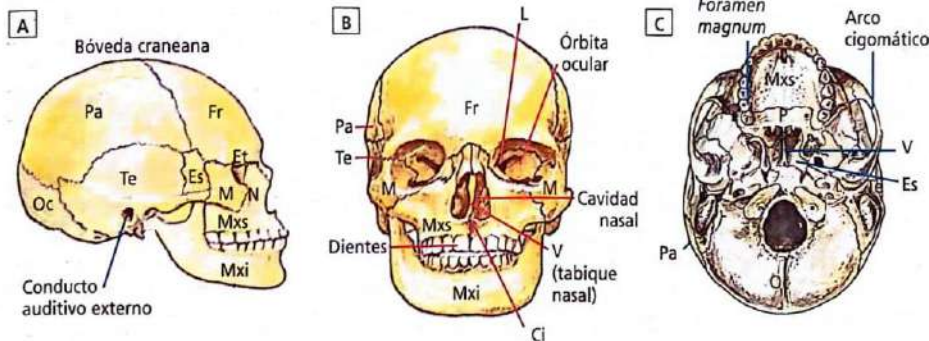


Homo sapiens

Si tenemos en cuenta que la cabeza corresponde a la región corporal donde se concentran el sistema nervioso, los órganos de los sentidos y las vías de entrada del aire y del alimento, la estructura ósea debe cumplir especialmente una función de protección del encéfalo, como asimismo conformar las cavidades que alojan los ojos y los oídos y determinar las fosas nasales y la cavidad bucal.

Según la funcionalidad mencionada, en el esqueleto de la cabeza se pueden distinguir:

- una región superior y posterior, de estructura esférica y hueca, constituida por una serie de huesos planos, llamada **cráneo**, en la cual se aloja el encéfalo;
- una región anterior, la **cara**, en la que se ubican los **huesos faciales**, que determinan las facciones y permiten la masticación del alimento.



Cráneo: 8 huesos

- ✓ Cuatro huesos pares y externos: dos parietales (Pa) y dos temporales (Te). Los parietales forman la bóveda craneana, y en los temporales se articula la mandíbula inferior, además de albergar el oído medio e interno y formar parte del arco cigomático.
- ✓ Dos huesos impares y externos: el frontal (Fr), en la región anterior, y el occipital (Oc), en la región posterior. El frontal forma la parte anterior de la caja craneana y la porción superior de las órbitas oculares. El occipital se articula con la primera vértebra y presenta un orificio (*foramen magnum*) a través del cual el encéfalo se conecta con la médula espinal.
- ✓ Dos huesos impares e internos: el etmoides (Et) y el esfenoides (Es). El etmoides constituye el principal sostén de las cavidades nasales. El esfenoides cruza la base del cráneo de lado a lado y se articula con todos los demás huesos. En él está la silla turca, sobre la que se asienta la glándula hipófisis.

Cara: 14 huesos

- ✓ Seis huesos pares: las dos porciones del maxilar superior (Mxs), los malares o cigomáticos (M), los nasales (N), los unguis o lacrimales (L), los cornetes inferiores (Ci) y los palatinos (P). En el maxilar superior se insertan los dientes superiores; los malares forman los pómulos (muy acentuados en la mujer); los nasales contribuyen a unir la región superior y media y constituyen el esqueleto duro de la nariz; los lacrimales están en la cara interna de las órbitas; los cornetes inferiores se ubican en las fosas nasales y los palatinos contribuyen a formar el paladar óseo de la boca y las fosas nasales.
- ✓ Dos huesos impares: el maxilar inferior o mandíbula (Mxi) y el vómer (V). En la mandíbula se insertan los dientes inferiores, y el vómer forma el tabique nasal, junto con el etmoides.

Una mayor inteligencia y la manipulación de instrumentos favorecieron la reducción del tamaño de ciertos huesos faciales como, por ejemplo, las mandíbulas –ya que la comida pudo ser degradada parcialmente con el uso de utensilios–, y de ciertas prominencias óseas (como las de hueso frontal), que nuestros ancestros utilizaban para defenderse y golpear.

Huesos del cráneo y faciales en el hombre actual. A: vista lateral; B: vista anterior; C: vista inferior. Con la excepción de la mandíbula inferior, cuya movilidad permite la masticación, tanto los huesos del cráneo como los de la cara están muy fusionados en los adultos, lo cual brinda mayor firmeza y protección.



En el capítulo 9 se analizan en detalle las características del encéfalo y de la médula espinal, y en el 15, el desarrollo embrionario.

Una mirada evolutiva: b) la columna vertebral y el esqueleto apendicular

El andar bípedo determinó la formación de la curvatura de la columna vertebral: la tornó más resistente, protegió al ser humano de los impactos y lo ayudó a mantener el equilibrio en la posición erecta. *Australopithecus* ya poseía estas características, que en cambio no se observan en los monos.

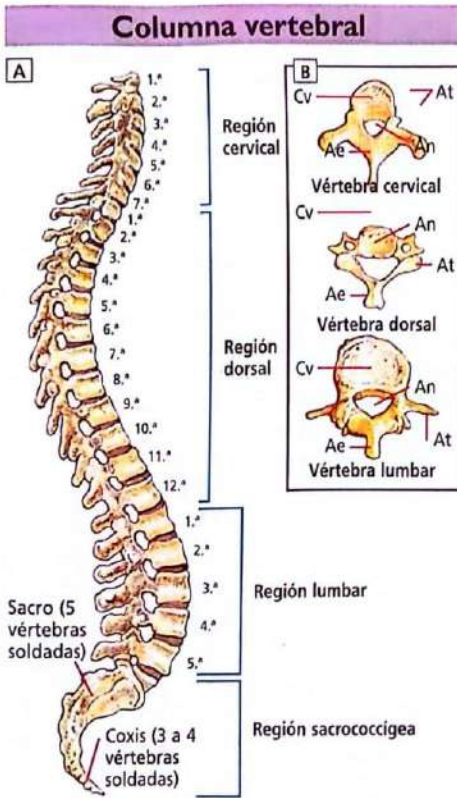
La **columna vertebral**, como su nombre lo indica, consiste en algo así como un *pilar óseo articulado que recorre longitudinalmente el tronco corporal*. En ella se reconocen **cuatro curvaturas**: dos hacia adelante y dos hacia atrás. Además de sostener y mantener la estructura del tronco y de la cabeza, la columna envuelve y protege a la médula espinal, y en ella se insertan las costillas.

Dada la postura y el andar bípedo del ser humano, las funciones locomotora y de sostén corporal quedan a cargo de las **extremidades inferiores**, mientras que las **extremidades superiores** están especializadas en la aprehensión y la manipulación.

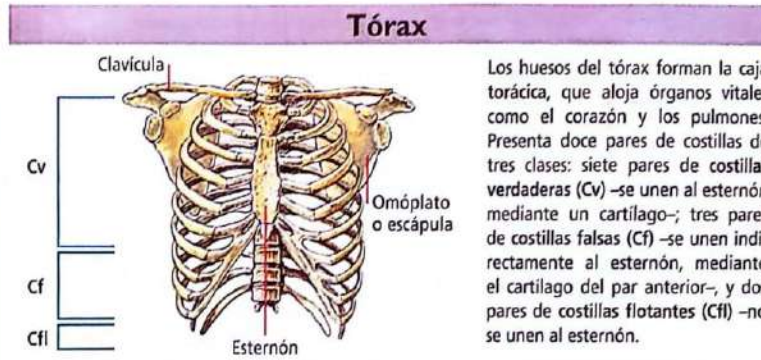
El **esqueleto apendicular** está formado por las estructuras del esqueleto que corresponden a las extremidades inferiores y superiores y a las **cinturas óseas** –pectoral y pélvica–, que las conectan con el esqueleto axial.



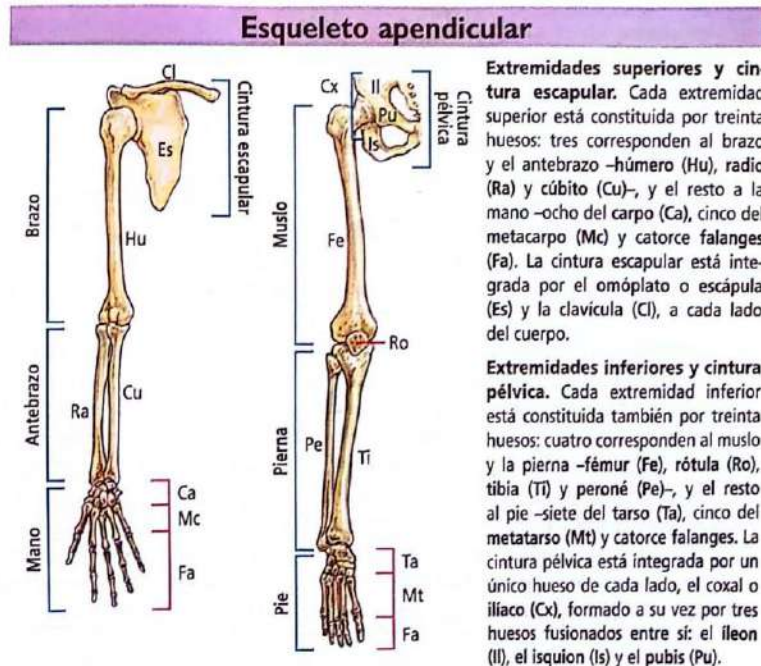
▲ ¿Qué huesos son los señalados en la radiografía? ¿A qué región del cuerpo pertenecen? ¿Cómo se clasifican de acuerdo con su estructura?



A: En la columna vertebral se distinguen cinco regiones anatómicas, que difieren tanto en el número de vértebras que comprende cada una de ellas como en su estructura. B: Toda vértebra está constituida por un cuerpo vertebral (Cv), un agujero neural (An) y diversas apófisis: una posterior, o espinosa (Ae) y dos laterales, o transversas (At). La superposición de los agujeros neurales de las vértebras forman el conducto raquídeo, donde se aloja la médula espinal.



Los huesos del tórax forman la caja torácica, que aloja órganos vitales como el corazón y los pulmones. Presenta doce pares de costillas de tres clases: siete pares de **costillas verdaderas (Cv)** –se unen al esternón mediante un cartilago–; tres pares de **costillas falsas (Cf)** –se unen indirectamente al esternón, mediante el cartilago del par anterior–, y dos pares de **costillas flotantes (Cfl)** –no se unen al esternón.



Extremidades superiores y cintura escapular. Cada extremidad superior está constituida por treinta huesos: tres corresponden al brazo y el antebrazo –húmero (Hu), radio (Ra) y cúbito (Cu)–, y el resto a la mano –ocho del carpo (Ca), cinco del metacarpo (Mc) y catorce falanges (Fa). La cintura escapular está integrada por el omóplato o escápula (Es) y la clavícula (Cl), a cada lado del cuerpo.

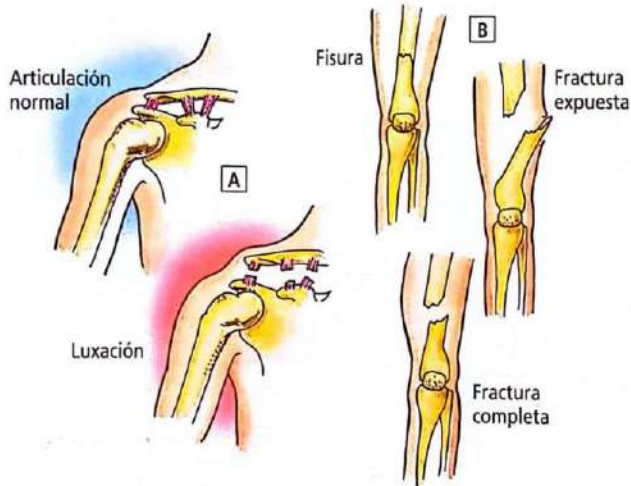
Extremidades inferiores y cintura pélvica. Cada extremidad inferior está constituida también por treinta huesos: cuatro corresponden al muslo y la pierna –fémur (Fe), rótula (Ro), tibia (Ti) y peroné (Pe)–, y el resto al pie –siete del tarso (Ta), cinco del metatarso (Mt) y catorce falanges. La cintura pélvica está integrada por un único hueso de cada lado, el coxal o ilíaco (Cx), formado a su vez por tres huesos fusionados entre sí: el ilion (Il), el isquion (Is) y el pubis (Pu).

La relación entre los huesos: las articulaciones

Afirmar o negar con la cabeza, patear una pelota, andar en bicicleta, escribir, hablar o practicar cualquier deporte implican una serie de movimientos. Estos son posibles porque los huesos del esqueleto no trabajan aisladamente sino que se asocian unos con otros, de manera específica.

La relación entre los huesos se produce en las zonas de contacto de dos o más elementos óseos, y se la denomina **articulación**.

Ahora bien, ¿se articulan de la misma manera los huesos de las distintas regiones corporales? Vean la siguiente situación:



La **luxación (A)** es una lesión que puede producirse cuando se hace un movimiento exigido: consiste en la rotura de ligamentos y en un desplazamiento de las superficies óseas que forman parte de la articulación. El **esguince** es una lesión más moderada, con rotura de ligamentos pero sin desplazamiento de las superficies articulares. Y otra más seria, en la que el hueso queda comprometido, es la **fractura (B)**. En este último caso, si los bordes del hueso a ambos lados de la lesión no están separados, se habla de una **fisura**, pero si lo están, la fractura es **completa**, y si el hueso sobresale de la superficie corporal, se habla de **fractura expuesta**.

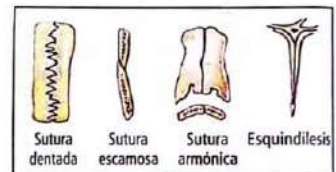
Las articulaciones ilustradas, ¿pueden considerarse móviles o inmóviles? ¿En qué partes del cuerpo hay articulaciones móviles? ¿E inmóviles?

- **Sinartrosis o articulaciones inmóviles.** En el cráneo, los huesos se encuentran soldados entre sí y forman una cavidad rígida que protege el encéfalo. Dichas articulaciones se conocen con el nombre de **suturas**.
- **Anfiartrosis o articulaciones semimóviles.** En la sínfisis pubiana, así como también en las vértebras, los huesos se unen por medio de cartílagos y adquieren una movilidad intermedia, dado que las estructuras de las que forman parte deben llevar a cabo una importante función de soporte sin perder su flexibilidad. En particular, entre los cuerpos de las vértebras vecinas existe un **disco fibrocartilaginoso** que permite una buena articulación y absorbe los impactos originados por las fuerzas de compresión a la que está expuesta la columna.
- **Diartrrosis o articulaciones móviles.** En las extremidades, los huesos se relacionan muy específicamente pero manteniendo una libertad que permite diversos tipos de movimiento. Estos se producen según la forma de las zonas de contacto de los huesos intervinientes –que limitan en mayor o en menor medida el movimiento–, la disposición de los ligamentos y la tensión de los músculos. Las superficies que se articulan están cubiertas por cartílago; el medio de unión es la **cápsula articular**, reforzada por **ligamentos**. La capa externa de la cápsula es una membrana fibrosa que cubre de un extremo óseo a otro, asegurando la cohesión de la articulación, mientras que la interna está formada por otra membrana que se une al cartílago. Esta última segrega un líquido lubricante, denominado **sinovial**.

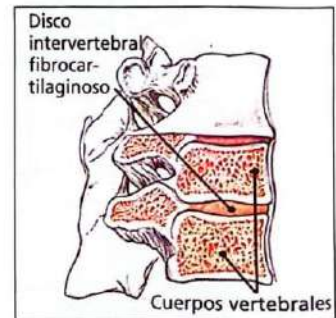


Hernia (del latín *hernia*). Salida de una víscera fuera de la cavidad que la contiene por una rotura de la pared de esta.

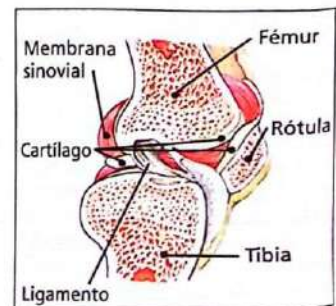
Sínfisis pubiana (del griego *symphysis, juntura*). Unión del extremo pubiano de los coxales en la parte anterior de la pelvis.



Sinartrosis: suturas del cráneo.



Anfiartrosis: articulación intervertebral.



Diartrrosis: rodilla.

Los músculos, propulsores del movimiento

Imagínense que están en Olimpia, ciudad de la antigua Grecia, hacia el año 776 a. C. Los juegos olímpicos comenzaron a celebrarse en esta ciudad en verano, cada cuatro años. Los participantes debían entrenarse durante treinta días bajo el control de los jueces, quienes les indicaban las reglas correspondientes. La olimpiada comenzaba cuando salía el Sol: entre los deportes practicados figuraban la carrera pedestre, el pentatlón (consta de cinco ejercicios combinados: carrera, lanzamiento de jabalina, salto en largo, lanzamiento de disco y lucha cuerpo a cuerpo) y la carrera de carros.

Han transcurrido más de 2.500 años y los juegos olímpicos continúan despertando el interés y la admiración de todos los pueblos.

¿Qué importancia tiene el deporte? ¿Cómo se relaciona con el mantenimiento de un estado físico saludable? ¿Cómo se preparan los atletas? ¿Cómo intervienen los distintos componentes del sistema locomotor en el ejercicio físico?

Según el Consejo de Deportes de la Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), el **deporte** es toda actividad humana, de carácter lúdico, que se manifiesta y se concreta en la práctica de ejercicios físicos, en forma competitiva.

Además de la adaptación de los sistemas cardiovascular y respiratorio a las demandas de un esfuerzo físico no habitual, cualquier tipo de movimiento se logra gracias a la **acción coordinada de los huesos y las articulaciones**. Por ejemplo, al flexionar el antebrazo, podemos considerar que los huesos de las extremidades brindan sostén al brazo y al antebrazo durante el movimiento y que la articulación "en bisagra" entre el húmero y el cúbito permite el desplazamiento. Pero, ¿es esto suficiente?

Ni los huesos ni las articulaciones tienen la capacidad de ejercer la fuerza necesaria para el movimiento; esta función queda a cargo de otro componente del sistema locomotor: los **músculos**.

En general, los músculos se unen a los huesos a través de los **tendones** (tejido conjuntivo); uno de sus extremos se inserta en el hueso fijo (punto de apoyo), y el otro, en el hueso que se desplaza.

Si bien los movimientos más importantes son los relacionados con la locomoción, ejecutados por la musculatura asociada al esqueleto, estos son también imprescindibles en otras actividades, tales como el bombeo de la sangre por parte del músculo cardíaco, o la progresión de la comida por el tubo digestivo, de la que se encarga la musculatura lisa de las vísceras.

De acuerdo con su organización, con los órganos de que forman parte (ubicación) y con la función que cumplen, se reconocen los siguientes tipos musculares:

Músculo	Ubicación	Características de la célula (fibra muscular)	Control nervioso (estimulación)
Esquelético	Se inserta en los huesos del esqueleto.	Alargada y cilíndrica, multinucleada.	Voluntario
Liso	Forma las paredes de las vísceras y de los vasos sanguíneos.	Con forma de huso, uninucleada.	Involuntario
Cardíaco	Forma la pared contráctil del corazón (miocardio).	Alargada, cilíndrica y ramificada; uninucleada.	Involuntario



En el capítulo 2 se analizan los tejidos musculares, cuando se clasifican todos los tipos de tejidos presentes en el cuerpo de un animal.



Articulación del codo en el ser humano.

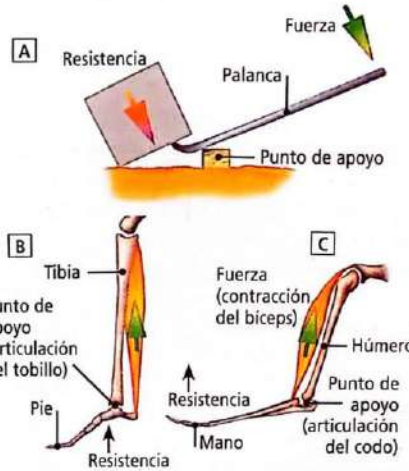
Músculos antagonistas y palancas

Cuando se contraen, los músculos se acortan y provocan el movimiento. En general, los músculos se unen al hueso de tal manera que bastan pequeñas contracciones para producir movimientos amplios, sobre todo en los huesos largos. Después, los músculos podrán relajarse, pero carecen de capacidad para estirarse y empujar a la estructura desplazada a su posición original. Entonces, ¿de qué manera se restablece la posición inicial?

Elaboremos la respuesta a esta pregunta a través del análisis de los esquemas de flexión y extensión del antebrazo.



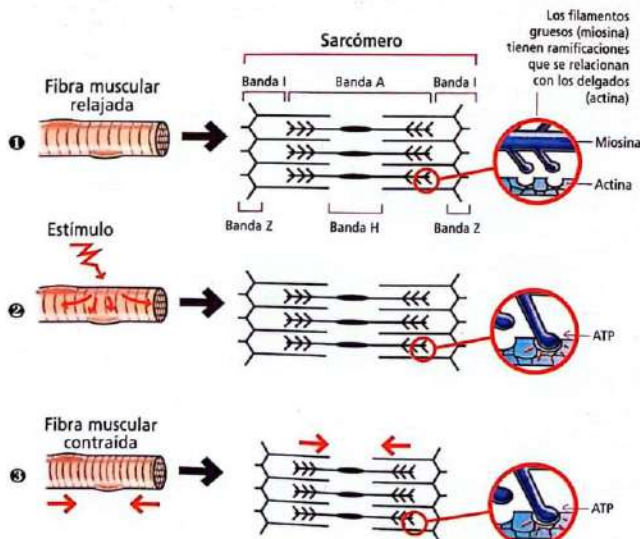
Los músculos se disponen en pares antagonistas: uno de ellos realiza la flexión o aducción –en este caso, el biceps–, mientras que el otro se encarga de la extensión o abducción –el tríceps.



Los diferentes movimientos se basan en sistemas de palancas. Los músculos largos actúan en combinación con los huesos del esqueleto. A: palanca; B: palanca en el pie; C: palanca en el brazo.

Fisiología de la contracción muscular

La contracción de los músculos esqueléticos constituye la manifestación de la contracción coordinada de sus células (ver ilustración de la derecha).

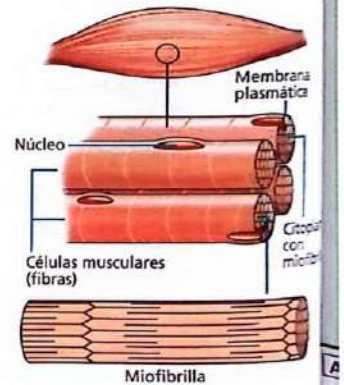


1 Las miofibrillas presentan una típica estriación (bandas A, o discos oscuros formados por miosina, y bandas I, o discos claros formados por actina). En las bandas A se observan surcos centrales más claros, las bandas H, mientras que las bandas I están surcadas por discos oscuros y delgados, las bandas Z. La porción de fibra comprendida entre las bandas Z recibe el nombre de sarcómero, y constituye la unidad de contracción.

2 La estimulación de la membrana plasmática hace que la célula muscular libere calcio entre las miofibrillas. Este ion facilita la unión de los filamentos de actina y miosina. Con el aporte de energía del ATP, los filamentos de miosina "tironean" de los de actina y acortan la longitud de los sarcómeros.

3 El acortamiento simultáneo de todos los sarcómeros de las miofibrillas da como resultado la contracción de la fibra muscular.

Finalmente, con la reabsorción activa del calcio liberado, los miofilamentos se separan y se produce la relajación muscular hasta un nuevo estímulo.



Las fibras o células que forman los músculos esqueléticos tienen ocupada la mayor parte de su volumen citoplasmático con cientos o miles de estructuras cilíndricas (miofibrillas), que corren paralelas al eje longitudinal de la célula. Estas miofibrillas están constituidas por microfilamentos proteicos del citoesqueleto, que al desplazarse unos sobre otros contraen el músculo.

Química y Física

Actina y miosina.

Palancas, fuerzas y potencia

Abducción (del latín *abducere*, acción de separar). Acción y efecto de conducir hacia fuera o separar una extremidad de la línea media del cuerpo.

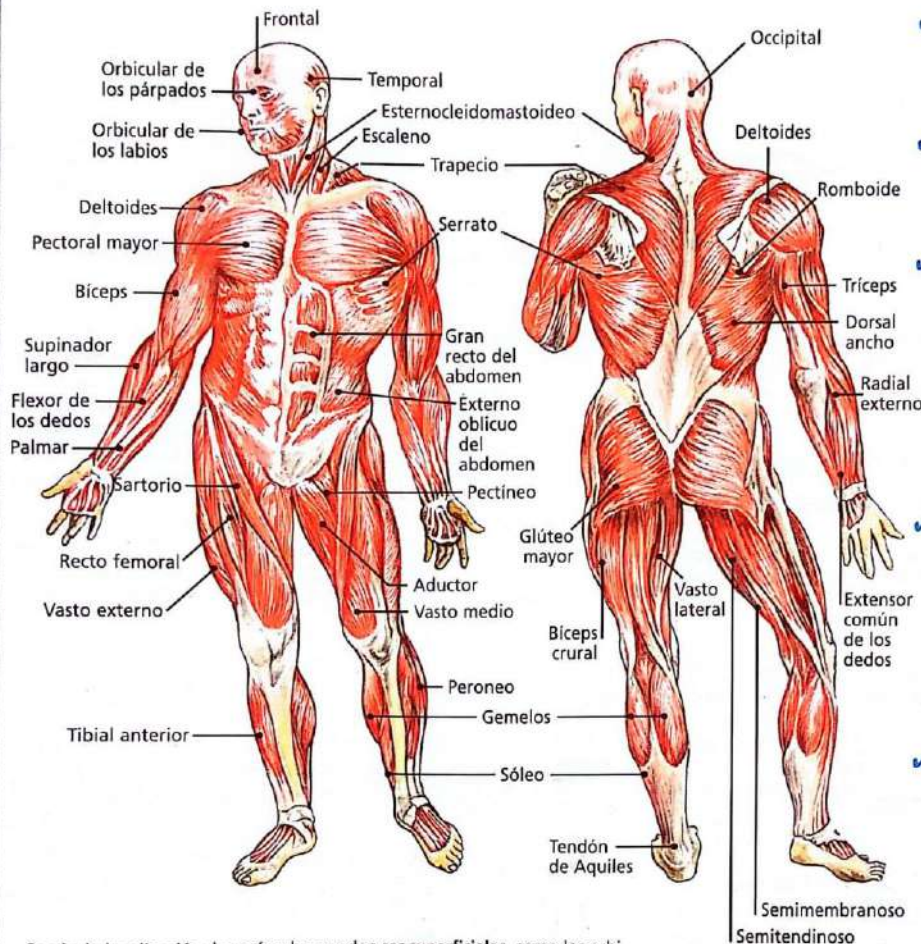
Aducción (del latín *adducere*, llevar hacia). Acción y efecto de conducir hacia dentro o acercar una extremidad a la línea media del cuerpo.

Circunducción (del latín *circumducere*, llevar alrededor). Movimiento circular activo o pasivo de una extremidad o del ojo.

Músculos esqueléticos: distribución y tipos

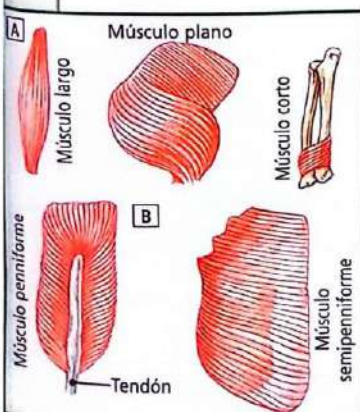
Los gestos de alegría y de tristeza, la marcha lenta o veloz, tocar el piano o acariciar un rostro, son acciones que ponen en movimiento a los grupos musculares del cuerpo humano, caracterizados por su diferente forma, tamaño y localización.

Los músculos del cuerpo humano



Según la localización, los músculos pueden ser **superficiales**, como los orbiculares de los párpados y de los labios, o **profundos** (como el diafragma).

- ✓ **Músculos de la cabeza.** Incluyen los mímicos, que intervienen en la producción de gestos faciales, como el frontal y los temporales.
- ✓ **Músculos del cuello.** Intervienen en el movimiento de la cabeza con respecto al tronco, como el esternocleidomastoideo y los escalenos.
- ✓ **Músculos del tronco.** Permiten el movimiento de los brazos, las costillas, etc. En la parte anterior están los pectorales mayores y los intercostales, y en la posterior, los trapecios y serratos posteriores. El diafragma, músculo interno que separa la cavidad abdominal de la torácica, interviene en la mecánica respiratoria.
- ✓ **Músculos de las extremidades superiores.** Son responsables del movimiento del brazo, el antebrazo y la mano. A modo de ejemplo, cabe señalar el deltoides del hombro, el bíceps y el tríceps braquiales, los pronadores y los palmares de la mano, y los músculos cortos y los flexores de los dedos.
- ✓ **Músculos de las extremidades inferiores.** Brindan movilidad al muslo, la pierna y el pie; por ejemplo, los glúteos de la región pélvica, el sartorio y el cuádriceps crural del muslo, el tibial anterior, los gemelos y el sóleo de las piernas y los músculos cortos que mueven los dedos del pie.



Según la forma

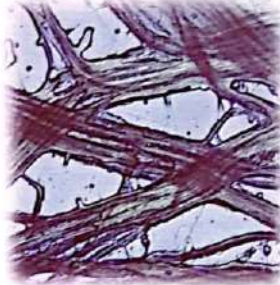
- ✓ **Músculos cortos.** Se encuentran alrededor de las articulaciones. Se asocian a funciones que generan poco movimiento y mucha fuerza.
- ✓ **Músculos anchos.** Forman las paredes torácica y abdominal; forman parte también del cuello y de la cabeza. Se asocian a funciones que generan poco movimiento y poca fuerza.
- ✓ **Músculos largos.** Se disponen en diferentes estratos a lo largo de las extremidades. Se asocian a funciones que generan poco movimiento y mucha fuerza.

Según la disposición de las fibras musculares

- ✓ **Penniformes.** Las fibras se disponen en forma oblicua al tendón, el músculo adopta un aspecto de pluma, razón por la cual reciben esa denominación.
- ✓ **Semipenniformes.** Este tipo de disposición se da sobre un solo lado del tendón.

Distintos tipos de músculos, según la forma (A) y según la disposición (B) de las fibras musculares.

EL SISTEMA NERVIOSO

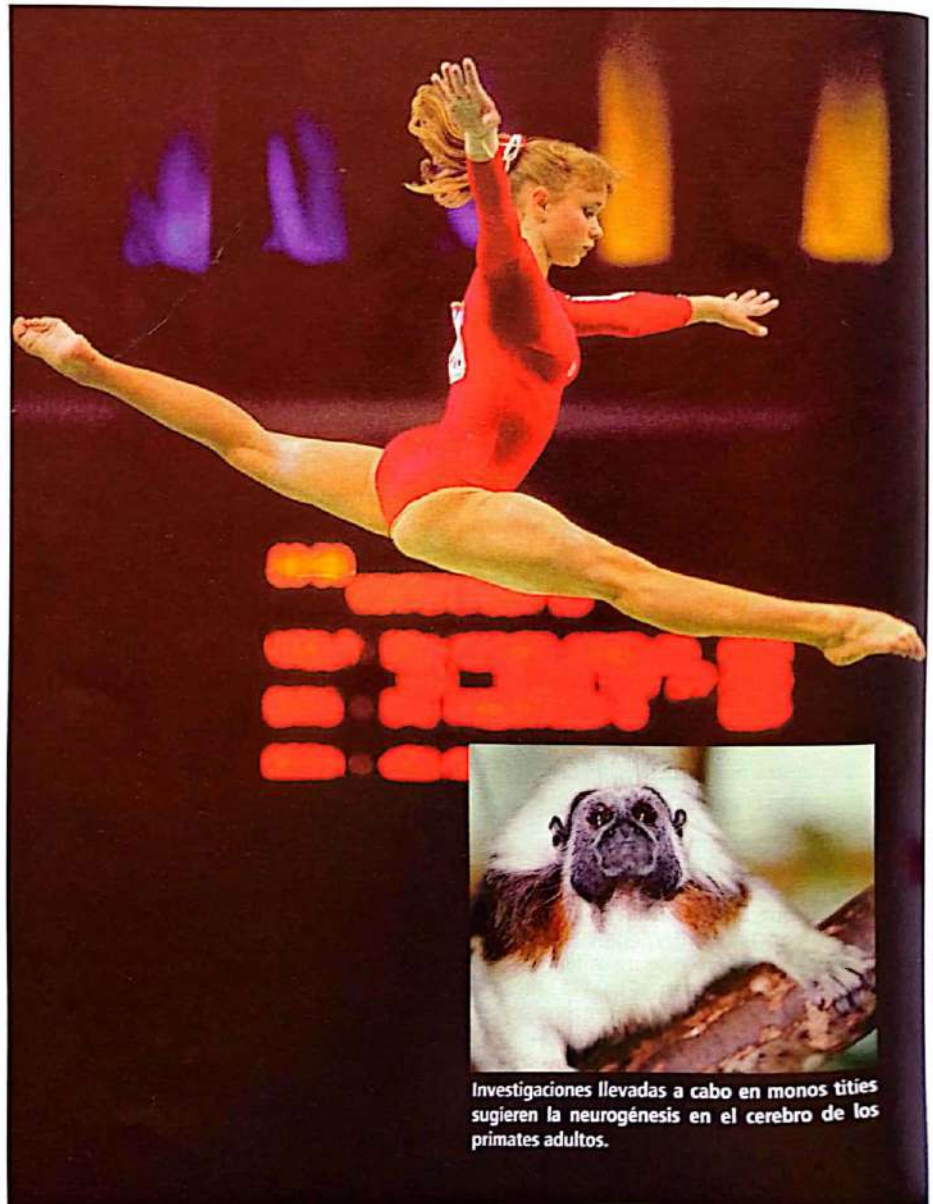


El sistema nervioso, que coordina nuestros movimientos, sensaciones, conductas y procesos mentales, es incapaz de recuperarse de las lesiones producidas por los accidentes o las enfermedades, y ello se debe a la incapacidad reproductiva de las células nerviosas. Sin embargo, investigaciones recientes abren nuevos interrogantes a la posibilidad de neurogénesis, o sustitución neuronal.

CONTENIDOS

- ❖ Sistema nervioso y movimiento
- ❖ Coordinación nerviosa en los animales
- ❖ Neuronas, ganglios y nervios
- ❖ Generación del impulso nervioso
- ❖ Sinapsis y transmisión del impulso nervioso
- ❖ Velocidad del impulso nervioso
- ❖ Organización del sistema nervioso de los vertebrados
- ❖ Estructura y funciones del SNC y el SNS
- ❖ Acto reflejo: un ejemplo de la función nerviosa
- ❖ Funciones nerviosas complejas: el cerebro humano
- ❖ Estructura y funciones del SNA
- ❖ Trabajos prácticos
- ❖ Historia de la ciencia: Dos posturas, un Premio Nobel
- ❖ Ciencia en acción: ¿Cómo se detecta la actividad cerebral?

Los movimientos coordinados exigen una compleja integración de funciones, y esto es posible gracias al sistema nervioso.



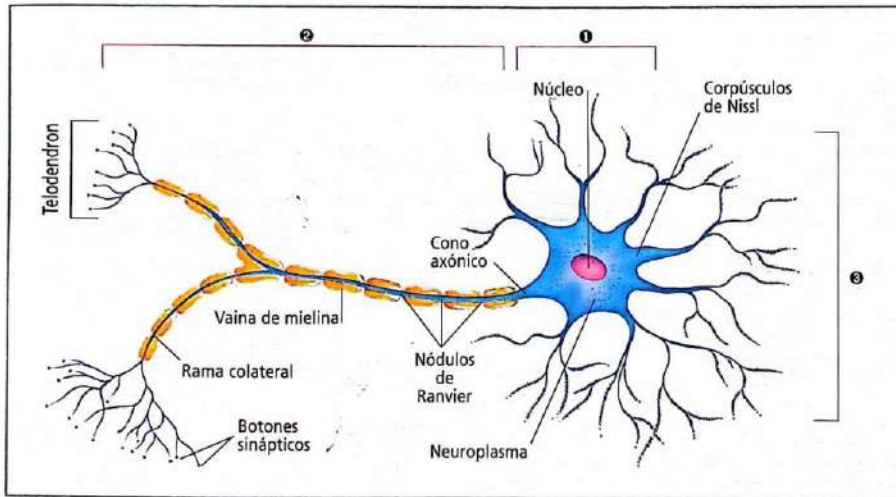
Investigaciones llevadas a cabo en monos tities sugieren la neurogénesis en el cerebro de los primates adultos.

Neuronas, ganglios y nervios

En el año 1906, el médico e investigador español **Santiago Ramón y Cajal** (1852-1934) recibió el Premio Nobel de Medicina (que compartió con el histólogo italiano Camillo Golgi) por sus investigaciones sobre el sistema nervioso, las cuales brindaron valiosos aportes para el conocimiento de su histología y funcionamiento.

Mediante observaciones microscópicas con técnicas especiales, Ramón y Cajal demostró que el tejido nervioso no está formado por una red continua y enmarañada de fibras nerviosas (organización reticular), como creían los científicos del siglo pasado, sino que existen unidades celulares funcionales, las neuronas. Si bien estas se relacionan entre sí, entre sus protoplasmas no hay continuidad directa.

Las **neuronas** son las células propias del tejido nervioso, y su interrelación es responsable de la producción y la conducción del impulso nervioso. Las neuronas se hallan acompañadas, por lo general, de un conjunto de células, denominadas **gliales**, que cumplen diversas funciones: soporte físico y protección, alimentación, etc. Las células gliales (como los astrocitos y los oligodendrocitos) se denominan **neuroglia**, cuando están dentro del sistema nervioso central (encéfalo y médula espinal), y **células de Schwann**, cuando se encuentran fuera de él.

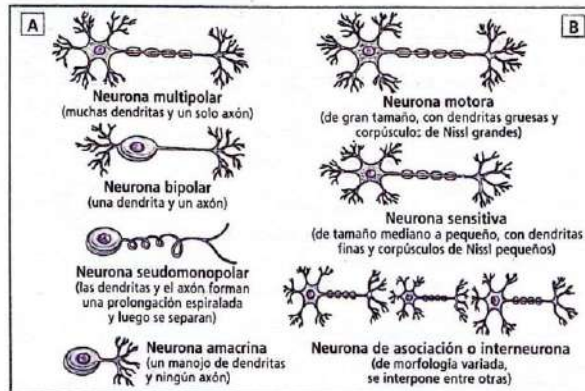


Estructura de una neurona. Una neurona típica está constituida por un cuerpo celular, o soma, y una gran prolongación citoplasmática, el axón (en el hombre puede llegar a medir hasta un metro de longitud). Tanto del soma como del axón se desprenden pequeñas prolongaciones citoplasmáticas, las **dendritas**, que comunican a las células entre sí.

Los axones que se hallan rodeados por una vaina de mielina reciben el nombre de **fibras mielínicas**, y los que carecen de ella, **fibras amielínicas**.

El conjunto de fibras mielínicas, reunidas en haces de miles de unidades, constituye los **nervios**, mientras que la agrupación de cuerpos neuronales da lugar a los **ganglios nerviosos**.

Si bien tienen un patrón anatómico funcional común, las neuronas de los distintos órganos del sistema nervioso poseen características morfofisiológicas diferenciales. Así, las neuronas pueden clasificarse según su anatomía (A) o su fisiología (B).



▲ ¿A qué orgánulo celular equivalen los corpúsculos de Nissl? Los axones carecen de estos corpúsculos. ¿A qué creen que se debe?



En el capítulo 3 se detallan las células y los tejidos del cuerpo, entre ellos las neuronas y el tejido nervioso.

❶ **Cuerpo celular o soma.** En él se encuentran el núcleo, que gobierna toda la actividad neuronal, el neuroplasma y diversos orgánulos, como las mitocondrias, los lisosomas, los corpúsculos de Nissl (agrupaciones de ribosomas), etcétera.

❷ **Axón** (del latín *axis*, eje). Conduce el impulso nervioso desde el soma hacia otras neuronas, músculos o glándulas. Las prolongaciones citoplasmáticas de su extremo terminal se denominan telodendron. Algunos axones se hallan rodeados de una capa lipídica, la vaina de mielina, la cual se forma por la transformación de las células de Schwann (en las neuronas del sistema nervioso periférico) y de los oligodendrocitos (en los del sistema nervioso central). Esta vaina se interrumpe a intervalos regulares y forma los nódulos de Ranvier.

❸ **Dendritas** (del griego *dendron*, árbol). Reciben las señales generadas en las neuronas vecinas y las transmiten hacia su propio soma.

Sinapsis y transmisión del impulso nervioso

En la página anterior analizamos cómo se produce y se conduce el impulso nervioso en una neurona. Pero, ¿de qué manera se transmite el impulso nervioso a las células vecinas?

A fines del siglo XIX y comienzos del XX se establecieron ciertas propiedades acerca de la *interacción y la comunicación entre las neuronas*, a las que se denominó "sinapsis". Sin embargo, recién en la década de 1950, gracias a la microscopía electrónica, pudieron detectarse y precisarse las estructuras que intervienen en la conexión anatómica y funcional entre las células nerviosas.

En la **sinapsis** intervienen: 1) las membranas de las terminaciones axónicas, 2) la membrana plasmática de la célula vecina y 3) el espacio intercelular (y estructuras celulares) a través del cual se relacionan.

La sinapsis puede ser de naturaleza química o eléctrica.

- La más común en el sistema nervioso de los mamíferos es la **sinapsis química**. Recibe ese nombre porque el "mediador" que transmite el impulso nervioso entre una neurona y la célula vecina es una sustancia química denominada **neurotransmisor**, como la acetilcolina, la adrenalina, la noradrenalina, la dopamina, la serotonina y el ácido gamma-aminobutírico (GABA).

A diferencia del impulso nervioso que "viaja" por el axón, las señales transmitidas a través de este tipo de sinapsis pueden tener fuerza variable y efectos opuestos; es decir, *pueden excitar o inhibir a la célula vecina*.

Cuando el impulso nervioso llega a las terminaciones axónicas de la **neurona presináptica**, conocidas también como **botones terminales**, se produce el ingreso de iones Ca^{++} , los cuales estimulan la fusión de las **vesículas sinápticas** con la membrana presináptica. Inmediatamente, estas liberan los neurotransmisores en la **hendidura sináptica**. Esos mensajeros químicos estimulan la membrana de la **célula postsináptica** (otra neurona o una célula muscular o glandular) y *provocan una potencial de acción*. De esta manera, el impulso nervioso se propaga ahora a lo largo de la célula vecina. Una vez liberados, los neurotransmisores son rápidamente removidos o destruidos, por lo que se interrumpe su efecto.

Si la sinapsis se produce entre una neurona y una célula muscular, los neurotransmisores provocarán un estímulo en la fibra muscular, y *esta se contraerá*.

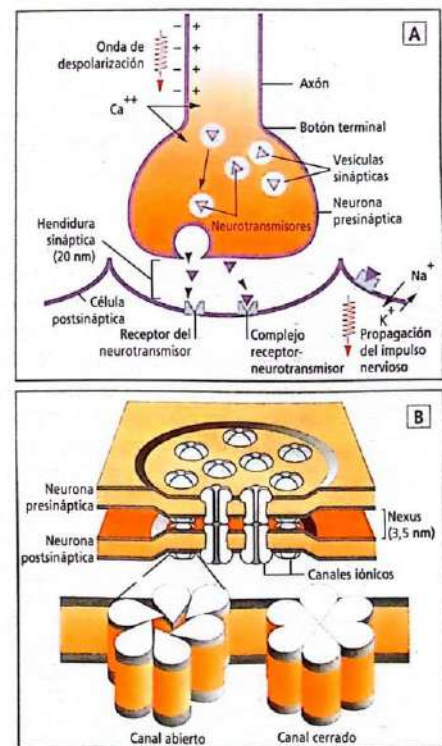
- En la **sinapsis eléctrica** –común en los vertebrados menos complejos y en algunos lugares del cerebro de los mamíferos–, las membranas celulares de las neuronas presináptica y postsináptica están íntimamente en contacto, a través de uniones en hendidura, o **nexus**, las cuales cuentan con canales por los que pasan los iones. Así, el impulso nervioso se transmite directamente de una célula a otra.

Casi todas las drogas que actúan sobre el cerebro para alterar el humor o el comportamiento intervienen en la sinapsis inhibiendo o estimulando la actividad de los neurotransmisores. Estudios recientes confirman que, frente a heridas o alteraciones producidas por situaciones de estrés –por ejemplo, un deportista en plena competencia–, es posible que el organismo produzca ciertas sustancias que aliviarían momentáneamente el dolor: las **endorfinas**. Esta acción analgésica natural se obtendría en virtud de que las endorfinas disminuyen la producción de los impulsos nerviosos durante las situaciones críticas.

Las drogas opiáceas actúan en el cerebro de manera similar a las endorfinas y provocan en quienes las consumen la depresión del sistema nervioso y una fuerte adicción, lo cual representa graves consecuencias para la salud.



En el capítulo 20 se describe la acción en el organismo de distintas drogas, entre ellas los opiáceos. En la sección "Integración multidisciplinaria III" se analiza en forma detallada la unión neuromotora, o placa neuromuscular.



A: Sinapsis química. B: Sinapsis eléctrica.

Química



Neurotransmisores.

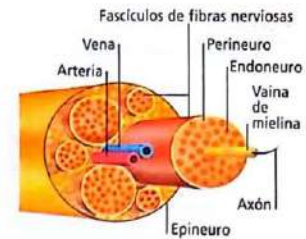
Organización del sistema nervioso de los vertebrados

Muchos órganos del sistema nervioso de los vertebrados presentan una diferencia en su coloración; por ejemplo, el cerebro es grisáceo en su exterior e internamente es blanco. Se distinguen, así, dos tipos de sustancia:

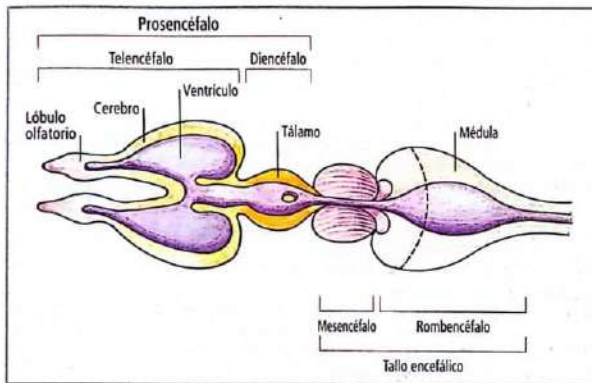
- la **sustancia gris**, formada por los cuerpos neuronales y axones amielínicos;
- la **sustancia blanca**, constituida por los axones mielínicos.

En los primeros estadios del embrión de los vertebrados se forma un tubo que se extiende dorsalmente desde la parte cefálica del cuerpo hacia la caudal: el **tubo neural**. Posteriormente, durante las siguientes fases del desarrollo embrionario, este se diferencia y constituye el denominado **sistema nervioso central (SNC)**, formado por el **encéfalo** y la **médula espinal**.

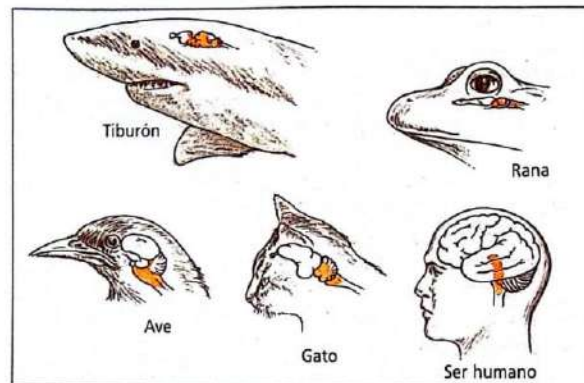
El tubo neural presenta tres protuberancias en su porción anterior, las cuales darán origen al encéfalo. En los vertebrados de menor complejidad, esas protuberancias mantienen una disposición lineal y forman el **rombencéfalo**, el **mesencéfalo** y el **prosencefalo**. Estas son las regiones principales del cerebro de todos los vertebrados.



Estructura de un nervio. Cada nervio está constituido por fascículos de axones o de fibras nerviosas, e incluye asimismo vasos sanguíneos. Cada fibra nerviosa está revestida por tejido conectivo (**endoneuro**); un fascículo de fibras se rodea de una capa de tejido conectivo un poco más gruesa (**perineuro**), y a todos ellos los envuelve otra capa de ese mismo tejido, el **epineuro**.



Regiones del encéfalo. En este esquema simplificado se muestran las cavidades (ventrículos), que se continúan hasta la médula. El rombencéfalo y el mesencéfalo constituyen el tallo encefálico y el cerebelo (excrecencia dorsal del primero). El prosencefalo, a su vez, se divide en telencefalo (cerebro) y diencefalo (tálamo e hipotálamo).



Evolución del encéfalo. Desde el punto de vista evolutivo, el tallo encefálico (resaltado en color) es el "cerebro viejo": es similar desde los peces hasta el ser humano. En los primeros vertebrados, el cerebro está representado por centros nerviosos relacionados con el olfato (sentido predominante). En los anfibios, y más aún en los reptiles, puede observarse el desarrollo de los hemisferios cerebrales, los cuales son más complejos en las aves y en los mamíferos.

Como el SNC tiene a su cargo el procesamiento de las informaciones recibidas y la elaboración de las respuestas adecuadas, es necesario que esté conectado con los receptores sensoriales, para recibir las informaciones provenientes del ambiente o del propio organismo, y con los órganos efectores, encargados de ejecutar la respuesta.

Esta función de conexión entre el SNC y las distintas partes del organismo está a cargo de los **nervios**, que, en su conjunto, forman el denominado **sistema nervioso periférico (SNP)**. Este, a su vez, se diferencia en: **somático (SNS)**, o de la vida de relación, y **autónomo (SNA)**, o de la vida vegetativa.

Clasificación funcional del sistema nervioso (SN)	
Sistema nervioso central (SNC)	
Constituido por: el encéfalo y la médula espinal. Función: procesamiento de la información y elaboración de las respuestas.	
Sistema nervioso periférico (SNP)	somático (SNS)
	autónomo (SNA)
Constituido por: nervios que salen del encéfalo (craneales) y de la médula espinal (raquídeos). Función: conexión del SNC con el resto del cuerpo y el ambiente. Su acción es voluntaria y consciente.	
Constituido por: nervios y ganglios. Se distinguen dos sistemas: el simpático y el parasimpático. Función: conexión del SNC con las vísceras. Su acción es involuntaria e inconsciente.	

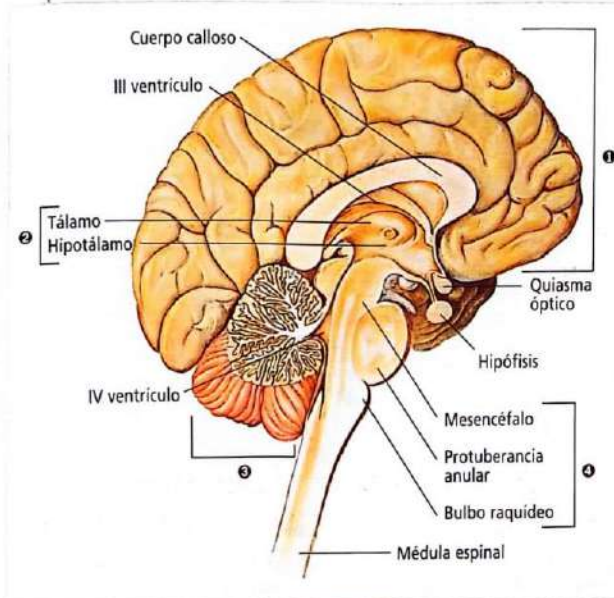
Estructura y funciones del SNC y el SNS

La capacidad de pensar y de contestar una pregunta, la creación de un cuadro, una pintura o una poesía y la respuesta a los cientos de estímulos del medio externo y el interno –de manera voluntaria o involuntaria– son controlados por el SNC.

El SNS, por su parte, es responsable de recibir la información sensorial (estímulos), de transmitirla al SNC y de enviar las respuestas a los órganos efectores. Todo esto es posible gracias a los nervios.

SNC: el encéfalo

Está constituido por el cerebro, el diencefalo, el cerebelo y el tallo encefálico.



❶ **Cerebro.** Es el mayor centro de control. Interpreta los estímulos sensoriales y coordina las respuestas (motoras); también es el encargado de las funciones emocionales e intelectuales. Es el centro nervioso de la conciencia y la voluntad.

❷ **Diencefalo.** En él se encuentran el tálamo y el hipotálamo.

Tálamo. Constituye un centro de relevo de casi todos los impulsos cerebrales sensitivos que se dirigen hacia la corteza cerebral, excepto los que llevan información olfatoria. Participa asimismo en la asociación de sentimientos y de movimientos relacionados con las emociones.

Hipotálamo. Regula las funciones tendientes a mantener el equilibrio interno, u homeostasis; por ejemplo, la temperatura y el balance hídrico. Controla el apetito y la saciedad, el comportamiento sexual y el afectivo y se relaciona con el estado de vigilia. Controla el funcionamiento de la principal glándula endocrina: la hipófisis.

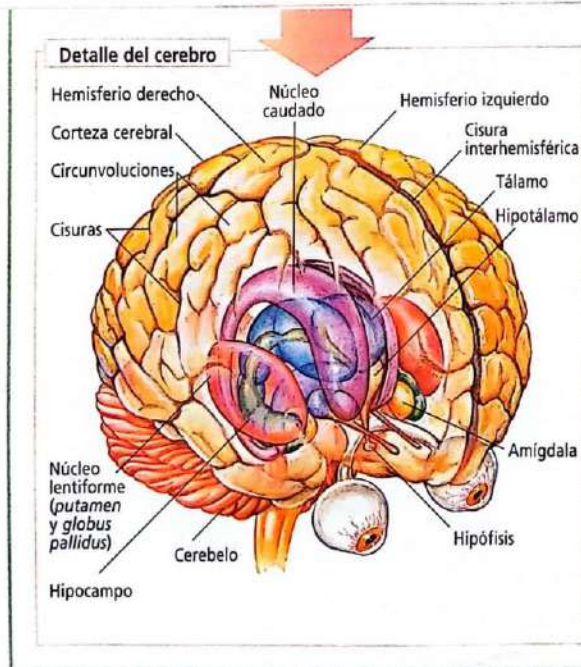
❸ **Cerebelo.** Está ubicado debajo del cerebro, por detrás de la protuberancia y del bulbo. Se comunica con esos órganos por medio de los pedúnculos cerebelosos; consta de dos hemisferios y de un lóbulo medio (vermis), surcados por muchísimos pliegues. Regula los movimientos finos y coordinados (escribir, enhebrar una aguja, etc.), la postura corporal (recibe información de los propioceptores de los músculos y las articulaciones) y el equilibrio (recibe información del sistema vestibular del oído interno).

❹ **Tallo encefálico.** Controla funciones vitales para el organismo (recibe información de los interoceceptores).

Mesencéfalo. A través de los pedúnculos cerebrales, transmite impulsos motores desde la corteza cerebral hacia la protuberancia y la médula espinal. Contiene centros encargados de dar respuestas motoras, centros reflejos y de control del movimiento de los ojos.

Protuberancia anular o puente de Varolio. Conecta e integra las distintas partes del encéfalo. Contiene los centros encargados de regular el ritmo respiratorio y otros que elaboran las respuestas reflejas.

Bulbo raquídeo. Porción inferior del tallo encefálico que se continúa con la médula espinal; en él se alojan diversos centros de control de la vida vegetativa, por ejemplo, los que regulan la presión arterial y las frecuencias respiratoria y cardíaca. El 80% de las fibras motoras que descienden desde la corteza cerebral se cruzan en el bulbo, lo que determina que la mitad derecha del cuerpo esté controlada por el hemisferio cerebral izquierdo, y viceversa.



Organización externa del cerebro

Peso: unos 1.400 g. Volumen: entre 1.350 y 1.500 cm³.

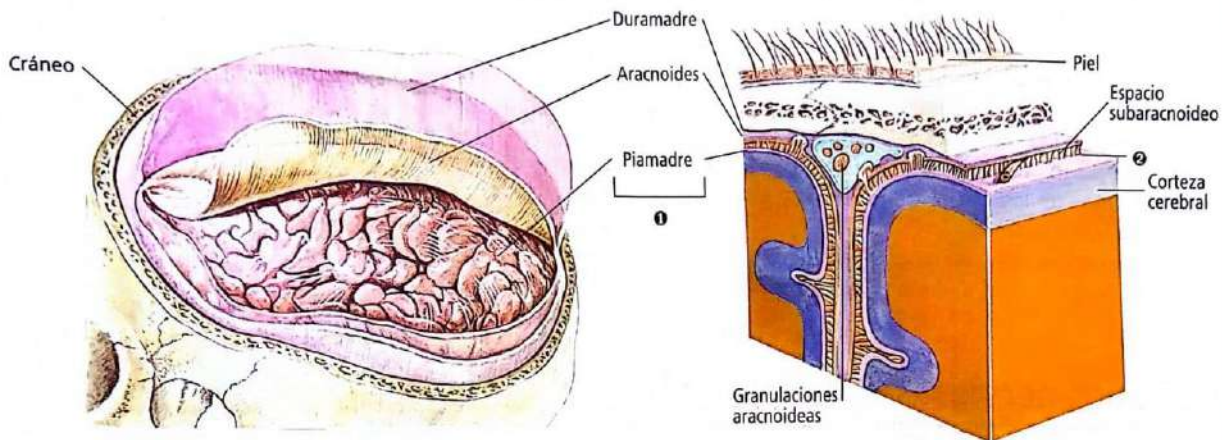
Presenta hendiduras profundas, cisuras, y repliegues, o circunvoluciones, que aumentan la superficie cerebral. La cisura interhemisférica lo divide en dos mitades: el hemisferio derecho y el hemisferio izquierdo; ambos se conectan por el cuerpo caloso, que integra las funciones de cada mitad. Las cisuras delimitan cuatro lóbulos: frontal, parietal, temporal y occipital. La zona más externa del cerebro es la corteza cerebral, cuyo espesor oscila entre 1,5 y 4 mm. Sus funciones serán analizadas más adelante.

Organización interna del cerebro

Inmersos en la sustancia blanca se hallan distintos núcleos basales de sustancia gris, como el caudado y el lentiforme, que participan en la planificación y la programación de los movimientos, especialmente los que se realizan de manera automática e inconsciente.

En el centro del cerebro se ubica el sistema límbico, un conjunto de estructuras, entre ellas el hipocampo y la amígdala, alrededor de la parte superior del diencefalo, que conecta el hipotálamo con la corteza cerebral y otras estructuras. Se relaciona con los impulsos, las emociones, el placer y el desagrado, y también con la consolidación de la memoria.

Las meninges y el líquido cefalorraquídeo

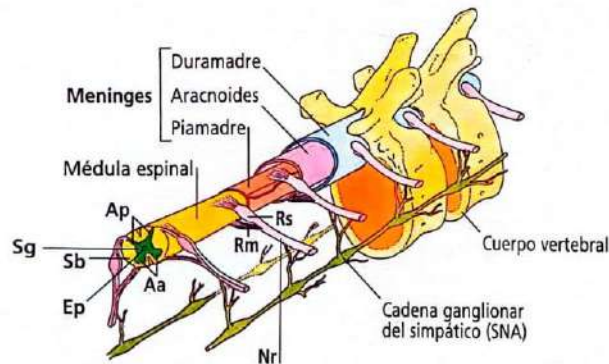


Además de los huesos, los órganos del SNC se hallan protegidos por un conjunto de membranas, las meninges, y por el líquido cefalorraquídeo.

❶ **Meninges.** Son tres capas de tejido que cubren todas las estructuras del SNC.
Duramadre. Se encuentra en contacto directo con los huesos del cráneo. En la médula, la duramadre está separada de la vértebra por el espacio epidural, y de la aracnoides por el espacio subdural.
Aracnoides. Capa delgada de tejido separada de la piamadre por el espacio subaracnoideo, por el cual circula el líquido cefalorraquídeo.
Piamadre. Se encuentra en contacto directo con el encéfalo y la médula espinal. Es muy delgada.

❷ **Líquido cefalorraquídeo.** Líquido transparente y alcalino semejante al plasma, cuya función es amortiguar los golpes, transportar algunas sustancias y participar en el intercambio de nutrientes. Rellena el espacio subaracnoideo y las cavidades denominadas ventrículos. Finalmente, se incorpora a la sangre a través de las **granulaciones aracnoideas**.

a) La médula espinal y los nervios raquídeos



Médula espinal. Estructura cilíndrica que se aloja dentro de la columna vertebral y se extiende desde el bulbo raquídeo hasta la segunda vértebra lumbar. El canal central, que contiene el líquido cefalorraquídeo, se denomina **conducto del epéndimo (Ep)**.

La sustancia gris (Sg), en forma de H, ocupa la región central e interna y contiene los cuerpos neuronales y las fibras amielínicas. De las astas anteriores (Aa) **emergen** las fibras anteriores de los nervios raquídeos (Nr) (motoras, que se dirigen hacia los órganos efectoras); a las astas posteriores (Ap) **llegan** las fibras posteriores de los nervios raquídeos (sensitivas, que provienen de los receptores sensoriales). Cada uno de los nervios raquídeos (hay treinta y un pares) está formado, entonces, por dos ramas: una sensitiva o aferente (Rs) y otra motora o eferente (Rm), por lo que se trata de nervios mixtos. La sustancia blanca (Sb), que ocupa la porción periférica, está compuesta por fibras mielínicas (motoras, sensitivas y de asociación), las cuales constituyen las **vías ascendente y descendente**, que **conducen la información desde el encéfalo y hacia él**.

La médula es, asimismo, un **centro nervioso que coordina acciones reflejas** (involuntarias).

b) El encéfalo y los nervios craneales

Par	Nombre	Función	Tipo
I	Olfatorio	Transmite información desde la mucosa olfatoria al cerebro.	Sensorial
II	Óptico	Transmite información desde la retina a los centros visuales.	Sensorial
III	Motor ocular común	Movimientos del ojo, acomodación del cristalino y diámetro pupilar.	Motor
IV	Patético o troclear	Movimientos del ojo.	Motor
V	Trigémino	Sensaciones faciales, masticación.	Mixto
VI	Abductor o motor ocular externo	Movimientos del ojo.	Motor
VII	Facial	Expresión facial, salivación y gusto.	Mixto
VIII	Vestibulococlear	Equilibrio y audición.	Sensorial
IX	Glosofaríngeo	Deglución, salivación, gusto.	Mixto
X	Vago o neumogástrico	Sensación y control visceral.	Mixto
XI	Espinal	Movimientos de la cabeza.	Motor
XII	Hipogloso mayor	Movimientos de la lengua: fonación, deglución, masticación.	Motor

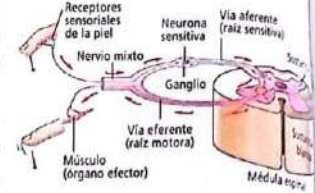
Los nervios craneales (hay doce pares: tres sensoriales, cinco motores y cuatro mixtos) emergen de distintas zonas del encéfalo y se dirigen a los diversos órganos del cuerpo. Se designan con números romanos, que indican la secuencia con la que salen del encéfalo.

Acto reflejo: un ejemplo de la función nerviosa

Acciones tales como patear una pelota, caminar en una dirección determinada, escribir o conversar con nuestros amigos, las hacemos voluntariamente; es decir, desde la corteza cerebral parten impulsos nerviosos que, a través de los nervios, llegan hasta los órganos encargados de efectuar la acción deseada. Sin embargo, a veces respondemos a un estímulo en forma inmediata e involuntaria, sin la intervención del cerebro.

Por ejemplo, si apoyan sin querer la mano sobre una superficie puntiaguda, se produce un impulso nervioso que determina en forma automática un movimiento del brazo y del antebrazo para retirar la mano y no pincharse. Si bien en la situación descrita son conscientes de la acción realizada, *esta se produce en forma involuntaria*, y se la denomina **acto reflejo**.

El recorrido que sigue el impulso nervioso de un acto reflejo desde la captación del estímulo hasta la ejecución de la respuesta se denomina **arco reflejo**.



Arco reflejo. La información es recibida por un receptor sensorial de nuestra piel, y de allí, el impulso se transmite por la rama sensitiva de un nervio raquídeo hasta la médula espinal. Las neuronas de la sustancia gris de la médula elaboran una respuesta, la cual llega a los músculos a través de la rama motora de un nervio y provoca las contracciones que permiten los movimientos adecuados (en este ejemplo, retirar la mano).

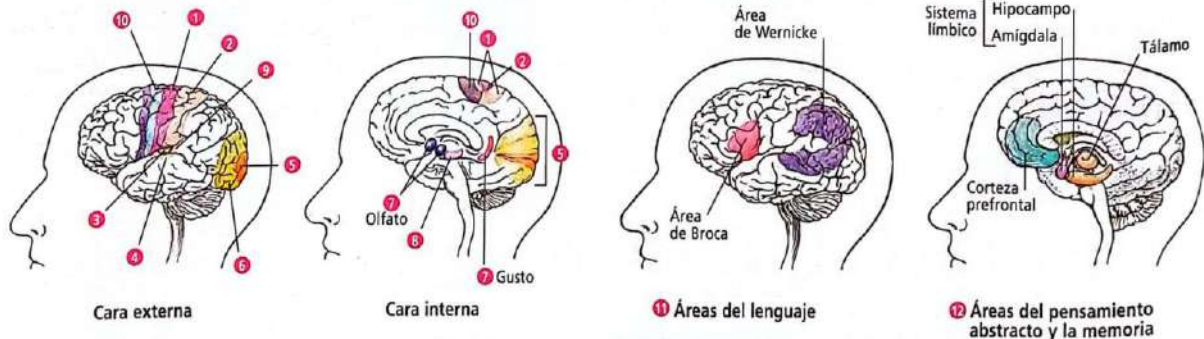
Funciones nerviosas complejas: el cerebro humano

Muchos de los aspectos estructurales y fisiológicos del sistema nervioso del hombre son similares a los del resto de los vertebrados; sin embargo, el cerebro presenta notorias características diferenciales, las cuales son responsables de las capacidades que el ser humano tiene respecto de los animales.

A diferencia de los otros vertebrados, el cerebro de los mamíferos presenta un gran desarrollo de la corteza cerebral (**neopallio**). Esta cubierta de sustancia gris es el *mejor centro de coordinación del organismo, como así también es responsable de lo que denominamos inteligencia y conciencia*.

Los estudios realizados hasta el presente permitieron comprobar que las numerosas y complejas funciones que cumple la corteza cerebral son llevadas a cabo por regiones distintas e identificables: las **áreas corticales**.

En términos generales, estas pueden agruparse en: **áreas sensoriales**, encargadas de interpretar los impulsos sensitivos que llegan al cerebro; **áreas motoras**, que controlan la actividad muscular, y **áreas de asociación**, que integran la información sensorial con la motora y se relacionan con los procesos emocionales e intelectuales.



- 1 Área somatosensitiva. Recibe las sensaciones de la piel, los músculos y las vísceras.
- 2 Área somatopsíquica. Integra e interpreta las sensaciones recibidas por el área somatosensitiva.
- 3 Área auditiva. Interpreta las características básicas de los estímulos sonoros.
- 4 Área de asociación auditiva. Interpreta y asocia en forma consciente los estímulos sonoros. A través de ella se interpreta el lenguaje.
- 5 Área visual. Recibe los estímulos visuales e interpreta los colores, la forma y el movimiento de los objetos.
- 6 Área de asociación visual. Interpreta y asocia de manera consciente los estímulos visuales. Identifica y evalúa los objetos observados.
- 7 Áreas del gusto y del olfato. Reciben los estímulos gustativos y olfativos.
- 8 Áreas de asociación del gusto y del olfato. Interpretan los distintos sabores y olores.

11 Áreas del lenguaje

- 9 Área gnóstica. Asocia e integra los estímulos provenientes de las distintas áreas y da origen a uno solo y general. Analiza las causas y los porqués de los hechos.
- 10 Área de motricidad consciente y voluntaria. Controla los movimientos musculares voluntarios.
- 11 Áreas del lenguaje. El área de Broca controla la capacidad de hablar y el área de Wernicke se relaciona con la comprensión del lenguaje.
- 12 Áreas del pensamiento abstracto y la memoria. En el lóbulo prefrontal se encuentran los centros de la reflexión y de la memoria reciente (de corto plazo, por ejemplo, la memorización de un número telefónico), de la interpretación de los cálculos matemáticos y del pensamiento abstracto, de las leyes sociales y morales y del dolor afectivo. Las distintas estructuras del sistema límbico (hipocampo, amígdala) se asocian más bien con la memoria remota (evocación de un recuerdo).

Estructura y funciones del SNA

Si se nos preguntara si el intestino o el estómago realizan movimientos, daríamos una respuesta afirmativa, de acuerdo con lo que aprendimos en capítulos anteriores. Sin embargo, esos movimientos no son provocados por nuestra voluntad, y ni siquiera tomamos conciencia del momento y de la intensidad con que ocurren.

Estos y otros movimientos musculares de nuestras vísceras son coordinados por centros nerviosos y por nervios que funcionan independientemente de nuestra voluntad y forman el SNA.

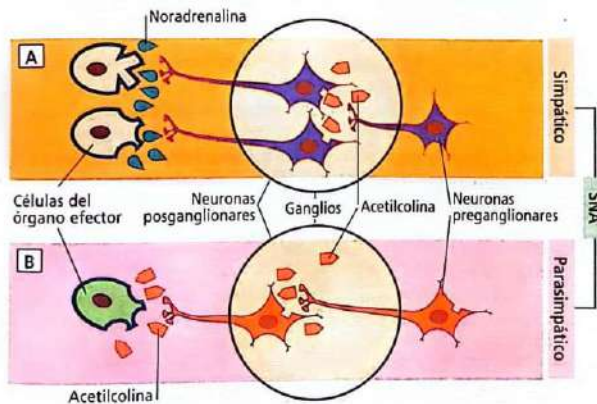
El SNA se divide en **simpático** y **parasimpático**; estos actúan en la mayoría de los casos en forma antagónica: mientras uno estimula determinada función visceral el otro tiene a cargo su inhibición.

El SNA, a través de sus divisiones simpática y parasimpática, responde de manera **involuntaria** a los estímulos provenientes del **medio interno** del organismo.

¿En qué se diferencian los nervios del SNA de los del SNS? Desde el punto de vista anatómico, las neuronas motoras del SNS son diferentes y están separadas de las del SNA, aunque a veces pueden estar incluidas en el mismo nervio. Mientras que los axones del SNS que surgen del SNC *llegan directamente a los órganos efectores*, los del SNA *primero establecen sinapsis con las neuronas motoras que están ubicadas en los ganglios*. Las neuronas que salen del SNC y llegan hasta los ganglios se denominan **preganglionares**, y las que llegan a los órganos efectores, **posganglionares**.



Ganglio nervioso. Grupo de cuerpos neuronales situado fuera del sistema nervioso central.



Diferencias entre los axones de los sistemas simpático y parasimpático. A: Las neuronas preganglionares del simpático tienen *axones cortos*, mientras que las posganglionares tienen *axones largos* y liberan *noradrenalina*; los ganglios en los que establecen sinapsis ambas neuronas se ubican *cerca de la médula espinal*. B: Las neuronas preganglionares del parasimpático tienen *axones largos*, mientras que las posganglionares tienen *axones cortos* y liberan *acetilcolina*; los ganglios en los que establecen sinapsis ambas neuronas se ubican *cerca de los órganos efectores o en sus paredes*.

Órganos	Simpático	Parasimpático
Corazón	Acelera el ritmo cardíaco	Modera el ritmo cardíaco
Vasos	Los contrae	Los dilata
Bronquios	Los dilata	Los contrae
Glándula salival	Salivación débil	Salivación abundante
Vejiga	La relaja	La contrae
Ojos	Dilata la pupila	Contrae la pupila
Intestino	Inhibe el peristaltismo	Estimula el peristaltismo

Comparación del efecto antagónico del simpático y del parasimpático sobre algunos órganos.

Inervación del SNA en los distintos órganos del cuerpo.

