

6

ACCIONES DEL ORGANISMO SOBRE EL MEDIO EXTERNO

Los movimientos del organismo

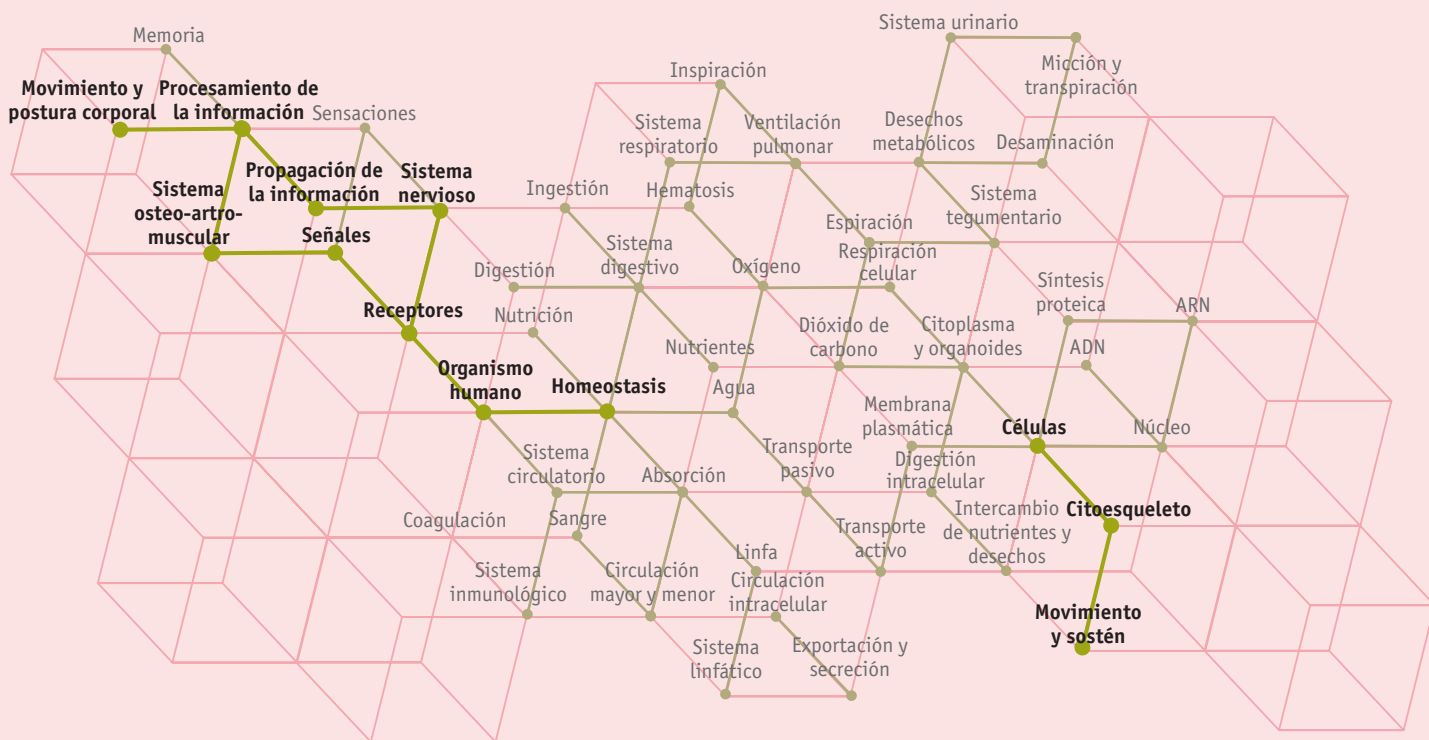
Como se explicó en los capítulos anteriores, el organismo utiliza la energía obtenida a través del metabolismo de los nutrientes en múltiples y variadas actividades. La producción de calor, el crecimiento, la reparación de tejidos y la realización de movimientos son algunas de las actividades en las que el organismo invierte gran parte de esa energía.

La mayoría de las actividades que realizamos son posibles por el funcionamiento conjunto e integrado de **huesos, articulaciones y músculos**, es decir, del **sistema osteo-artro-muscular**.

El sistema osteo-artro-muscular facilita la vinculación o relación del cuerpo con el medio externo, ya que todas las tareas físicas que realizamos implican la activación de ciertos músculos, los cuales, a su vez, producen el movimiento de determinados huesos, relacionados entre sí por articulaciones específicas.

Como cualquiera de los otros sistemas que se han explicado en los capítulos anteriores, éste no actúa de manera aislada: para su buen funcionamiento es imprescindible su relación con otros sistemas del organismo. El sistema osteo-artro-muscular efectúa las respuestas que elabora el **sistema nervioso** como, por ejemplo, al patear una pelota, escribir o correr una carrera.

En síntesis, el sistema osteo-artro-muscular y el sistema nervioso participan en los **movimientos controlados y coordinados**, y el mantenimiento de la **postura corporal** del organismo.



Estructura y dinámica del sistema osteo-artro-muscular

El sistema osteo-artro-muscular puede estudiarse como la integración de tres subsistemas: el **óseo**, conformado por todos los huesos que componen el esqueleto; el **articular**, constituido por las articulaciones que vinculan los huesos y el **muscular**, formado por todos los músculos.





Huesos cortos



Huesos planos



Los huesos de las vacas son utilizados en la elaboración de caldos, pucheros y guisos, que adquieren un sabor especial debido a la sustancia grasa que aporta la médula ósea o caracú.



Subsistema óseo

El subsistema óseo está conformado por todos los huesos del cuerpo. Sobre estos órganos se insertan los músculos, cuya contracción sincronizada permite el mantenimiento de diferentes posturas, la realización de **movimientos** y el **desplazamiento**.

Además de esas funciones, algunos huesos participan en la **protección** porque delimitan cavidades que contienen órganos, como los pulmones, el cerebro y el corazón.

Como se explicó en el Capítulo 3, los huesos participan en la **producción de las células sanguíneas** y, además, constituyen una importante **reserva de minerales** para el organismo. Por ejemplo, cuando el calcio o el fósforo son escasos en la dieta, los huesos los liberan hacia el torrente sanguíneo.

Los 206 huesos que componen este subsistema se organizan en un esqueleto central o axial y un esqueleto apendicular.

El **esqueleto central** o **axial** constituye el eje del cuerpo. Está formado por la **columna vertebral**, el **cráneo** y el **tórax**.

El **esqueleto apendicular** está conformado por las **extremidades** –superiores e inferiores– y las cinturas, que permiten la articulación de las mismas con el esqueleto axial: la **cintura escapular**, con los miembros superiores; y la **cintura pélvica**, con los miembros inferiores. Todos estos huesos proporcionan la forma característica del cuerpo humano.

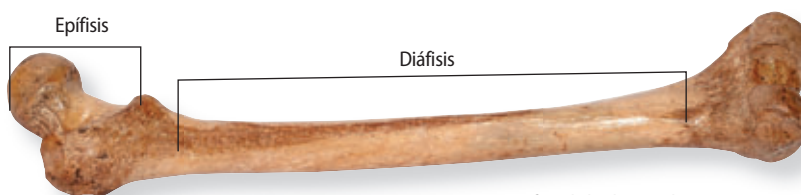
LA FORMA DE LOS HUESOS

Según la forma, las dimensiones y las actividades en las que intervienen, los huesos se clasifican en largos, cortos y planos.

Los **huesos largos** son aquellos en los cuales la longitud predomina sobre el ancho y el espesor, como por ejemplo, uno de los huesos que constituyen el brazo, el **húmero**. Por lo general, los huesos largos participan en el soporte y sostén del cuerpo y permiten su desplazamiento. Están formados por dos cabezas ubicadas en los extremos denominadas **epífisis** y un cuerpo o **diáfisis**, en el interior del cual se encuentra la cavidad **medular**, donde se aloja la **médula ósea**.

Los **huesos cortos** tienen las tres dimensiones similares, como el cuerpo de las **vértebras**. Pueden resistir grandes presiones.

Los **huesos planos** son los que presentan un predominio de la longitud y el ancho sobre el espesor, como por ejemplo el **occipital**. Por lo general, delimitan cavidades que alojan órganos y contribuyen a la protección de los mismos.



Las epífisis de los huesos largos están formadas por tejido óseo esponjoso. Las diáfisis son tubos de tejido óseo compacto.



1. Además de las establecidas en estas páginas, piensen en otras relaciones entre el osteo-artro-muscular y los demás sistemas del organismo.
2. Observen el modelo de sistema óseo de la página 142 e identifiquen los

- huesos que se mencionan en el texto. Clasifíquenlos en huesos cortos, planos y largos.
3. Si en la escuela tienen un esqueleto completo o solo algunos huesos largos, observen con atención su superficie,

busquen marcas, rugosidades y orificios. Señalen la diáfisis y las epífisis. Ubíquenlos sobre su cuerpo, como si les pertenecieran, y determinen en qué tipo de movimiento intervienen.

LA CONSTITUCIÓN DE LOS HUESOS

Los huesos están formados por **tejido óseo**, constituido por células llamadas **osteocitos** y una **sustancia intercelular** elaborada por dichas células. Dicha sustancia intercelular está compuesta por un 40% de agua y un 60% de materiales sólidos inorgánicos y orgánicos. Entre los constituyentes sólidos e inorgánicos, se encuentran la **apatita** y la **hidroxiapatita**, materiales compuestos principalmente por fosfatos y carbonato de calcio. Entre los constituyentes sólidos orgánicos, los huesos tienen **fibras de colágeno** y **mucopolisacáridos**.

Las células y la sustancia intercelular se disponen en forma de laminillas, que dan origen a tres tipos de tejido óseo: esponjoso, compacto y haversiano.

En el **tejido óseo esponjoso**, las laminillas se disponen de manera irregular y dejan espacios entre sí. En esos espacios se encuentra la **médula ósea roja**, tejido donde se producen las células sanguíneas.

El tejido óseo esponjoso se encuentra en el interior de las epífisis y en ciertos sectores de la cavidad medular de los huesos largos. También en el interior de los huesos cortos y planos.

Con el paso de los años, la médula ósea roja pierde su actividad formadora de células sanguíneas y se transforma en la **médula ósea amarilla**. Este tejido constituye una fuente de reserva energética porque está conformado por gran cantidad de **células adiposas**. En los niños es mayor la proporción de médula ósea roja pero, a medida que pasa el tiempo, ésta es reemplazada por médula ósea amarilla, con abundante cantidad de células que contienen grasa.

En el **tejido óseo compacto** las laminillas se disponen de manera regular, formando capas sin espacios entre sí. Este tipo de tejido se encuentra en la superficie exterior de todos los huesos y en la superficie de la cavidad medular de los huesos largos.

El **tejido óseo haversiano** está formado por unidades menores, los **sistemas de Havers**, en los cuales las laminillas regulares y superpuestas se ubican de manera concéntrica, delimitando un conducto central, dentro del cual hay vasos sanguíneos que nutren el hueso. Este tipo de tejido se encuentra en la parte media de las diáfisis de los huesos largos, entre capas de los tejidos compacto y esponjoso.

Cada uno de los huesos está recubierto por una capa de tejido conectivo, el **periostio**, en la que se encuentran fibras de colágeno, que lo protegen, y vasos sanguíneos, que lo nutren.

CON-TEXTO DE LA CIENCIA

Un esqueleto a medida

Entre las diáfisis y epífisis de los huesos largos hay un disco cartilaginoso llamado **cartilago de crecimiento** o de **conjunción**. En esta estructura se produce la multiplicación celular y la osificación que provocan el crecimiento longitudinal de esos huesos.

En un organismo de aproximadamente 20 años, todo el cartilago de crecimiento se ha osificado y el crecimiento se detiene. Los huesos también crecen en grosor cuando las células del periostio se reproducen y forman nuevas capas. El crecimiento en grosor permite la reparación de los daños ocurridos por fracturas.

CON-CIENCIA EN LOS DATOS

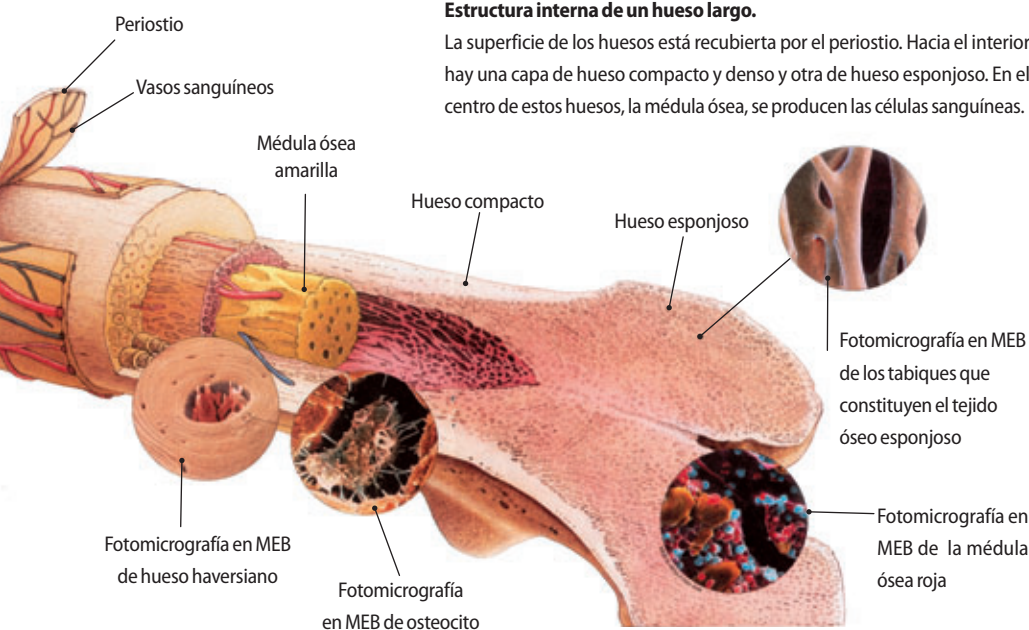
En un adulto:

■ sus 206 huesos pesan aproximadamente 15 kg (20% del peso corporal); y

■ sus 600 músculos pesan alrededor de 30 kg (40% del peso corporal)

Estructura interna de un hueso largo.

La superficie de los huesos está recubierta por el periostio. Hacia el interior hay una capa de hueso compacto y denso y otra de hueso esponjoso. En el centro de estos huesos, la médula ósea, se producen las células sanguíneas.



Subsistema articular

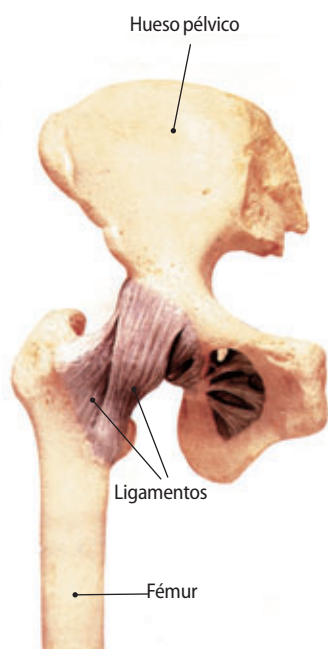
El subsistema articular del organismo está conformado por el conjunto de articulaciones que relacionan los huesos entre sí.

Según el grado de movilidad que presenten, las articulaciones se clasifican en inmóviles o fijas, semimóviles y móviles.

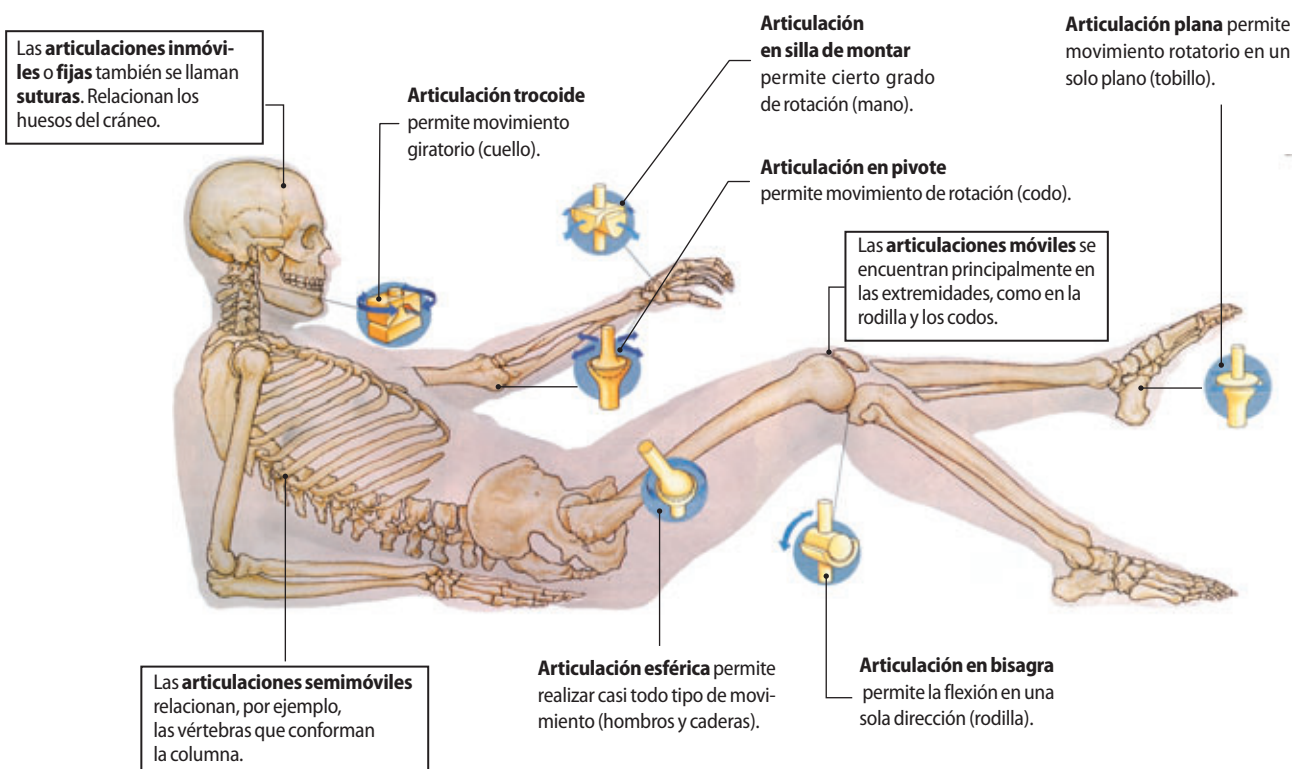
En las **articulaciones inmóviles o fijas** no hay movilidad entre los huesos que relacionan. Este tipo de unión entre huesos resulta de la aproximación de sus superficies, o de su relación por bandas de tejido fibroso o cartilaginoso.

Las **articulaciones semimóviles** permiten escasa movilidad entre los huesos que relacionan. En éstas, la superficie articular está recubierta por una capa de **cartílago** que disminuye el rozamiento y están compuestas de una estructura en forma de anillo, el **fibrocartílago**, que aumenta la superficie articular. Entre las superficies articulares hay una "almohadilla" llamada **menisco** que amortigua las presiones y **ligamentos** o cordones fibrosos que mantienen los huesos unidos entre sí.

Las **articulaciones móviles** son las más numerosas del cuerpo y permiten una gran variedad y amplitud de movimientos entre los huesos que asocian. En este tipo de articulación, las superficies articulares de los huesos están recubiertas por **cartílago articular**. Una articulación móvil como la de la rodilla, está conformada por estructuras que amplían la superficie articular y mantienen unidos los huesos firmemente. Los **ligamentos** relacionan los huesos con las **membranas sinoviales**, que revisten la cápsula articular y segregan el **líquido sinovial**. Este fluido llena y lubrica la cápsula; esto disminuye la fricción y facilita el movimiento.



Articulación de la cadera.



1. Relean el texto y elaboren un cuadro comparativo de los distintos tipos de articulaciones. Presten

especial atención a las estructuras que componen cada una.
2. Según la clasificación realizada,

piensen otros ejemplos de articulaciones para incorporar en el cuadro.

Subsistema muscular

La variedad de movimientos del cuerpo no solo es posible por el sostén que le proporciona el esqueleto y las articulaciones, sino también por la presencia de los **músculos esqueléticos**, así llamados porque actúan sobre los huesos.

Como otros tipos de músculos, los esqueléticos tienen la capacidad de modificar su forma al contraerse y recuperarla posteriormente al relajarse.

La unión de los músculos con los huesos se realiza a través de los **tendones**.

Al igual que en el caso de los huesos, según sus dimensiones los músculos pueden clasificarse en largos, cortos y anchos.

Los **músculos largos**, como el **bíceps**, se encuentran por lo general en las extremidades y se caracterizan por permitir la realización de movimientos amplios.

Los **músculos cortos** permiten movimientos limitados y sostenidos, como los **interespinales**, ubicados entre las vértebras de la columna.

Los **músculos anchos** conforman paredes de cavidades, como por ejemplo los de la pared abdominal, y permiten movimientos limitados y no muy sostenidos.

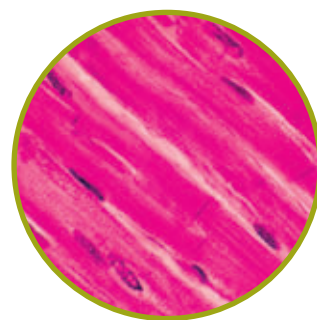
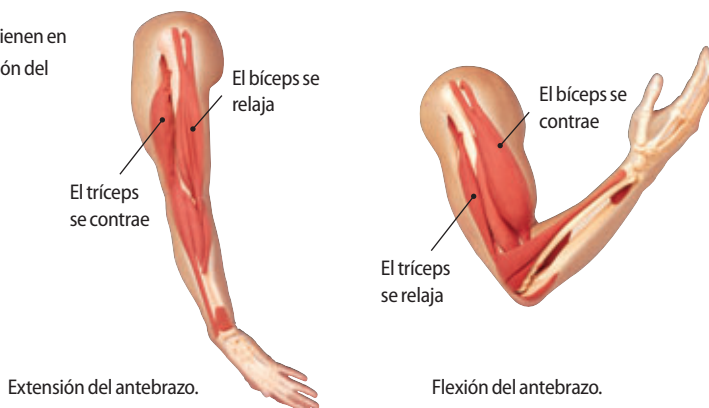
Los músculos esqueléticos están formados por **tejido muscular estriado** constituido, a su vez, por **células musculares estriadas** que se caracterizan por tener una gran longitud y varios núcleos. Las del **cuádriceps**, músculo ubicado en el muslo, pueden llegar a medir hasta 10 cm de largo. En su citoplasma tienen **miofibrillas**, formadas por las proteínas contráctiles: **actina** y **miosina**.

Cuando el músculo recibe algún tipo de estímulo, se produce la liberación de iones de calcio (Ca^{2+}). Esto provoca el deslizamiento de los filamentos de actina sobre los de miosina y determina el acortamiento o **contracción muscular**. Al reabsorberse el calcio nuevamente, la actina vuelve a su posición inicial; esto provoca la **relajación muscular**. Este fenómeno requiere de energía que proviene del ATP que se obtiene a partir del proceso de **respiración celular**, realizado en las mitocondrias a partir de glucosa y oxígeno.

Cuando el ejercicio muscular es muy intenso, la cantidad de oxígeno se vuelve insuficiente y la glucosa se transforma en **ácido láctico**, en vez de ser reducida a dióxido de carbono y agua. En este proceso se obtiene menor cantidad de energía que en la respiración celular. La acumulación de ácido láctico en los músculos, causa fatiga y dolor.

Si bien la contracción muscular implica un acortamiento de las fibras musculares, es posible que los músculos se contraigan sin disminuir notablemente su longitud. Cuando esto sucede, aumenta la tensión muscular y se dice que la contracción es **isométrica**. Cuando al contraerse, un músculo se acorta y se vuelve más grueso, se dice que la contracción es **isotónica**.

Músculos que intervienen en la flexión y la extensión del antebrazo.



Fotomicrografía en MO de tejido muscular.



1. Contraigan el bíceps de un brazo y con la mano del otro hagan fuerza para evitar que el codo se doble. Observen qué ocurre con ese músculo del brazo que quieren doblar. Han producido una contracción isométrica del bíceps.
2. Levanten un objeto pesado y doblen el codo del brazo con que lo sostienen. Observen qué ocurre con el bíceps de ese brazo. Han producido una contracción isotónica del bíceps.

El estudio del cuerpo en el Renacimiento

LA INVENCIÓN DE LA IMPRENTA, EL DESCUBRIMIENTO DEL NUEVO MUNDO, LA TEORÍA HELIOCÉNTRICA, EL INTERÉS POR LAS CUALIDADES Y CAPACIDADES DE LOS HUMANOS Y EL SURGIMIENTO DE LA CIENCIA MODERNA FUERON ALGUNOS DE LOS FACTORES QUE DELIMITARON EL PRINCIPIO DEL RENACIMIENTO, PERÍODO QUE, SEGÚN ALGUNOS ESPECIALISTAS, TRANSCURRIÓ ENTRE LOS AÑOS 1450 Y 1600. DURANTE ESE LAPSO TAMBIÉN SE PRODUJO LA “REVOLUCIÓN ANATÓMICA”, EN LA QUE INTERVINIERON CIENTÍFICOS Y ARTISTAS.

El primer paso hacia la “revolución anatómica” lo hizo Mondino de Luzzi (1270-1326), quien describió con detalles sus disecciones de cadáveres en uno de los primeros libros sobre anatomía humana.

El segundo paso lo dieron grandes maestros de la pintura como Miguel Ángel, Rafael, Durero y Leonardo da Vinci.

Los primeros dibujos anatómicos de Da Vinci (1452-1519) reflejan poco conocimiento de los órganos internos del cuerpo humano, pero gran familiaridad con su aspecto externo. Para lograr mayor realismo en sus dibujos, Leonardo disecaba cadáveres humanos y de animales. Sus últimas obras revelan no solo una observación minuciosa sino también un maravilloso

sentido artístico.

Da Vinci planeaba escribir un libro de anatomía humana con Marcoantonio della Torre, profesor en Pavia, pero la muerte de éste no lo permitió y sus dibujos y escritos quedaron ocultos hasta el siglo pasado. Hoy, en sus libros de notas, es posible leer los siguientes aforismos:

25. Los antiguos llamaban al hombre un mundo menor; designación justa, porque está compuesto de tierra, agua, aire y fuego como el cuerpo terrestre, y a él se asemeja. Si el hombre tiene sus huesos, que le sirven de armadura y sostienen su carne, el mundo tiene sus rocas que sostienen su tierra; si el hombre tiene dentro de sí un lago de sangre, donde crece y decrece el pulmón para su respiración, el cuerpo de la tierra tiene su mar océano que, cada seis horas, crece y decrece también para

su respiración; si de aquel lago de sangre derivan las venas que van ramificándose por todo el organismo, análogamente el mar océano llena el cuerpo terrestre con innumerables venas de agua; pero faltan a nuestro globo los nervios, que no le han sido dados porque ellos están destinados al movimiento, y el mundo, en su perpetua estabilidad, carece de movimiento, y donde no hay movimiento los nervios son inútiles. Pero, en todo lo demás, el hombre y el mundo son semejantes.

38. Los músculos con sus tendones obedecen a los nervios, como los soldados a sus capitanes; y los nervios están subordinados al cerebro, como los capitanes al supremo comandante; la coyuntura obedece, pues, al tendón, el tendón al músculo, el músculo al nervio y el nervio al cerebro. El cerebro es el sitio del alma, cuya proveedora es la



1. ¿Cuáles son los criterios para identificar los tres primeros pasos de la “revolución anatómica” durante el Renacimiento?

2. ¿Qué analogías empleó Da Vinci en sus aforismos para describir la compleja organización del cuerpo humano?

3. ¿Por qué critica Vesalio la manera en que los maestros enseñaban anatomía a sus discípulos?

memoria y cuya consejera es la sensibilidad.

El tercer paso en la revolución anatómica lo dió el médico belga Andreas Vesalio (1514-1564). Cuando Vesalio estudiaba, los conocimientos anatómicos se impartían a partir de la lectura de los textos de Galeno e Hipócrates, mientras un barbero o cirujano realizaba la disección de un cadáver. En contra de esta corriente, Vesalio sostuvo que el estudio de la anatomía del cuerpo humano debía realizarse a través de la disección directa de cadáveres y no a partir de la interpretación de textos antiguos. Así, en su tesis de grado se opone fuertemente a los escritos de Galeno, y sus maestros lo tratan de loco.

A los 23 años, daba lecciones de anatomía humana en recintos multitudinarios.

Con solo 28 años de edad, en 1543, escribió *De Humani corporis fabrica*, una de las obras más importantes de la historia de la medicina.

En este texto Vesalio describe el cuerpo humano como una fábrica o edificio y separa

la “forma” de la “función” fomentada por Galeno.

De Humani corporis fabrica no es un libro perfecto ni por su texto ni por sus ilustraciones, pero enfrenta duramente al estudio de la anatomía y a los profesores de medicina de la época. Esta oposición ha quedado plasmada en la introducción del libro, donde critica la distancia que se interpone entre los maestros de anatomía y la mesa de disecciones.

En su obra es posible leer:

Los primeros (cirujanos o barberos) son tan ignorantes de idiomas que son incapaces de explicar sus disecciones a los espectadores y confunden lo que debería demostrarse de acuerdo con las instrucciones del médico, quien, como nunca ha usado sus manos en la disección de un cadáver, torpemente maneja el barco desde su manual. De esta manera todo se enseña mal en las escuelas y los días se gastan en preguntas ridículas, de modo que en tal confusión menos se presenta a los espectadores que lo que cualquier carnicero podría enseñarle en su tienda a un médico. Tengo conciencia de que por mi

edad—actualmente tengo 28 años de edad— mis esfuerzos poseen poca autoridad y que debido a las frecuentes indicaciones de falsedad de las enseñanzas de Galeno, no encontrarán protección en contra de ataques de los que no estuvieron presentes en mis demostraciones anatómicas o no han estudiado ellos mismos la materia con asiduidad.

El libro de Vesalio constituye una obra trascendental en la historia de la ciencia, ya que es uno de los primeros textos donde la observación de la realidad es más importante que lo escrito sobre ella por las autoridades de la época. Después de la publicación de su gran libro, llegó a ser el médico de Felipe II, quien lo absolvió de su condena a ejecución por realizar accidentalmente una disección en una persona que aún estaba viva. No obstante, Vesalio debió pagar su equivocación viajando a Tierra Santa (Jerusalén). Se cree que murió en su viaje de regreso en la isla griega de Zante, en circunstancias poco claras, a los 50 años de edad.

4. Construyan una línea de tiempo y ubiquen en ella el período compren-

dido por el Renacimiento y por las vidas de Mondino de Luzzi, Da Vinci,

Miguel Ángel, Rafael, Durero, Galeno, Hipócrates y Vesalio.





Observen los gráficos del esqueleto, las articulaciones y los músculos de estas páginas e indiquen qué huesos, articulaciones y músculos participan en cada una de las siguientes acciones.

- Levantar los hombros.
- Extender una pierna.
- Levantar un brazo para saludar.

Dinámica del sistema osteo-artro-muscular

El análisis del funcionamiento integrado de huesos, articulaciones y músculos permite comprender cómo se logra mantener una postura erguida o realizar una diversidad de movimientos, desde los más simples hasta los más complejos.

Para todo ello, no solo es necesaria la contracción de un grupo de músculos y la relajación de los opuestos, sino también la participación del sistema nervioso que recibe y procesa información proveniente de los órganos visuales, del equilibrio y de los propios músculos.

Por ejemplo, al estar de pie flexionar una pierna sobre la otra parece algo sencillo, que no requiere de gran destreza. Sin embargo, exige que los **glúteos**, músculos que se insertan en los huesos coxal, sacro, cóccix y fémur, estén semicontraídos, mientras que el **tensor de la fascia lata**, que se extiende desde el coxal hasta la tibia, se contraiga para mantener equilibrio del cuerpo.

Para flexionar la pierna, deben contraerse el **sartorio**, que se extiende desde el coxal hasta la tibia, el recto interno, que se inserta en el pubis y en la tibia, el **bíceps crural**, que va desde el coxal al peroné, el **semitendinoso** y el **semimembranoso**, que se extienden desde el coxal hasta la tibia y la rodilla; a la vez que el **tensor de la fascia lata** se halla en posición relajada. De esta manera, los huesos de la pierna (tibia y peroné) articulados con el hueso del muslo (fémur) por medio de la articulación de la rodilla, se flexionan.

Corazón

Los atletas tienen baja frecuencia cardíaca cuando están en reposo. Pueden llegar a tener menos de 40 latidos por minuto (en una persona no entrenada es de entre 70 y 80). Mientras que en un esfuerzo intenso puede aumentar hasta cerca de los 200 latidos por minuto.

Adrenalina

Las hormonas adrenalina y noradrenalina actúan sobre el corazón, los vasos sanguíneos y las glándulas. Cuando el atleta realiza un gran esfuerzo físico estas hormonas disminuyen. Esto se traduce en un menor aumento de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca que, a su vez, reduce el gasto de oxígeno.

Respiración

Hay 2 técnicas utilizadas por los atletas:

- Contienen la respiración a la voz de "listos" hasta el disparo. Luego respiran ligeramente.
- Respiran profundamente antes del disparo y contienen la respiración hasta el final.

Músculos

Hay dos tipos de fibras musculares identificadas según su capacidad de contraerse:

- Fibras de contracción lenta, que dependen del metabolismo aeróbico (con oxígeno).
- Fibras de contracción rápida. Sobre éstas, la energía generada anaeróbicamente (sin oxígeno) produce un rápido acortamiento, que se traduce en movimientos veloces y potentes.

LA ENERGÍA DEL HOMBRE

La energía necesaria para realizar ejercicios de gran intensidad y poca duración (5 a 60 segundos) proviene de vías predominantemente anaeróbicas (sin utilización de oxígeno), mientras que las fuentes energéticas para realizar las contracciones musculares durante ejercicios prolongados están en el metabolismo aeróbico (con utilización de oxígeno).

SALIDA

Al comenzar la carrera, el corredor presiona sobre el pie delantero y separa las manos del suelo para producir el desequilibrio que provocará la carrera.

La pierna trasera es la primera en salir hacia adelante.

Durante los primeros pasos el cuerpo toma una inclinación de 45°.

Posición inclinada hacia adelante

Punto de máxima velocidad

El esfuerzo máximo de la prueba está en los últimos 20 metros.

El cuerpo comienza a recuperar la posición vertical.

Tacos de salida

0 m

10 m

20 m

30 m

40 m

50 m

60 m

70 m

80 m

90 m

100 m

Homeostasis en las acciones del organismo humano

El calcio y la glucosa son dos materiales fundamentales en el movimiento y las acciones del organismo sobre el medio. El primero interviene en la composición del subsistema óseo, y el segundo en la dinámica del subsistema muscular.

REGULACIÓN DE LA CALCEMIA

El calcio interviene en la **contracción de los músculos**, en la **transmisión del impulso nervioso** y en la **coagulación de la sangre**.

Este mineral ingresa en el organismo por la ingesta de alimentos y la absorción intestinal. Aproximadamente el 1,5% del peso del corporal corresponde al calcio, que se halla casi en su totalidad formando parte de los huesos. El resto está en los líquidos del cuerpo (en el plasma y en el medio intercelular).

En el organismo hay dos tipos de reservas de calcio almacenadas en los huesos que se diferencian por el grado de facilidad con la que realizan intercambios con el medio interno. Una reserva es de **intercambio continuo**, y regula la concentración de calcio en sangre. La otra reserva es más estable y de **intercambio más lento**; está relacionada con la remodelación del hueso y se encuentra en un proceso continuo de depósito y liberación de calcio hacia la sangre.

Como se explicó en el Capítulo 4, los riñones participan del mantenimiento del equilibrio del calcio, sobre todo a nivel plasmático. Si bien este mineral se filtra en el riñón, gran parte del mismo vuelve a la sangre al ser reabsorbido por los túbulos de los nefrones.

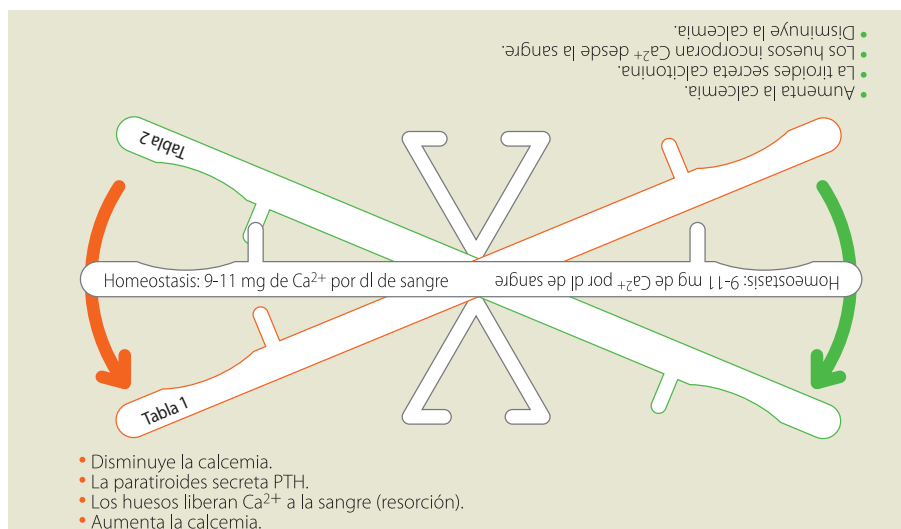
Como el sistema excretor, el subsistema óseo también contribuye en la regulación del equilibrio de los iones calcio; proceso en el cual intervienen dos hormonas.

La **calcitonina** es producida por la **glándula tiroides** y promueve la formación de los huesos, incorporando el calcio que circula por la sangre. Por lo tanto, esta hormona disminuye la concentración de calcio en la sangre o **calcemia**.

La **hormona paratiroidea (PTH)** se produce en las **glándulas paratiroides** y moviliza el calcio desde los huesos hacia la sangre (**resorción ósea**).

La secreción de calcitonina y de PTH está regulada por los niveles de calcio en sangre. Ante una variación de la calcemia, la tiroides o la paratiroides detectan el cambio y secretan la hormona correspondiente. El resultado de una u otra acción, es la homeostasis del calcio, es decir, el equilibrio en la cantidad normal de este mineral en la sangre.

Como la calcitonina disminuye la calcemia y la PTH la aumenta, estas hormonas se considera que son **hormonas antagónicas** entre sí.



Desequilibrios preocupantes

Cuando, como consecuencia de un mal funcionamiento de las glándulas paratiroides, hay poca producción (**hiposecreción**) o falta la hormona PTH, la concentración de calcio en sangre puede ser tan baja que aumenta la excitabilidad de las células nerviosas y musculares. Este fenómeno desencadena la contracción sostenida de los músculos, en especial los de las extremidades y la laringe. En casos extremos esas contracciones pueden producir muerte por asfixia.

Cuando, por el contrario, hay **hipersecreción** de PTH, se incrementa la resorción ósea y los huesos se desmineralizan. Este fenómeno también aumenta la concentración de calcio sanguíneo y los riñones actúan sobreexigidos sin poder mantener los valores normales de este mineral en la sangre. Este fenómeno puede llegar a producir depósitos sólidos de calcio en los riñones, **cálculos renales**.

Relean la información del texto sobre la regulación del equilibrio del calcio y elaboren una hipótesis sobre posibles consecuencias de las siguientes situaciones.

- a. Debido a un tumor maligno, a una persona le extraen las glándulas paratiroides.
- b. Una persona que tiene un cuadro grave de desnutrición presenta muy bajos niveles de calcio en sangre.

Este sube y baja es un modelo que representa los procesos que regulan los niveles de calcio en la sangre. Para comprenderlo, primero observen la situación de la tabla 1 y lean el texto del color correspondiente. Después giren el libro, observen la situación de la tabla 2 y lean el texto del color correspondiente.



REGULACIÓN DE LA GLUCEMIA

Para realizar cualquier actividad física, los músculos requieren energía para contraerse, la que se obtiene de la degradación de la **glucosa** durante la respiración celular.

La glucosa ingresa en el organismo con la ingesta de alimentos y la absorción intestinal; ésta circula por la sangre y atraviesa las membranas de todas las células que componen el organismo. En las del hígado (**células hepáticas**) y en las **células musculares**, la glucosa puede ser degradada para la obtención de energía, o usada como unidades en la síntesis del polisacárido llamado glucógeno. Por eso, las principales reservas de **glucógeno** del cuerpo están almacenadas en el **hígado** y en los **músculos esqueléticos**.

Del total de glucosa que ingresa en el organismo, aproximadamente un 5% es transformado en glucógeno en el hígado; entre 30 y el 40% es convertido en grasa; y el resto es degradado durante la respiración celular.

En casos de ayuno o de ejercicio intenso, el glucógeno almacenado en el hígado es convertido gradualmente en glucosa, la que luego pasa a la sangre y es degradada en las células para la obtención de energía.

Normalmente, la cantidad de glucosa que ingresa en la sangre por medio de la absorción intestinal y la que sale de ésta por su consumo o almacenamiento en las células, está en equilibrio.

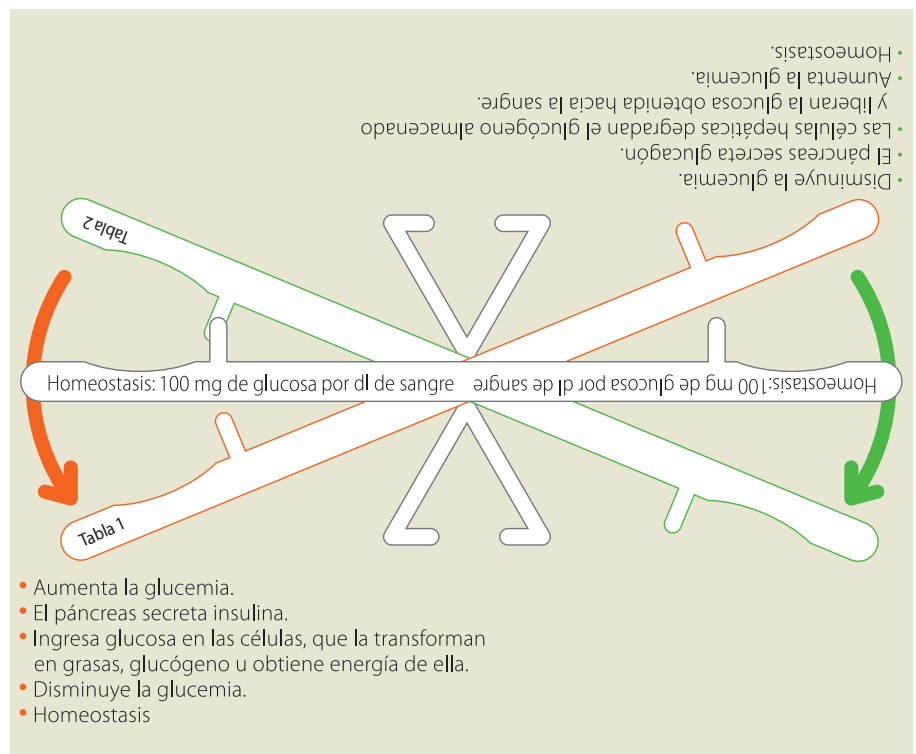
La concentración de glucosa en la sangre (**glucemia**) está regulada por dos hormonas que producen y liberan agrupaciones específicas de células llamadas **islotes de Langerhans**, ubicados en el **páncreas**.

La **insulina** es la hormona que provoca el almacenamiento de glucosa en las células; mientras que el **glucagón** tiene el efecto contrario; por eso se las considera **hormonas antagónicas** entre sí.

Este sube y baja es un modelo que representa los procesos que regulan los niveles de glucosa en la sangre. Para comprenderlo, primero observen la situación de la tabla 1 y lean el texto del color correspondiente. Después giren el libro, observen la situación de la tabla 2 y lean el texto del color correspondiente



Imaginen que son investigadores de la cátedra de Fisiología de una prestigiosa universidad y deben investigar la actividad hormonal del páncreas en ratas de laboratorio (su modelo de estudio). Basándose en la información aportada por el texto, diseñen la serie de experimentos que les permitirían corroborar la acción de la insulina y el glucagón en el organismo de estos animales.



ESTUDIO DE BIÓLOGOS NORTEAMERICANOS

El cuerpo humano actual y el desplazamiento del hombre primitivo

Homo erectus pudo haber sido rápido y resistente como un maratonista para conseguir comida.

Silvia S. Simonetti

Una serie de rasgos fisiológicos aparentemente azarosos aparecidos hace millones de años, confluyeron en la transformación de los seres humanos en **corredores de una resistencia inusualmente elevada**, lo que permitió a nuestros antiguos ancestros competir por alimentos con veloces carnívoros de cuatro patas y **sirvió para definir la forma humana que conocemos hoy**.

Así lo afirman antropólogos de la Universidad de Harvard y la de Utah en la última edición de la revista *Nature*. Allí informan sobre la **evolución de ciertos rasgos**, como una pequeña saliente o reborde en la base de nuestros cráneos, hombros separados de la cabeza, una vasta serie de elásticos tendones en la parte trasera de nuestras piernas y pies, así como nalgas bien definidas.

“Todas estas características anatómicas particulares vuelven a los humanos **corredores sorprendentemente buenos**”, asegura Daniel Lieberman, profesor de Antropología en la Facultad de Artes y Ciencias de Harvard. “Lo que estas características y otras evidencias fósiles parecen decirnos es que las carreras evolucionaron de forma tal que nuestros ancestros directos pudieron competir con otros carnívoros y **tener acceso a las proteínas necesarias**”.

“Estamos muy seguros de que el hecho de elegir correr es algo que tuvo mucho que ver con los orígenes de

la forma moderna del cuerpo humano”, señala Dennis Bramble, profesor de Biología en la Universidad de Utah. “En otras palabras: correr nos volvió humanos, al menos en lo anatómico. Creemos que correr es uno de los hechos más transformadores de la historia humana.”

De acuerdo con Bramble y Lieberman, en los ancestros del hombre aparecieron rasgos físicos que desembocaron en el cuerpo humano actual, adaptado no sólo a la marcha bípeda sino también a la carrera de resistencia.

Hace 13 años, Lieberman y Bramble empezaron a cuestionarse **por qué razón los cerdos corren tan mal**. Bramble notó que, a diferencia de los caballos, los perros, los leopardos y otras especies que son buenas corredoras, los cerdos **carecen de la llamada saliente de la nuca en la base de sus cráneos**, que se vincula con una ancha franja de tejido que mantiene firme a la cabeza del animal cuando éste corre.

Rastros de esta saliente craneal pueden encontrarse en humanos que datan de **varios millones de años**, aunque los fósiles de los primeros humanos mostraron que **ni los primeros homínidos, ni los chimpancés que son sus familiares más cercanos, tienen una saliente a la altura de la nuca**.

“A medida que pensamos más en la saliente de la nuca, empezamos a entusiasmarnos **con otras caracte-**

rísticas relacionadas con huesos y músculos que podían ser especiales para correr también, en lugar de nada más que para estar erguidos”, confiesa Lieberman.

“Algo que me viene a la mente de inmediato es el tema de los hombros. Los hombros fornidos de los chimpancés y los *australopithecus* están conectados con sus cráneos. Con este tipo de esqueleto, trepan mejor por los árboles y se balancean entre las ramas. Los hombros de los humanos modernos, en cambio, **no están conectados con sus cráneos**, lo que les permite correr mejor”, agregó el científico de Harvard.

Otro de los rasgos característicos del género humano, el músculo glúteo mayor que abarca a las nalgas, también contribuye a que los humanos sean mejores corredores que sus ancestros. Un rápido vistazo a un fósil de *australopithecus* revela que su pelvis, al igual que la de los chimpancés, soporta un músculo glúteo mayor modesto.

“**Nuestro glúteo mayor estabiliza nuestro tronco cuando nos inclinamos para correr**” explica Lieberman. “Una carrera es como una caída controlada y las nalgas ayudan a controlarla”. Los corredores también reciben ayuda de sus tendones de Aquiles. Este vasto sistema de elásticos en las piernas y en los pies, sin embargo, no es necesario para caminar.

1. ¿Cuál fue el problema inicial que los investigadores intentaban resolver con su investigación?

2. ¿Cuál fue el primer resultado obtenido, que desencadenó el resto de

las investigaciones?

3. Averigüen la ubicación y la actividad en la que interviene cada uno de los huesos, músculos, articulaciones y tendones mencionados en el artículo.

4. Elaboren un cuadro para comparar las características óseas, musculares y articulares entre los *australopithecus* y los humanos actuales.



Desequilibrios en las acciones sobre el medio

La función principal del sistema osteo-artro-muscular es la de posibilitar el movimiento coordinado del cuerpo. Sin embargo, hay muchas causas que originan desequilibrios que alteran la posibilidad de actuar sobre el medio.

AFECCIONES EN EL DESPLAZAMIENTO

Los esguinces de ligamentos, las fracturas, los desgarros, las contracturas, las tendinitis y las lesiones en los meniscos son algunas de las afecciones que alteran el equilibrio en el desplazamiento del organismo.

LAS LESIONES MÁS FRECUENTES

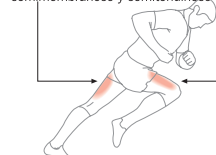
En el muslo

Las lesiones más comunes son los desgarros y contracturas de los músculos **cuadriceps** adelante e **isquiotibiales** en la parte posterior del muslo.

Se producen cuando el músculo realiza esfuerzos y movimientos bruscos de aceleración o desaceleración como en un pique de fútbol.

Músculos isquiotibiales

Formado por: bíceps crural, semimembranoso y semitendinoso.



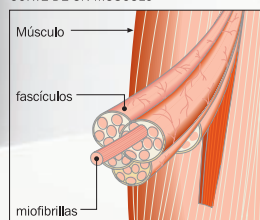
Músculos cuadriceps

Vasto externo
Recto femoral
Vasto Interno

LA ESTRUCTURA DEL MÚSCULO

Está formado por miofibrillas, que forman fascículos, que terminan formando el músculo.

COORTE DE UN MÚSCULO

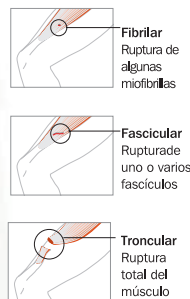


LA CONTRACTURA

El músculo adquiere una exagerada tonicidad (contracción) en una zona determinada, producto del estrés o la fatiga.

EL DESGARRO

Es la ruptura parcial o total del músculo. Hay tres tipos de desgarros



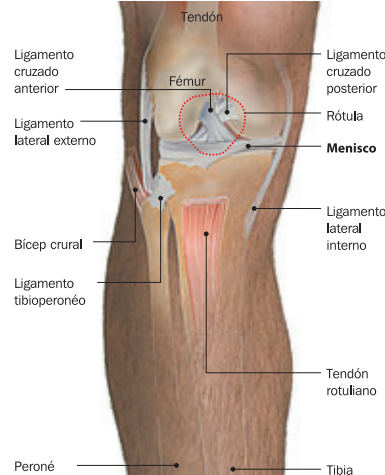
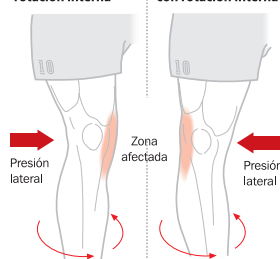
En la rodilla

Por ser la articulación más grande del cuerpo es la que más lesiones recibe y generalmente son importantes. Las más comunes afectan a los ligamentos y meniscos.

Pueden producirse por golpes o por movimientos bruscos.

MOVIMIENTOS QUE LESIONAN LA RODILLA

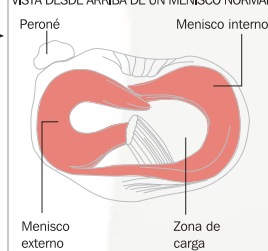
Inversión con rotación interna
Supinación forzada con rotación interna



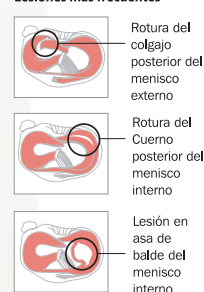
MENISCOS

Tienen la función de transmitir la carga y de absorber la energía en la articulación.

VISTA DESDE ARRIBA DE UN MENISCO NORMAL



Lesiones más frecuentes



TENDINITIS

Es una inflamación de los tendones por fatiga muscular, sobrecarga o sobre esfuerzo. En una lesión severa puede producirse una ruptura tendinosa.

Lesiones más comunes de ligamentos

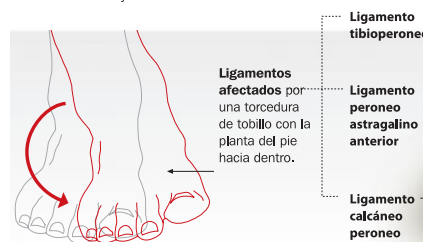


En el tobillo

Son más frecuentes los **esguinces ligamentarios** y en menor medida las **fracturas** por torceduras y golpes.

ESGUINCE O RUPTURA DE LIGAMENTO

El esguince se produce cuando el ligamento se estira hasta un 20% sobre su capacidad de tolerancia. La ruptura se produce cuando el estiramiento es mayor a ese 20%.

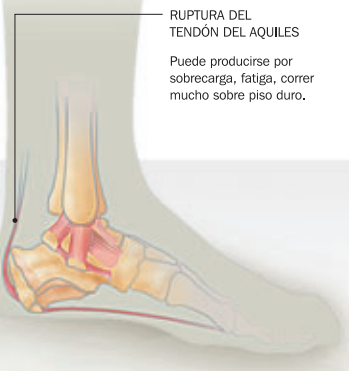


Ligamentos afectados por una torcedura de tobillo con la planta del pie hacia afuera.



RUPTURA DEL TENDÓN DEL AQUILES

Puede producirse por sobrecarga, fatiga, correr mucho sobre piso duro.



OSTEOPOROSIS

Uno de los desequilibrios relacionados con la actividad del subsistema esquelético es la **osteoporosis**, caracterizado por la pérdida de masa ósea por descalcificación. Este fenómeno vuelve a los huesos muy porosos y frágiles, por lo tanto, provoca su quebradura.

Por lo general, la osteoporosis es originada por una mayor actividad de los osteoclastos, células encargadas de la resorción ósea.

El caso contrario al de la osteoporosis, es una enfermedad llamada **osteopetrosis**, en la cual los osteoclastos son defectuosos y no pueden resorber calcio en forma normal y determinan un aumento de la densidad de los huesos. Esta enfermedad provoca problemas neurológicos porque los conductos por los que pasan los nervios se estrechan y los comprimen, de manera que impiden una conducción normal de los impulsos nerviosos.

ENFERMEDADES REUMÁTICAS

Uno de los desequilibrios relacionados con la actividad del subsistema articular son las **enfermedades reumáticas**, que producen dolor y limitación de los movimientos de las articulaciones, tendones o músculos. Por lo general son controlables, sin embargo, en casos muy severos pueden provocar discapacidades. Si bien se las suele asociar con las personas de edad avanzada, pueden aparecer en cualquier momento de la vida.

Una de esas enfermedades reumáticas es la **artrosis**. Se produce por un adelgazamiento del cartílago articular, que se vuelve áspero y se desgasta progresivamente hasta que los huesos llegan a rozar entre sí. Esto provoca un crecimiento anormal de los huesos y causa dolor y dificultad para la realización de movimientos. Por lo general, la artrosis ocurre en articulaciones que soportan más peso, como las de la rodilla, la cadera y la columna vertebral.

Otra de las enfermedades que afectan a las articulaciones es la **gota**, provocada por una alteración en el metabolismo de las proteínas, que produce un exceso de ácido úrico. Esto determina el depósito de cristales (**uratos**) en las articulaciones y causa inflamación, sobre todo de la articulación metatarsofalángica del dedo gordo del pie.

DISTROFIAS

Un grupo de enfermedades hereditarias que afectan la actividad del subsistema muscular son las **distrofias**. Se caracterizan por provocar una pérdida del tejido muscular y la debilidad progresiva de los músculos: las fibras musculares se acortan e incluso llegan a producir contracturas y deformaciones de la columna vertebral (**escoliosis**).

El debilitamiento progresivo y la pérdida de la función muscular altera la capacidad de movimiento y causa incapacidades más o menos graves, que algunas veces llegan a afectar la función cardíaca y pulmonar.

Debido al carácter hereditario de estas enfermedades, es posible detectarlas mediante exámenes genéticos y la prevención suele estar asociada a la actividad física, ya que la inactividad acelera el progreso de la enfermedad.

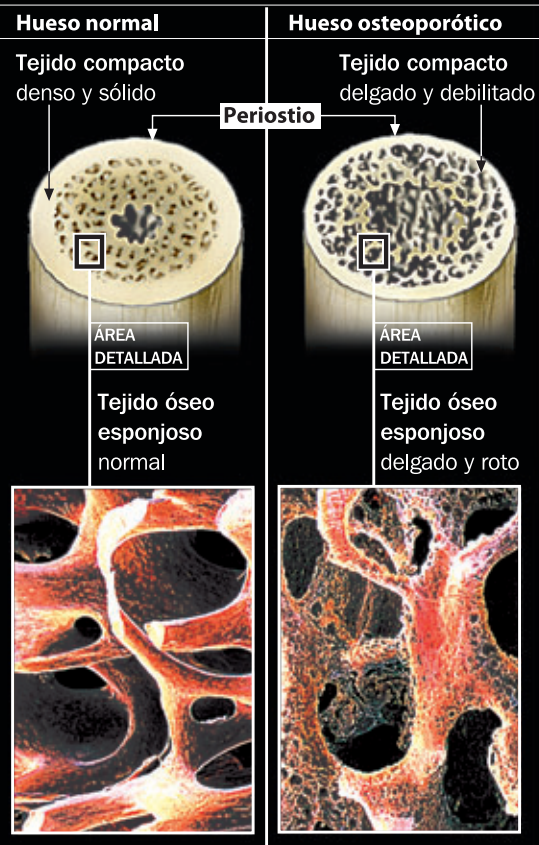
1. Consulten a un especialista sobre las afecciones del sistema osteo-artro-muscular más características durante la adolescencia y su prevención.

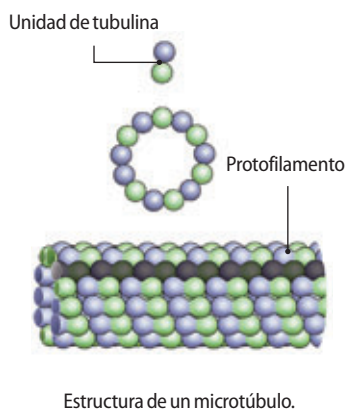
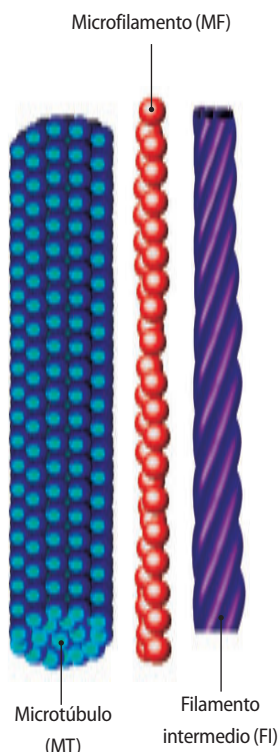
2. Elaboren un cuadro para comparar las características principales de las diversas afecciones en el desplazamiento, la osteoporosis, la osteopetrosis, las enfermedades reumáticas, la gota y las distróficas.



OSTEOPOROSIS

- Adelgaza las paredes de los huesos y aumenta la propensión a las fracturas.
- Los huesos tienen una cubierta exterior, o **periostio**, una capa de tejido compacto y denso y otra capa de tejido esponjoso.





En un corte transversal de un MT, puede observarse que en su superficie se disponen 13 hileras de tubulina, las cuales reciben el nombre de **protofilamentos**. En las cilias y los flagelos, los microtúbulos están organizados en nueve dobletes periféricos más un par de microtúbulos centrales (estructura 9+2). El movimiento de las cilias y los flagelos se debe al deslizamiento de un doblete sobre otro.

Acciones de la célula sobre el medio

Tal como se ha descrito la estructura celular en los capítulos anteriores, quizá parezca que las células son unidades estáticas. Sin embargo, una secuencia de fotografías tomadas a través del ME, permite observar que muchas células se deforman, que otras se desplazan y que por el citoplasma de todas ellas se produce el movimiento de organelas y otras estructuras celulares: los núcleos rotan, las mitocondrias se enrollan, la membrana plasmática emite prolongaciones o se invagina, etcétera.

El citoesqueleto

El “esqueleto celular” o **citoesqueleto** está conformado por un conjunto de filamentos que atraviesan el citoplasma. Como en el organismo, en la célula el citoesqueleto interviene en su sostén y movimiento.

Está formado por tres tipos de filamentos: los microtúbulos, los microfilamentos y los filamentos intermedios.

LOS MICROTÚBULOS Los **microtúbulos (MT)** son cilindros huecos de unos 25 nm de diámetro y de longitud variable, constituidos por proteínas denominadas **tubulinas**. Están presentes en la mayor parte de las células que componen el organismo.

Los MT son estructuras sumamente dinámicas; pueden acortarse, alargarse y cambiar su distribución dentro de la célula. Determinan la **forma celular**; sostienen el crecimiento de **prolongaciones celulares**, como el axón de las células nerviosas; y mantienen la **organización interna** de la célula, pues influyen en la ubicación de las organelas. Cuando las células entran en la etapa de división celular, los MT citoplasmáticos se reorganizan y conforman el **huso mitótico**, estructura por la que se desplazan y reparten los cromosomas entre las células descendientes.

Además de los MT citoplasmáticos, inestables y cambiantes, las células poseen otros que forman parte de estructuras estables, como los **centríolos**, las **cilias** y los **flagelos**.

Los **centríolos** son cilindros huecos cuyas paredes están formadas por nueve tripletes de tubulos. Se duplican durante la división celular y forman parte del aparato mitótico.

Las **cilias** y los **flagelos** son prolongaciones móviles del citoplasma recubiertas por la membrana plasmática, en cuyo interior hay MT que les proporcionan sostén y movimiento.

Las cilias son apéndices cortos y numerosos. En el epitelio de las vías respiratorias, el movimiento de las cilias provoca la salida al exterior de la capa de moco donde quedan atrapadas diversas partículas que ingresan con el aire. Asimismo, el batido de las cilias en las trompas de Falopio atrae hacia el interior de las mismas los óvulos liberados desde los ovarios.

Los flagelos son prolongaciones de mayor longitud que las cilias, cuyo movimiento propulsa ciertas células. El desplazamiento de los espermatozoides, aproximadamente 20 cm/h, es posible por los MT que conforman su flagelo.

El **centrosoma** es una zona cercana al núcleo que comprende a los **centríolos**, estructuras pares ubicadas en ángulo recto uno respecto del otro, y a una matriz que los rodea, la **matriz pericentriolar**. Esta última contiene proteínas que dirigen la formación y el crecimiento de los MT. Por eso el centrómero es considerado un **centro organizador de MT**.

LOS MICROFILAMENTOS Los **microfilamentos (MF)** son varillas macizas de 6 a 8 nm de diámetro. Están constituidos por unidades de una proteína denominada **actina**. Las moléculas de actina, de forma globular, se unen entre sí en una doble hélice estrecha que forma el MF. Cada MF puede crecer o acortarse por ambos extremos y adoptar diferentes disposiciones en las células: forman haces, redes sencillas y también complejas redes tridimensionales.

La forma en que se disponen los filamentos de actina depende en gran medida de su interacción con las proteínas que se enlazan a la actina o **proteínas ligadoras**.

La actividad de estas proteínas y de los MF resulta un complejo y dinámico esqueleto que contribuye al sostén y la forma celulares. Muy lejos de ser una estructura estática, el citoesqueleto cambia y se adapta rápidamente según las actividades celulares y participa en los movimientos intracelulares, así como en el desplazamiento celular.

En ciertas células, los MF interactúan con **proteínas motoras** denominadas **miosinas I** y **miosinas II**, que se ubican especialmente en la zona más superficial del citoplasma y participan en el movimiento de vesículas (por ejemplo durante la fagocitosis) y en la migración celular.

Las moléculas de las miosinas II se asocian con los MF de actina en la formación de estructuras contráctiles. En tales estructuras, las miosinas II provocan el desplazamiento de un microfilamento sobre otro, con el consiguiente acortamiento del sector del citoplasma donde están ubicadas.

El sistema contráctil más conocido y de mayor grado de ordenamiento es el que se encuentra en el citoplasma de las **células musculares**. En dichas células, las moléculas de miosina II se agrupan entre sí formando los **filamentos gruesos**, que alternan con los filamentos de actina o **filamentos delgados**, dando lugar a la unidad estructural y funcional de la fibra muscular: el **sarcómero**.

Los MF, sus proteínas ligadoras y ambos tipos de miosina intervienen en el **desplazamiento o migración celular**. Ciertos glóbulos blancos, los neutrófilos, pueden desplazarse por la emisión de unas prolongaciones celulares anchas y redondeadas llamadas **pseudópodos** (falsos pies). Este tipo de movimiento celular o **ameboidismo** implica:

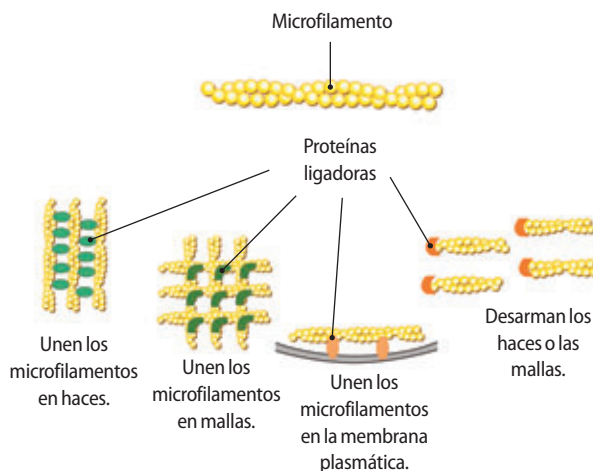
- la proyección de la parte anterior de la célula;
- la adhesión al sustrato del extremo anterior;
- el desplazamiento celular hacia la parte anterior;
- la desvinculación del sustrato del apoyo posterior y la retracción de ese extremo celular.

LOS FILAMENTOS INTERMEDIOS

Los **filamentos intermedios (FI)** son el tercer componente del citoesqueleto. Tienen un diámetro de unos 10 nm, intermedio entre el de los MF y el de los MT. A diferencia de éstos, los FI están constituidos por proteínas fibrosas que conforman la estructura celular. La lámina nuclear que se encuentra en la cara interna de la membrana nuclear está formada por FI.

En las células epiteliales, los FI de **queratina** participan en las uniones intercelulares denominadas **desmosomas**, que confieren a las células del tejido una alta cohesión y resistencia a la tracción.

Algunas proteínas ligadoras forman enlaces cruzados entre los MF y actúan como grampas que mantienen la forma de los haces. Otras colaboran en la formación de mallas. Algunas impiden momentáneamente el alargamiento de los filamentos, o los cortan en dos, desarmando las redes. Por último, algunas proteínas fijan los MF a la membrana plasmática.



1. Elaboren un cuadro para comparar las siguientes características entre los MT y los MF: composición química, estructura y función.

2. La enfermedad conocida como síndrome de Kartagener ocasiona inmovilidad de cilios y flagelos. Respondan las siguientes preguntas.

a. ¿Qué proteína motora de cilios y flagelos se ve afectada en esta enfermedad?

b. ¿Qué funciones se verán afectadas en las personas que padecen esta enfermedad?

c. Elaboren una explicación para la siguiente observación científica: "Los varones que padecen el síndrome de Kartagener son estériles".

3. Copien la trama conceptual de la página 139 y agréguenle los conectores adecuados para relacionar los conceptos.



1. Después de la lectura del artículo I:

- identifiquen si responde a las características de un texto descriptivo, explicativo o argumentativo.
- señalen las características que permiten identificarlo.
- según el artículo... ¿cuáles son los objetivos de alterar genéticamente un organismo?
- comparen el contenido de este artículo con el de las páginas 136 y 137. ¿Se trata del mismo tipo de texto? ¿Por qué?

2. Después de la lectura del artículo II:

- identifiquen si responde a las características de un texto descriptivo, explicativo o argumentativo.
- señalen las características que permiten identificarlo.
- escriban una lista de las razones que los autores argumentan para sostener su opinión.
- comparen la intención comunicativa en los autores de los artículos I y II.
- busquen publicidades a favor y en contra de los alimentos transgénicos e identifiquen la organización que las difunde. ¿Pueden establecer relaciones entre el mensaje de la publicidad y la organización difusora?

artículo I

Los organismos genéticamente modificados o transgénicos

¿Qué son los organismos genéticamente modificados (OGM) o transgénicos?

Un organismo genéticamente modificado (OGM) es aquella planta, animal, hongo o bacteria a la que se le ha agregado por ingeniería genética uno o unos pocos genes con el fin de producir proteínas de interés industrial o bien mejorar ciertos rasgos, como la resistencia a plagas, la calidad nutricional, la tolerancia a heladas, entre otras características.

Aunque comúnmente se habla de alimentos transgénicos para referirse a aquellos que provienen de cultivos vegetales modificados genéticamente, es importante recalcar que también se emplean enzimas y aditivos obtenidos de microorganismos transgénicos en la elaboración y procesamiento de muchos de los alimentos que ingerimos.

Los cultivos transgénicos

Una de las principales aplicaciones de la ingeniería genética en la actualidad es incorporar nuevos genes a las plantas con el fin de mejorar los cultivos. El empleo de la ingeniería genética o transgénesis en el mejoramiento vegetal es lo que se denomina agrobiotecnología o biotecnología vegetal. Sus objetivos consisten en aumentar la productividad de los cultivos contribuyendo a una agricultura sustentable, que utiliza los recursos respetando al medio ambiente y pensando en las generaciones futuras. También la agrobiotecnología se propone mejorar los alimentos que derivan de los cultivos vegetales, eliminando sustancias tóxicas o alergénicas, modificando la proporción de sus componentes para lo-

grar alimentos más saludables o aumentando su contenido nutricional. Otra aplicación de la biotecnología vegetal es el empleo de las plantas para la producción de medicamentos, anticuerpos, vacunas, biopolímeros y biocombustibles.

Los animales transgénicos

Un animal transgénico es un animal genéticamente modificado, que tiene un gen o grupo de genes que no le pertenecen, con el fin de producir algo de interés.

El genoma de los animales se puede modificar:

- Insertando genes de la misma especie o de una especie diferente (por ejemplo para que una vaca produzca en su leche la hormona de crecimiento humano).
- Alterando cierto gen presente en el animal de manera que esta modificación se transmita a la descendencia y permita conocer la función de ese gen.

Los ratones fueron los primeros animales transgénicos que se obtuvieron en la década del 80, paralelamente con el advenimiento de la ingeniería genética. El primer ratón transgénico, publicado en la revista científica *Nature* en 1982, produce la hormona de crecimiento de rata por lo cual se ve bastante más grande que el ratón que no la tiene. El ratón transgénico produce mucha más hormona de crecimiento que el ratón salvaje. Este experimento constituyó una revolución porque mostraba que un gen de una especie puede introducirse en otra especie diferente, integrarse al genoma y expresarse.

Por qué Biotecnología, Cuaderno N° 2
www.porquebiotecnologia.com.ar/educación

Más vale prevenir que curar

El coordinador nacional de Ciencia y Tecnología de los alimentos del CSIC, Daniel Ramón Vidal, en su artículo Los alimentos transgénicos (EL PAÍS, 20 de diciembre de 1997) realiza una encendida defensa de los alimentos manipulados genéticamente intentando convencernos de que son "científicamente seguros". Este texto no es sólo una réplica al artículo de Ramón Vidal que contiene lo que a nuestro juicio son importantes imprecisiones y omisiones científicas, sino que también expone las razones por las que diferentes sectores de la sociedad (científicos, consumidores, ecologistas, sindicalistas, agricultores) creemos que los alimentos obtenidos por manipulación genética hoy por hoy están muy lejos de ser seguros.

Alimentos obtenidos por manipulación genética son aquellos que proceden de organismos en los que se han introducido genes de otras especies por medio de la ingeniería genética. Para la introducción de genes foráneos en la planta o el animal comestibles es necesario utilizar como herramienta lo que en ingeniería genética se llama un vector de transformación: "parásitos genéticos" como plásmidos y virus, a menudo inductores de tumores y otras enfermedades como sarcomas, leucemias.

Aunque normalmente estos vectores se "mutilan" en el laboratorio para eliminar sus propiedades patógenas, se ha descrito la habilidad de estos vectores mutilados para reactivarse, pudiendo generar nuevos patógenos.

Si bien la ingeniería genética es una herramienta potentísima para la manipulación de los genes, actualmente existe un gran vacío de conocimiento sobre el funcionamiento genético de la

planta o animal que se va a manipular. ¿Qué genes se activan y desactivan a lo largo del ciclo vital del organismo, cómo y por qué lo hacen? ¿Cómo influye el nuevo gen introducido en el funcionamiento de resto del genoma? ¿Cómo altera el entorno el encendido o el apagado de los genes de la planta cultivada? Actualmente, todas estas preguntas se encuentran, en gran medida sin respuesta. La introducción de genes nuevos en el genoma del organismo manipulado provoca alteraciones impredecibles de su funcionamiento genético y de su metabolismo celular, y esto puede acarrear: a) la producción de proteínas extrañas causantes de procesos alérgicos en los consumidores; b) la producción de sustancias tóxicas que no están presentes en el alimento no manipulado; y c) alteraciones de las propiedades nutritivas (proporción de azúcares, grasas, proteínas, vitaminas). Los peligros para el medio ambiente son incluso más preocupantes que los riesgos sanitarios. La extensión de cultivos transgénicos pone en peligro la biodiversidad, estimula la erosión y la contaminación genética, y potencia el uso de herbicidas. Según un informe de la OCDE, el 66% de las experimentaciones de campo con cultivos transgénicos que se realizaron en años recientes estuvieron encaminadas a la creación de plantas resistentes a herbicidas.

Otra de las preocupaciones fundadas acerca de los cultivos transgénicos es el posible escape de los genes transferidos hacia poblaciones de plantas silvestres relacionadas con estos cultivos mediante el flujo de polen: ya han sido bien documentadas numerosas hibridaciones entre casi todos los cultivos y sus antepasados naturales. La introducción

de plantas transgénicas resistentes a plaguicidas y herbicidas en los campos de cultivo conlleva un elevado riesgo de que estos genes de resistencia pasen, por polinización cruzada, a malas hierbas silvestres emparentadas creándose así malísimas hierbas capaces de causar graves daños en cultivos y ecosistemas naturales. A su vez, estas plantas transgénicas, con características nuevas, pueden desplazar a especies autóctonas de sus nichos ecológicos. La liberación de organismos modificados genéticamente al medio ambiente tiene consecuencias a menudo imprevisibles e incontrolables.

Hay demasiados peligros reales para afirmar que estos alimentos son seguros. Hoy por hoy, la comercialización de alimentos transgénicos es un acto irresponsable que convierte a los consumidores en cobayos humanos, y a nuestra insustituible biosfera en un laboratorio de alto riesgo.

Se intenta que países como Luxemburgo, Italia y Austria, que habían prohibido el maíz transgénico, vuelvan atrás sobre su decisión. Los vegetales transgénicos se comercializan mezclados con los normales, y además las compañías se niegan al etiquetado distintivo con lo que el ciudadano está indefenso y sin posibilidad de elección.

Desde el movimiento ecologista y las organizaciones sindicales creemos necesario promover un amplio debate social acerca de los alimentos transgénicos. No lo decimos animados por ninguna intención anticientífica, queremos ciencia pero con prudencia, y sobre todo, más democrática, también para decidir sobre las políticas científicas y tecnológicas.