

Apuntes sobre el caso

6-3 Maggie se fracturó las diáfisis de la tibia y del peroné, y el extremo distal del radio. ¿Cuál de estas fracturas puede describirse como epifisaria? ¿Y como diafisaria?

El tejido óseo está compuesto por la matriz extracelular y células especializadas

Como se comentó en el capítulo 3, el hueso es un tejido conectivo que, como todos los tejidos conectivos, contiene relativamente pocas células y una gran cantidad de matriz extracelular. En el hueso se encuentran tres tipos de células óseas diferenciadas; hay una regla nemotécnica en inglés que permite recordarlos: los osteoblastos forman (*build*) el hueso, los osteocitos cuidan (*care*) del hueso y los osteoclastos degradan (*cleave*) y reabsorben (*recycle*) el hueso (fig. 6-4). Estas células se encuentran en todos los tipos de tejidos óseos.

Los **osteoblastos** (del griego *osteon* = «hueso» y *blastós* = «germen» o «retoño») son células formadoras de tejido óseo (fig. 6-4 A). Derivan de un cuarto tipo de células óseas, los **citoblastos osteógenos** (del griego *osteon* = «hueso» y *gennao* = «producir»). En el hueso adulto, se encuentran en el periostio y el endostio.

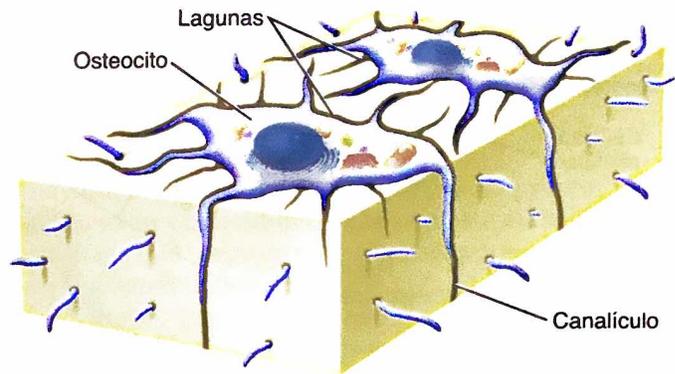
Los osteoblastos producen un tipo especial de colágeno óseo llamado **osteóide**. En el capítulo 3 se comentó que las fibras de colágeno pueden resistir un alto grado de tensión. Esta propiedad, muy importante, confiere al hueso cierta flexibilidad elástica que lo protege contra lesiones después de un salto. Las fibras osteoides están entrelazadas en una red similar a las vigas de la estructura de un edificio. Los osteoblastos generan nuevo hueso cuando añaden calcio y otros cristales minerales a esas vigas osteoides.

A medida que forman nuevo hueso, los osteoblastos quedan atrapados en espacios pequeños de una sola célula llamados **lagunas**, donde maduran y se convierten en **osteocitos**, que a su vez nutren y cuidan al hueso (fig. 6-4 B). Los osteocitos se conectan entre sí por medio de prolongaciones citoplasmáticas que pasan a través de un laberinto de diminutos túneles llamados **canalículos**, que se extienden en todas direcciones a partir de las lagunas. Los canalículos y las lagunas también se muestran en la figura 6-5.

Los **osteoclastos** (del griego *osteon* = «hueso» y *klaō* «romper, quebrar») son células muy grandes con varios núcleos (fig. 6-4 C). Son los «descendientes» de los **monocitos**, que también producen células inmunitarias denominadas **macrófagos** (cap. 10). Los osteoclastos degradan el hueso y liberan calcio, fósforo y otros componentes en el torrente circulatorio, para su reciclaje. Se concentran principalmente alrededor de los bordes del tejido óseo y trabajan junto con los osteoblastos en un proceso continuo de destrucción y reconstrucción, consistente en resorción, renovación, remodelación y reparación del hueso.



A Los osteoblastos forman el hueso



B Los osteocitos cuidan del hueso



C Los osteoclastos degradan o reabsorben el hueso

Figura 6-4. Células óseas. Los osteoblastos (A), que forman el hueso, se transforman en osteocitos (B), que cuidan del hueso. Los osteoclastos (C) reabsorben, o degradan, el hueso. Si los osteoblastos son más activos que los osteoclastos, ¿el tejido óseo aumenta o disminuye?

Apuntes sobre el caso

6-4 El trastorno de Maggie provoca un exceso de destrucción del hueso. Señale el tipo de célula ósea anómalamente activa.

El tejido óseo tiene una estructura precisa

La actividad de los osteocitos es la causa de la intrincada anatomía microscópica de los huesos largos, como se muestra en la figura 6-5. Recuerde que los huesos largos tienen una cavidad medular central tapizada por una capa de células, el **endostio** (no se muestra). Alrededor de la cavidad medular hay una capa delgada de hueso esponjoso y una capa más gruesa de hueso compacto.

El tejido compacto se forma en capas concéntricas denominadas **laminillas**, que como los anillos del tronco de un

árbol rodean el **canal central**, que discurre a lo largo del hueso y sirve de alojamiento para los nervios y los vasos sanguíneos (fig. 6-5, centro). Las laminillas están separadas por anillos de osteocitos en sus diminutas lagunas, que se conectan entre sí por medio de los canaliculos (fig. 6-5, parte inferior derecha). Observe que los canales centrales son diferentes de la cavidad medular: cada hueso largo tiene una cavidad medular grande, pero muchos canales centrales microscópicos paralelos. Desde cada canal central y en ángulo recto irradian pequeños túneles llamados **canales perforantes**, que se comunican entre los canales centrales y llevan pequeños ramos de nervios y vasos sanguíneos.

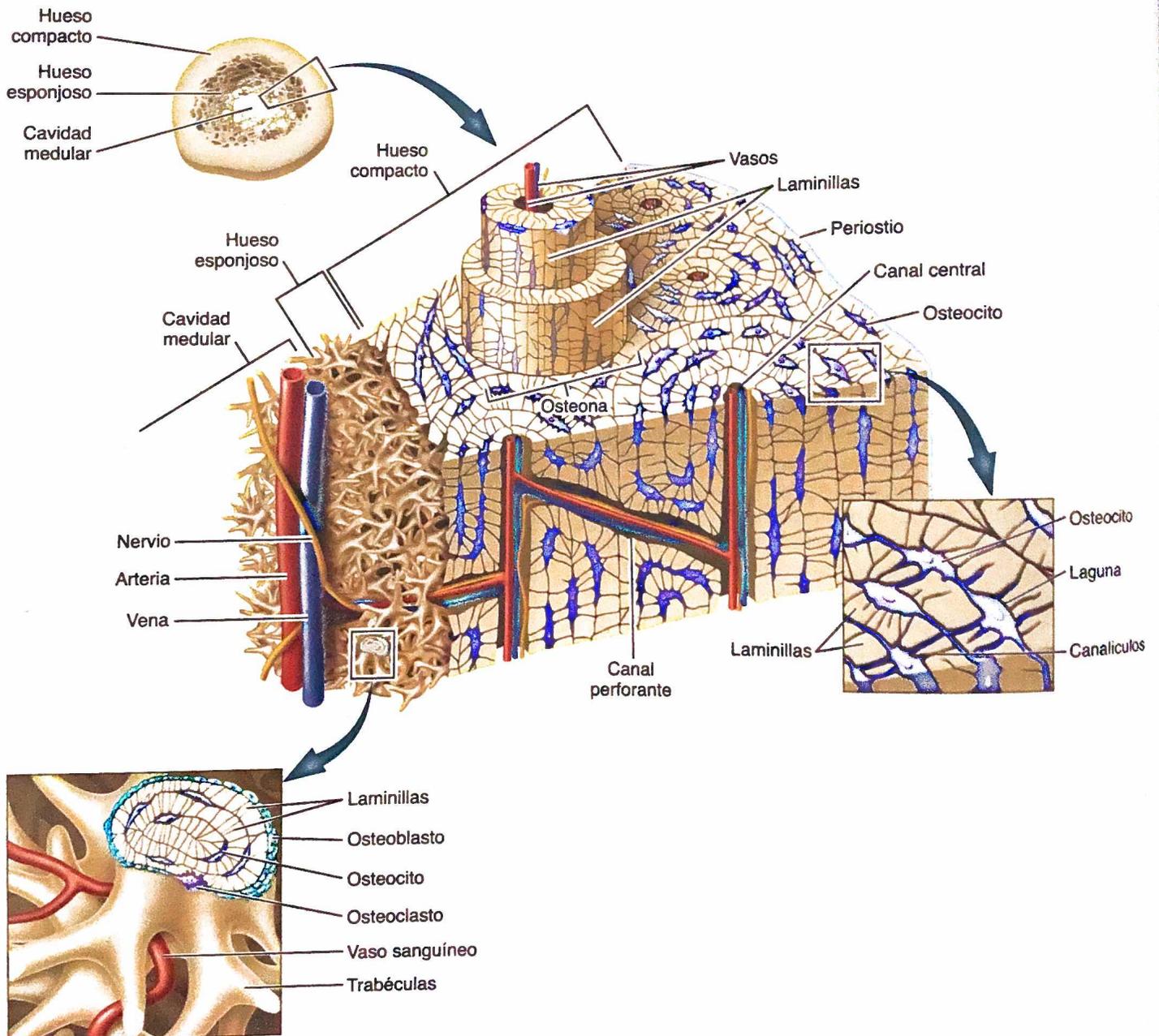


Figura 6-5. Estructura microscópica de un hueso largo. Esta figura muestra una sección de la diáfisis, con el canal central rodeado por una capa delgada de hueso esponjoso y una capa más gruesa de hueso compacto. El hueso compacto está organizado en osteonas, cada una de las cuales contiene anillos de tejido óseo y osteocitos que rodean un canal central. El hueso esponjoso está organizado en un retículo de espículas óseas llamadas trabéculas. ¿Los osteocitos se encuentran en las lagunas o en los canaliculos?

El canal central y el hueso que lo rodea forman una columna cilíndrica ósea tan delgada como una mina de lápiz, llamada **osteona** (fig. 6-5, centro). El tejido óseo compacto de los huesos largos está compuesto por osteonas dispuestas en haces paralelos al eje longitudinal del hueso, que le dan fuerza y flexibilidad, como si fueran un manojo de ramas.

Sin embargo, el patrón microscópico de las laminillas del tejido esponjoso es irregular y carece de osteonas (fig. 6-5, parte inferior izquierda). Aunque las laminillas aún son visibles, no hay canales centrales porque los vasos pueden pasar libremente a través de los espacios abiertos del hueso esponjoso. A pesar de su aparente distribución aleatoria, los retículos de hueso esponjoso, llamados **trabéculas**, se orientan para maximizar la fuerza del tejido óseo. Los osteoblastos y los osteocitos recubren las trabéculas y participan activamente en la remodelación del tejido óseo.

¡Recuerde! Todos los tejidos óseos (esponjoso y compacto) están organizados en laminillas, pero sólo el compacto se organiza en osteonas.

El resultado final de esta organización macroscópica y microscópica del tejido óseo es que los huesos son sorprendentemente livianos y fuertes. Los innumerables espacios macroscópicos y microscópicos reducen su peso. Al mismo tiempo, los cristales minerales proporcionan una gran durabilidad y resistencia, a pesar de no ser ni siquiera tan duros como el esmalte dental. Aunque es duro, el tejido óseo no es quebradizo porque las propiedades elásticas de las fibras de colágeno que contiene le otorgan flexibilidad. Los huesos son difíciles de romper justo porque son rígidos y al mismo tiempo algo flexibles. Por ejemplo, la *osteopetrosis* es una enfermedad hereditaria caracterizada por unos huesos extremadamente densos, duros e inflexibles, y por la facilidad con que se fracturan.

Apuntes sobre el caso

6-5 La fractura de muñeca de Maggie se extendía por la diáfisis distal del radio. ¿La línea de fractura se encontrará con un canal medular, un canal central o ninguno de los dos?

La osificación consiste en la formación, el crecimiento, la remodelación y la reparación del hueso

La formación de hueso se denomina **osificación** y puede producirse en cuatro situaciones:

- La formación inicial de los huesos en el embrión y el feto.

- El crecimiento óseo de los niños y adolescentes.
- La remodelación (dar nueva forma) de los huesos en respuesta a tensiones prolongadas infrecuentes o a las normales de la vida diaria.
- La reparación del hueso dañado, normalmente por una fractura.

El hueso fetal se forma por la osificación endocondral o membranosa

El esqueleto fetal aparece por primera vez en el embrión a las 6 semanas de gestación. En el lugar donde se formarán las clavículas y el cráneo aparecen membranas fibrosas delgadas; en el resto del cuerpo, se observan islas de cartílago primitivo con la forma de los huesos. El tejido óseo que se desarrolla a partir del cartílago se llama **endocondral**, y el que proviene de las membranas fibrosas se llama **membranoso**.

Osificación endocondral

La mayoría de los huesos se forman por un proceso llamado **osificación endocondral**, que consiste en la formación del cartílago que luego es reemplazado por hueso (fig. 6-6). Como se comentó anteriormente al hablar de la anatomía ósea, los huesos largos son un buen ejemplo de crecimiento óseo por osificación endocondral. La síntesis de hueso comienza en medio de la diáfisis, el **centro primario de osificación**. La secuencia del proceso es la siguiente:

1. *Los condroblastos preparan un molde para el cartílago.* Como un artista prepara un vaciado de yeso antes de crear una estatua, la mayoría de los huesos necesitan un molde en cartílago que, como el yeso, es mucho más maleable que el hueso (¡o el mármol!). Este primer prototipo de cartílago está formado por células de tejido conectivo llamadas **condroblastos** (del griego *chondros* = «cartílago» y *blastós* = «germen»), que secretan la matriz extracelular fibrosa que proporciona resistencia y flexibilidad al cartílago. En el borde del molde se condensa una capa de células que forma un recubrimiento llamado **pericondrio**. Este cartílago, como todos los cartílagos, incluso en los adultos, es *avascular*, es decir, no tiene su propio suministro de sangre y obtiene el oxígeno por difusión desde los tejidos circundantes.
2. *Se forma un anillo óseo y el molde se agranda.* Los vasos invaden el pericondrio hasta la mitad de la diáfisis del molde. Esta súbita afluencia de nutrientes estimula la diferenciación de los citoblastos osteógenos en osteocitoblastos. Los osteoblastos forman un anillo de hueso esponjoso que estabiliza el molde, hasta que la formación del hueso avanza lo suficiente. La membrana que cubre el anillo óseo pasa de pericondrio (que recubre el cartílago) a periostio (que recubre el hueso).

Los condroblastos producen más cartílago, el cual a su vez agranda el molde. Las células ubicadas en el centro del molde, ahora llamadas *condrocitos*, agrandan y estimulan el depósito de sales de calcio en la matriz extracelular próxima. Los condrocitos quedan atrapados en la laguna calcificada y, aislados de su suministro de