

obtenidas cinco o seis preguntas, pida que las intercambien entre ellos y las respondan. Ponga especial atención en que reparen en los muchos tipos de biomateriales que existen y que distingan bien entre los de origen inorgánico (metales y biominerales) y orgánico (biomoléculas naturales y sintéticas como los biopolímeros).

Los biominerales

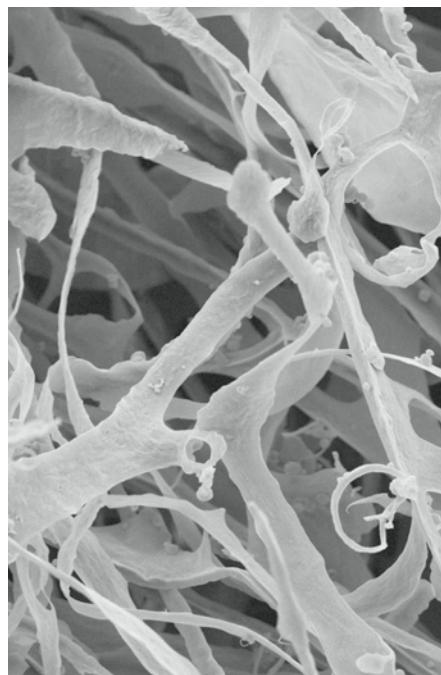
Alguna vez, cuando estás desayunando unos ricos huevos rancheros, te has preguntado ¿de qué está hecho el cascaron donde se encontraban almacenado el contenido de tu desayuno? Pues el cascarón es un biomineral.

Los biominerales son producto de una compleja serie de procesos bioquímicos, donde la acción concertada de ciertas células genera sólidos inorgánicos que cristalizan y crecen de un modo definido y ordenado para formar huesos, dientes, caparazones, cáscaras, perlas, corales, etcétera.

El cascarón constituye entre el 9% y el 12% del peso total del huevo. Está hecho de carbonato

de calcio (CaCO_3 al 94%) como componente estructural, con pequeñas cantidades de carbonato de magnesio, fosfato de calcio y otros materiales orgánicos. Podemos encontrar hasta 36 tipos de biominerales repartidos entre todos los reinos:

- Carbonatos (Ca^{+2} y Mg^{+2}): calcita, aragonita, vaterita, monohidrocalcita, protodolomita, carbonato amorfo (moneras, protozoarios, plantas, animales).
- Fosfatos (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2}): fracolita, dahllita, huntita, brushita, fosfato octacálcico, difosfato cálcico, $\text{Ca}_3\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_4$, hidroxiapatita, dahllita amorfa, brushita amorfa, whitlockita amorfa, fosfato de Ca/Fe amorfo, fosfato octacálcico amorfo (reino animal).
- Sulfatos (Ca^{+2} , Ba^{+2} , Sr^{+2}): yeso, celestita, barita.
- Sulfuros (Fe^{+2} , Zn^{+2}): pirita, hidrotrolita, esfalerita, wrutzita, greigita.
- Haluros (Ca^{+2}): fluorita.
- Silicatos (Si^{+4}): ópalo.
- Óxidos ($\text{Fe}^{+2,+3}$, Ti^{+4} , $\text{Mn}^{+2,+4}$): magnetita, goethita, lepidocrocita, ferrihidrita, maghemita, ilmenita amorfa, todorokita, birnessita.
- Citratos (Ca^{+2}): citrato cálcico.
- Oxalatos (Ca^{+2} , Mg^{+2}): whewelita, weddelita, glushinskita.
- También el ópalo y los óxidos de hierro están muy difundidos, mientras que los fosfatos parecen estar esencialmente asociados a organismos superiores (reino animal).



Fibras de colágeno de hueso.

VI. Bibliografía:

Catalá, Rosa María, *Química II*, Editorial Esfinge, México 2007, pp. 407-450.

Sahagún, Guillermo Aguilar, *El hombre y los materiales*, Fondo de Cultura Económica, Colección "La ciencia desde México", México 1988.

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.

HASTA LOS HUESOS

De: **Verónica Guerrero Mothelet**
(No. 120, p. 10)

Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, como un complemento a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

I. Relación con los temarios del Bachillerato UNAM

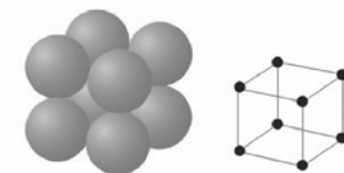
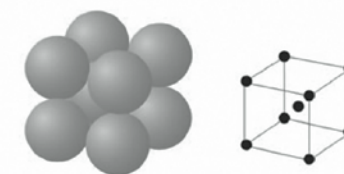
Esta guía y el artículo de referencia pueden utilizarla maestros de química, biología o ciencias de la salud, ya que tratan sobre conceptos y procesos íntimamente relacionados con estas disciplinas, enmarcados en esta ocasión por la importancia de los biomateriales en la calidad de vida de las personas con prótesis o implantes.

II. Los materiales

Para los químicos un material es cualquier muestra de materia constituida por una o más sustancias en cualquier estado físico. En ese sentido, es tan material una muestra de dióxido de carbono como un trozo de madera, el agua contenida en un vaso y el vidrio del vaso mismo.

En la vida cotidiana sabemos que un material no se concibe de manera tan amplia y nos referimos preferentemente a los materiales sólidos o semisólidos que existen de forma natural o se pueden sintetizar.

Los materiales pueden clasificarse de varias formas: de acuerdo con sus propiedades, sus usos, su origen y, más cerca del entorno químico del que partimos, por su estructura, es decir, la forma en que se unen los átomos de cada tipo de material para conformarlo y conferirle sus propiedades específicas.

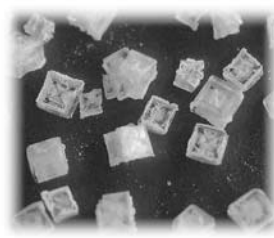
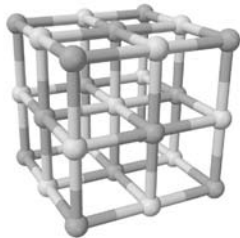


Estructuras unitarias comunes de los metales. Arriba, estructura cúbica centrada en el cuerpo. Abajo, estructura cúbica-primitiva.

Sin entrar en demasiados detalles, podemos hablar de materiales metálicos, iónicos y covalentes. En los primeros, los átomos están unidos en arreglos geométricos de núcleos rodeados de electrones libres que circulan entre los espacios vacíos alrededor de las cargas centrales positivas. A este tipo de enlace se le conoce como *enlace metálico* y lo presentan la gran mayoría de los elementos en la tabla periódica. Cabe destacar que a medida que nos acercamos al extremo izquierdo de la tabla (en los grupos I y II), el carácter metálico es mucho mayor, de manera



Cloruro de sodio.



tres tipos, sino que se encuentran entre un tipo y otro. El grafito, por ejemplo, es una forma alotrópica del carbono donde todos los enlaces presentes para unir los átomos de carbono que lo forman son covalentes, y sin embargo este material es conductor de la electricidad. El agua es una sustancia covalente, y no obstante su alta polaridad le confiere algunas propiedades que están en la frontera entre lo covalente y lo iónico. Baste sólo tomar como referencia la diferencia de valores de electronegatividad de Pauling para darnos cuenta de que muy pocas sustancias puras

que podemos decir que el sodio o el magnesio son mucho más metálicos que el cobre o el plomo.

Un material iónico es aquel que está formado por cationes y aniones alternados, como el cloruro de sodio o cualquier otra sal que presente las características típicas de este tipo de compuestos. Los iones siempre se acomodan en una red, que puede ser de diferentes formas de acuerdo con el tamaño y el ángulo con que se acomodan los átomos en la estructura básica que se repite millones de veces hasta que se alcanza el nivel macroscópico.

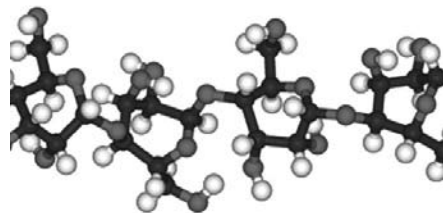
Y por último, los materiales covalentes son aquellos formados por átomos no metálicos o semimetálicos (boro, carbono, silicio, etc.) que se unen formando redes, pero sin que haya transferencia de carga (presencia de iones), sino por medio de enlaces covalentes puros o polares. El cuarzo, el diamante y los cristales de azufre son ejemplos de cristales covalentes.

Hasta aquí nos hemos movido en un entorno totalmente inorgánico: metales, sales o sustancias iónicas y rocas o minerales de tipo covalente. Es muy importante destacar que la gran mayoría de los materiales que conocemos no corresponden completamente a uno de los

caen en la categoría de completamente iónicas o completamente covalentes. Es probable que la hidroxiapatita de la que se habla en el artículo de referencia tenga estas interesantes propiedades intermedias entre los dos tipos de compuestos inorgánicos.

III. Biomateriales orgánicos

Hay muchos otros materiales de tipo covalente además de los mencionados: todos aquellos formados por estructuras de tipo macromolecular, es decir, formados por agrupaciones de muchísimos átomos que conforman cadenas de muy alta masa molecular. Si hablamos de macromoléculas o polímeros (*de poli*: muchas moléculas unidas formando cadenas) naturales, nos adentramos en el mundo de los carbohidratos, con materiales



Estructura de la celulosa, un biomaterial orgánico.

tan conocidos como la celulosa o el almidón, que conforman gran parte de la estructura vegetal. También son macromoléculas las proteínas como la hemoglobina, y algunos lípidos que alcanzan masas moleculares considerables. A todos nos consta que este tipo de estructuras conforman materiales o biomateriales orgánicos de los que estamos hechos y que se han ordenado de una manera increíblemente eficiente en las células que constituyen cualquier organismo.

Finalmente, y para entrar de lleno en el tema del artículo de referencia, existen las macromoléculas sintéticas, también conocidas como polímeros sintéticos. Sobre los biopolímeros, en *¿Cómo ves?* han aparecido varios números (con sus respectivas guías) que los describen. En este momento nos interesa más hablar de los biopolímeros con aplicaciones en medicina y de sus propiedades.

IV. Polímeros biomédicos

Al trabajar con biomateriales es necesario conocer dos aspectos fundamentales:

- El efecto del implante en el organismo.
- El efecto del organismo en el implante.

Esto puede resumirse en los siguientes puntos:

- El material no debe incluir componentes solubles en el sistema vivo, excepto si es de forma intencionada para conseguir un fin específico (por ejemplo, en sistemas de liberación de medicamentos).
- El sistema vivo no debe degradar el implante excepto si la degradación es intencionada y diseñada junto con el implante (por ejemplo, en suturas adsorbibles).
- Las propiedades físicas y mecánicas del polímero deben ser las más apropiadas para ejercer la función para la que han sido elegidas (por ejemplo un tendón sustituido



Prótesis de cadera.

debe tener un módulo de tensión adecuado, una membrana de diálisis la permeabilidad apropiada, una junta de cadera debe tener un bajo coeficiente de fricción). Las propiedades mecánicas deseadas deben mantenerse durante el tiempo de vida esperado para el implante (por ejemplo, no tiene que producirse una relajación significativa en un implante elastomérico).

- El material debe ser biocompatible, es decir, entre otras cosas, no ser cancerígeno y no interactuar negativamente con el sistema inmunitario.
- El implante debe ser esterilizable y estar libre de bacterias y endotoxinas adheridas a las paredes de las células de las bacterias.

La mayor parte de los polímeros no satisface todas estas condiciones, de manera que los utilizados en medicina se han de buscar cuidadosamente en colaboraciones entre médicos, científicos e ingenieros.

V. Actividades

Pida a los alumnos que realicen la siguiente lectura sobre los biominerales y que, por equipos, hagan preguntas que la vinculen con el artículo de referencia y el resto de la guía. Una vez

Campos de aplicación de los biopolímeros

Oftalmología	Sistema cardiovascular	Reconstrucciones	Ortopedia	Otros
Lentes intraoculares	Válvulas de corazón	Prótesis de mama	Caderas	Catéteres
Lentes de contacto	Marcapasos	Nariz, barbilla	Rodillas	Oxigenadores
Implantes de retina	Bolsas de sangre	Dientes	Hombros	Diálisis renales
	Injertos vasculares		Juntas dedos	