

Sección I

FUNDAMENTOS

1

Materia y materiales

Generalidades y clasificación de los materiales

El objetivo de este texto es el estudio de los denominados “materiales dentales” y puede constituir un razonable punto de partida describir qué comprende esa denominación.

Si bien es posible que no resulte fácil encontrar definiciones muy satisfactorias, puede comenzarse analizando el significado de las palabras “materiales” y “dentales”, recurriendo para ello a algún diccionario. Es casi seguro que en él está el término “material” y que una de sus distintas acepciones se refiere a su uso en plural. El significado es entonces “materia con que se hace una cosa” o bien “materias necesarias para realizar una obra o ejercer una profesión”. En cuanto a “dental” significa “relativo a los dientes”.

Si, con un poco de libertad, se unen ambos significados, puede aceptarse que “materiales dentales” es la materia o las materias empleadas para ejercer una profesión relativa a los dientes, es decir, para ejercer la odontología.

También se emplea la expresión “biomateriales dentales” con la misma finalidad. Se parte para ello de la concepción de “biomaterial” como material utilizado en relación con un medio biológico o en una profesión vinculada con las ciencias de la salud. Sin embargo, algunas denominaciones reservan el término “biomaterial” para hacer referencia al que interactúa con un tejido biológico.

Surge de estas consideraciones que los materiales dentales son *materia* y, por consiguiente, para conocerlos, estudiarlos y utilizarlos correctamente se hace necesario partir del conocimiento y estudio de lo que se entiende por “materia”.

En los textos de química y de física, materia es todo aquello que tiene masa y, por lo tanto, ocupa un lugar en el espacio. También en ellos se descri-

be cómo la materia no es continua, sino que está formada por partículas que guardan cierta relación entre sí.

Cuando esa relación es estable, en el sentido de que cada una de esas partículas mantiene una posición definida con respecto a las que la rodean, la materia se presenta en *estado sólido*. Cuando esa relación es menos estable y no hay ubicación definida con respecto a las vecinas, se observa la materia en *estado líquido*, y cuando entre esas partículas no hay tendencia a relacionarse, agruparse o unirse, sino a rechazarse, se está frente al *estado gaseoso*.

Los textos antes mencionados indican también que una misma materia puede presentarse en cualquiera de esos estados según sean las condiciones ambientales (temperatura y presión) en las que se encuentre. Por ejemplo, una materia sólida a temperatura ambiente puede transformarse en líquido o gas si se la calienta. Es decir, que la energía de atracción entre esas partículas, que a temperatura ambiente es suficiente para permitir que se ubiquen en posición definida con respecto a sus vecinas, es superada con el calentamiento por la energía térmica, que las obliga a moverse y perder esa ubicación estable.

No resultará difícil deducir que la temperatura necesaria para lograr el cambio, por ejemplo, de estado sólido a estado líquido, depende de cuán grande sea la fuerza que mantiene unidas a las partículas que componen el sólido. Si esa fuerza, denominada *cohesión*, es grande, la materia sólida tendrá una temperatura de fusión elevada, que será menor si ésta es débil. De la misma manera, será más difícil romper (separar las partículas unidas por cohesión) o modificar la forma de un cuerpo constituido por partículas fuertemente unidas entre sí que la de otro en el que esa unión sea débil.

Puede verse, entonces, que es posible sacar conclusiones relativas a las características de la materia, y por ende de los materiales, partiendo del conocimiento de su constitución íntima, o sea de lo que identifica como su **estructura**. No se puede conocer y entender el funcionamiento de los materiales en general, y específicamente de los “dentales”, sin analizar, aunque sea superficialmente, las características de las partículas elementales con que están constituidos y de las fuerzas que las relacionan o unen.

Hasta ahora se ha empleado el término “partícula”, pero seguramente ya el lector lo asoció con el concepto de átomo, la más elemental de las partículas que constituyen la materia. La división del átomo, por su parte, da lugar a la aparición independiente de otras partículas, pero que carecen de las características de la materia original. En consecuencia, puede aceptarse que la materia, y por extensión los materiales, está constituida por átomos.

Es preciso recordar que existe casi un centenar de átomos distintos en la naturaleza y, dado que algunos de ellos tienen características comunes, es posible agruparlos. El análisis de la tabla periódica de Mendeleiev indica la existencia de dos grandes grupos de elementos y, por lo tanto, de átomos: los metálicos y los no metálicos.

Hay materia formada por átomos metálicos y, por consiguiente, hay materiales formados por ellos y son los denominados **materiales metálicos** (plomo, hierro, oro, etc.).

Como los átomos metálicos pueden combinarse con los no metálicos (p. ej., en las sales), hay materia y materiales constituidos por esos dos tipos de átomos. Se denominan **materiales cerámicos** (yeso, mármol, etc.).

Por último, existe materia en la cual grupos de átomos se unen primero entre sí para formar las moléculas y, en segunda instancia, la relación entre esas moléculas da lugar a la materia o material. Son éstos los denominados **materiales orgánicos**, ya que el átomo que con mayor frecuencia contribuye a la formación de esas moléculas es el carbono que constituye la base de la denominada *química orgánica*.

En resumen, los materiales pueden clasificarse, en función de su tipo de materia o átomos que los constituyen, en: metálicos, cerámicos y orgánicos. Eventualmente pueden existir materiales que combinen en su estructura materia de dos de esos tipos, por ejemplo, materia cerámica y orgánica o cerámica y metálica. En estos casos se habla de **materiales combinados** y con frecuencia se utiliza para identificarlos la palabra inglesa *composite*.

Esta clasificación de los materiales no tiene tan sólo un fin didáctico. La presencia de átomos distintos en cada uno de ellos hace que sean diferentes las condiciones y las fuerzas con las que se relacionan para constituir materiales en estado sólido y, por lo tanto, sus características difieren totalmente. Esto puede llevar, como consecuencia, a aplicaciones y usos también diversos.

Uniones químicas en los materiales

Materiales metálicos

Casi todos los materiales metálicos son sólidos a temperatura y presión normales. O sea que los átomos que los componen están firmemente unidos entre sí. ¿Qué es lo que determina esa unión? Los átomos metálicos tienden a perder electrones (los denominados *de valencia*) para quedar con una órbita externa completa. Es decir que con facilidad se transforman en cationes; así, en el metal sólido no hay en realidad átomos sino iones positivos, y los electrones que han quedado libres circulan entre ellos y son compartidos por todos, lo que permite que se unan.

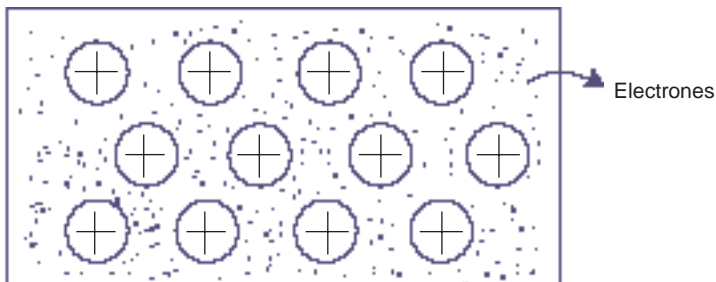


Fig. 1-1. Esquema del enlace metálico y la nube electrónica.



Fig. 1-2. Esquema de la unión iónica o electrovalente. Sólo se muestra la capa externa de electrones.

Este tipo de forma de unión se conoce con el nombre de *enlace metálico*, y el conjunto de electrones que se mueven libremente dentro del sólido, con el de *nube electrónica*. El sistema se representa esquemáticamente y en un solo plano en la figura 1-1.

Materiales cerámicos

En los materiales cerámicos, los dos tipos de uniones que pueden determinar el estado sólido deben darse no entre átomos iguales sino entre átomos distintos: entre átomos de elementos metálicos y no metálicos.

En algunos casos, como el de la sal común, los conocimientos de química pueden ayudar a reconocer por qué un material como el cloruro de sodio es sólido.

El sodio como metal puede fácilmente perder un electrón para transformarse en catión. El cloro, a su vez, necesita de un electrón para completar su órbita externa. Le viene bien tomarlo del sodio y quedar convertido en anión. Las cargas opuestas con que han quedado ambos hace que se atraigan y se unan. Es la denominada *unión o enlace iónico o electrovalencia* que se representa en la figura 1-2.

Pero si el sodio y el cloro tienen ahora cargas positiva y negativa, respectivamente, no la tienen en relación con un átomo vecino, sino que las cargas ejercen su acción en toda dirección. Esto hace que alrededor del sodio se ubiquen otros átomos (o iones) de cloro y alrededor de éstos otros átomos (o iones) de cloro.

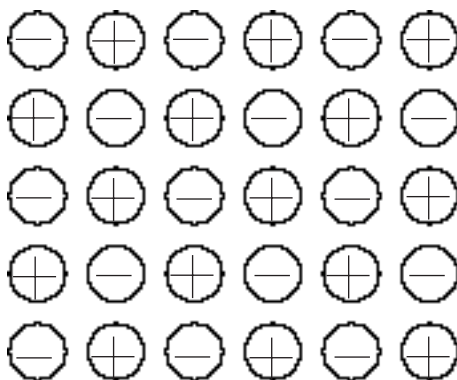


Fig. 1-3. Esquema de la estructura en materia sólida con uniones iónicas.

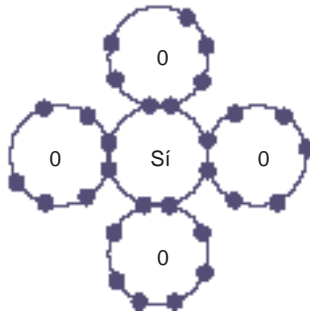


Fig. 1-4. Esquema de la unión covalente. Sólo se muestra la capa externa de electrones.

Se forma, entonces, una estructura como la de la figura 1-3 en la que, a diferencia de lo que sucede en los materiales metálicos, existen dos tipos de átomos y con distinta carga –iones– y no electrones libres, es decir, no hay una nube electrónica.

En otros casos de materiales cerámicos, las uniones que condicionan el estado sólido no son por electrovalencia. Por ejemplo, en la sílice (óxido de silicio) y otros materiales de ese tipo, los átomos principales son el silicio y el oxígeno. El primero tiene cuatro electrones en su órbita externa y, antes que cederlos o tomar cuatro para completarla, le es más fácil compartirlos.

El oxígeno, por su parte, tiene una órbita externa con seis electrones y necesita dos para completarse.

En la figura 1-4 puede verse que la distribución electrónica hace fácil al silicio compartir un electrón con cada uno de cuatro átomos de oxígeno.

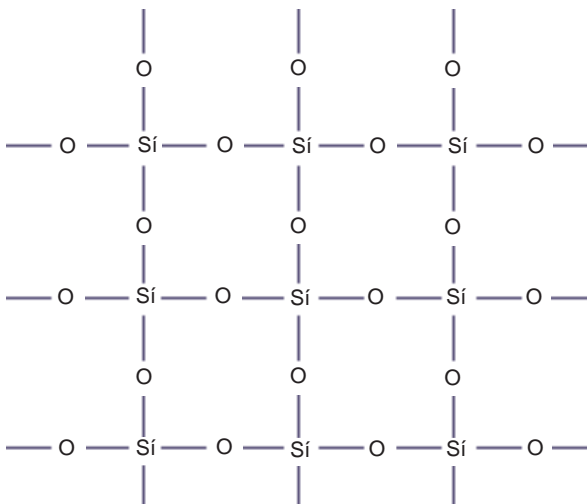


Fig. 1-5. Esquema de la estructura en materia sólida con uniones covalentes.

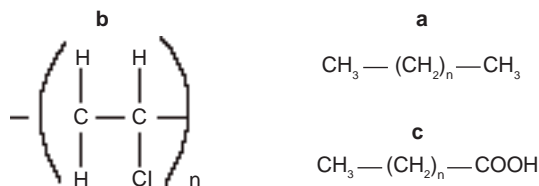


Fig. 1-6. Moléculas a partir de las cuales se pueden obtener sólidos orgánicos.

no. Pero como cada uno de éstos puede a su vez compartir otro con otro átomo de silicio, le permite, en definitiva, configurarse una estructura tridimensional, que se esquematiza en un plano en la figura 1-5. En ella también hay dos átomos distintos y no hay electrones libres, ya que cada uno está siendo compartido por dos átomos definidos y no por todos. Por supuesto, ya se habrá advertido que se trata de *uniones covalentes* entre cada silicio y cada oxígeno. Obsérvese que en los ejemplos citados, si bien están presentes dos átomos distintos, no puede hablarse de la existencia de moléculas. Cuando en química se escribe NaCl para representar al cloruro de sodio o SiO₂ para la sílice o dióxido de silicio, sólo se está indicando que existe un átomo de sodio por cada uno de cloro y uno de silicio por cada dos de oxígeno, respectivamente. En los esquemas de las figuras 1-3 y 1-5 se ve que en la realidad no existe unión independiente entre dos o tres átomos sino que, en cambio, todos están vinculados entre sí.

En estos ejemplos, las uniones que condicionan la aparición del estado sólido son, exclusivamente, iónicas o covalentes. En materiales cerámicos más complejos, como el yeso (CaSO₄·2 H₂O) y otros, existen ambos tipos de uniones e incluso a veces otros tipos que las complementan, como el enlace coordinante.

Materiales orgánicos

En los materiales orgánicos, el átomo preponderante es habitualmente el carbono y, en algunos casos, el silicio. Ese elemento, con sus cuatro electrones, puede unirse con otros átomos iguales y/o con los de otros elementos por medio de uniones covalentes y formar moléculas. Así, por ejemplo, un material orgánico puede estar constituido por moléculas como las que se muestran en la figura 1-6 en las que “n” es un número entero variable.

Estas moléculas se han formado en función de uniones covalentes entre átomos. Sin embargo, no necesariamente conducirán a la formación de un sólido. Para que esto suceda serán las distintas moléculas las que tendrán que unirse, a diferencia de lo que sucede en los materiales metálicos y cerámicos, en los que las uniones entre átomos son las responsables del estado sólido. Para explicar cómo se produce esa unión entre moléculas se puede partir del análisis de una sustancia de molécula sencilla aunque difícil quizá de ubicar dentro de la clasificación de los materiales: el agua, es decir, H₂O.

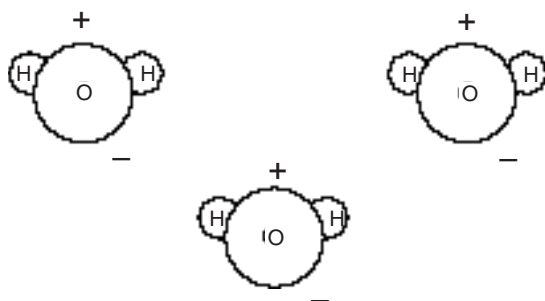


Fig. 1-7. Esquema de las uniones entre moléculas de agua.

Como toda molécula, es neutra pero, debido a la dirección de las fuerzas de valencia, en ella se ubican los dos átomos de hidrógeno sobre un lado del oxígeno, tal como se esquematiza en la figura 1-7. Como este último tiene más electrones que los dos hidrógenos, el lado donde ellos se encuentran es y positivo con respecto aquél en el que predominan las cargas negativas de los electrones del oxígeno. La molécula (neutra) constituye un *dipolo* y no es difícil imaginar que varias moléculas de agua tenderán a adosarse de manera que la parte positiva del dipolo de una coincida con la negativa de otra y viceversa.

Hay entonces fuerzas de atracción entre las moléculas de agua, y si la energía térmica lo permite (temperatura inferior a 0° C a presión normal), pueden manifestarse lo suficiente para formar agua sólida (hielo). Nótese bien que este sólido se ha constituido sobre la base de uniones entre moléculas y no entre átomos.

Este mismo mecanismo de formación de uniones denominadas *secundarias* (se forman en segundo término y luego de las primarias entre los átomos que forman las moléculas) o *fuerzas de van der Waals* (dentro de las cuales se reconocen diferentes formas) permite que materiales orgánicos de fórmulas, como las de la figura 1-6, puedan ser sólidos. En este ejemplo, las zonas donde se ubican el cloro en (b) o el grupo -COOH (carboxilo) en (c) son más negativas, ya que el cloro y los oxígenos de los grupos mencionados contienen mayor cantidad de electrones que los demás elementos involucrados en las moléculas y se genera así una molécula *asimétrica*. Si la energía térmica lo permite, puede manifestarse suficiente atracción entre los dipolos así constituidos en varias moléculas para obtenerse un sólido.

Algo distinto es el caso de moléculas como la de la (a) de la misma figura. En ella no hay zonas que puedan considerarse con diferente densidad o cantidad de electrones. Es una molécula *simétrica* y aparentemente no constituye un dipolo. Sin embargo, pueden presentarse hidrocarburos de ese tipo en estado sólido y ello se debe a que los electrones no están fijos sino en continuo movimiento. Esto hace que aunque la molécula sea simétrica en un momento dado haya mayor concentración de electrones en una zona y ésta, al ser relativamente más negativa, convierte al con-

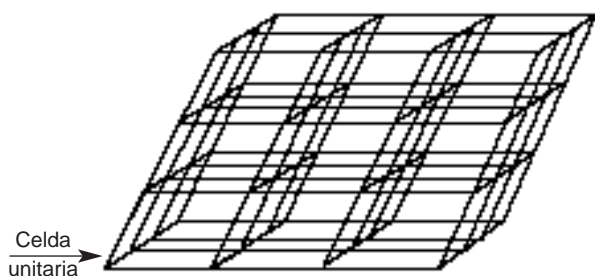


Fig. 1-8. Reticulado espacial (esquemático) con celda unitaria resaltada.

junto en un dipolo. Pero en el momento siguiente los electrones cambian de posición y aunque el dipolo sigue existiendo, la ubicación de las cargas cambia.

Los *dipolos* así generados se denominan *fluctuantes* o *instantáneos* a diferencia de los ya analizados, que se forman en moléculas asimétricas y pueden denominarse *permanentes*. Como es fácil imaginar, los dipolos fluctuantes pueden dar lugar a la formación de sólidos más fáciles de destruir (romper, fundir) que los formados por dipolos permanentes.

Estructuras cristalinas y amorfas

Si al unirse entre sí para constituir sólidos, los átomos o las moléculas de los materiales se distribuyen en el espacio de manera tal que se encuentren ubicados a igual distancia con respecto a los vecinos y en posiciones relativas equivalentes, se forma una estructura regular, ordenada o *cristalina*.

Esto significa que si trazáramos líneas imaginarias entre los átomos, los iones o las moléculas que forman la estructura, se obtendría una figura geométrica regular o *reticulado espacial* (fig. 1-8). Si a un hombre le fuera posible reducir su tamaño a tal punto que pudiera realizar un viaje a través de un reticulado espacial, encontraría esta experiencia muy monótona. Sería testigo de un paisaje que se repite constantemente. O sea que bastaría ver la primera parte para tener idea de cómo es el todo.

Por ello, para conocer un reticulado espacial es suficiente conocer la unidad más pequeña, la cual al repetirse da lugar a la formación del conjunto. A esa unidad se la denomina *celda unitaria* o *unidad repetitiva*. El reticulado del esquema de la figura 1-8 es el resultado de un agrupamiento de unidades que se ubican unas contra otras. La celda unitaria es la que se resalta en el esquema.

Debe tenerse presente que en un bloque sólido de un tamaño que lo haga perceptible a simple vista no es usual que sea posible reconocer un reticulado que se continúe de un extremo a otro de su masa, es decir que esté constituido por un solo *cristal*. Lo frecuente es que un bloque sólido presente una estructura *multicristalina* con una determinada cantidad de cristales formando la masa total.

Esta situación se encuentra fácilmente en la mayor parte de la estructura de los materiales metálicos y según las características de los átomos o del metal, variarán la forma de la celda unitaria y el *sistema cristalino* correspondiente.

En los materiales cerámicos puede darse una situación equivalente aunque con presencia de más de un tipo de átomo en el reticulado espacial. Sin embargo, también es posible que en algunos de ellos los átomos no se encuentren ordenados en un reticulado sino ubicados casi aleatoriamente en el espacio formando una estructura *amorfa*.

Las moléculas dentro de los sólidos orgánicos pueden ordenarse constituyendo algo similar a un reticulado espacial. No obstante, su tamaño por lo general grande y las fuerzas que las atraen (dipolos), más débiles que otros tipos de uniones, hacen que su ubicación en el espacio no siga un patrón constante o definido. Rara vez presentan una estructura cristalina, sino todo lo contrario; por lo habitual constituyen estructuras amorfas o, más exactamente, mesomorfas, ya que puede existir algún tipo de ordenamiento, aunque reducido.

Resumen

En este capítulo se analizaron los materiales como materia que se presenta en estado sólido cuando la energía dada por las uniones químicas entre las partículas que la componen es lo suficientemente fuerte para determinar relaciones constantes entre ellas.

Esas uniones químicas pueden ser de tipo primario, como el enlace metálico, la electrovalencia y la covalencia, o secundario (fuerzas de van der Waals), cuando están dadas por la formación de dipolos permanentes o fluctuantes en moléculas.

Las primeras (primarias) constituyen la base de los materiales metálicos y cerámicos y las segundas (secundarias), la de materiales orgánicos que están constituidos por moléculas (que a su vez son el resultado de uniones primarias entre átomos).

Los materiales pueden, a su vez, presentarse con una estructura interna ordenada (cristalina), como es común en los metálicos y poco común en los orgánicos, o desordenada (amorfa), como es poco común en los metálicos y común en los orgánicos. En los cerámicos es dable encontrar estructuras cristalinas y amorfas. Asimismo, no es común que un cuerpo cristalino esté compuesto por un solo cristal; generalmente consiste en el agrupamiento de gran cantidad de ellos (estructura policristalina).

Como es de esperar, las características de estos materiales serán diferentes, como se verá más adelante, en función de las diferencias en sus estructuras y de la forma que adquieran esas estructuras.

Es importante tener presente que la estructura interna de los materiales, en la realidad, no guarda una regularidad como la que esquemáticamente se describió. Lo usual es encontrar zonas con ausencia de algún átomo o de grupos de átomos. Estos defectos suelen denominarse *dislocaciones* y su presencia afecta el comportamiento de los materiales.

Ejercitaciones

- Enumere el tipo de uniones químicas que se pueden generar entre átomos.
- Diferencie las características de las estructuras internas de los materiales metálicos, cerámicos y orgánicos.
- Describa las condiciones que determinan el estado sólido en los materiales orgánicos.
- Describa las condiciones que permiten diferenciar una estructura cristalina de una amorfa.