

Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales

María Teresa Doménech Carbó



María Teresa Doménech Carbó

Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Colección Académica

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: DOMÉNECH CARBÓ, M^a TERESA (2013). *Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica

Primera edición, 2013

- © M^a Teresa Doménech Carbó
- © de las fotografías: su autor
- © de la presente edición:
Editorial Universitat Politècnica de València
www.editorial.upv.es

Distribución: pedidos@editorial.upv.es
Tel. 96 387 70 12 / ref.: 983

Imprime: By prnit percom sl.

ISBN: 978-84-8363-996-2
Impreso bajo demanda

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de sus autores.

Impreso en España

Índice

	Página
Prólogo	7
Unidad Didáctica 1: Introducción a la ciencia de la conservación	9
Tema 1. Naturaleza y propiedades de la materia: 1. Características de las partículas subatómicas. 1.1. Partículas elementales constituyentes del átomo. 1.2. Estructura interna del átomo. 1.3. Modelos atómicos. 2. Clasificación de la materia: elemento y compuesto químico. Notación. 2.1. Elemento químico. 2.2. Notación. 2.3. Fórmulas químicas. 2.3.1. Estructuras gigantes. 2.3.2. Compuestos moleculares. 3. Sistema periódico. 4. Fundamentos de la reactividad de los átomos. 5. Actividades no presenciales. 6. Bibliografía recomendada.	11
Tema 2. Procesos físicos y químicos en la materia: 1. Procesos físicos y químicos en la materia. 2. Reacciones químicas. 2.1. Cambios materiales en una reacción química. 2.2. Cambios energéticos en una reacción química. 2.3. Catálisis. 3. Estados de agregación de la materia: modelo cinético de la materia. 4. Cambios de estado. 4.1. Clasificación. 4.2. Cambios de estado y modelo cinético. 4.3. Cambio de estado líquido-vapor. 4.4. Presión de vapor saturante. 4.5. Humedad absoluta y relativa. 5. Sistemas multicomponentes. 5.1. El proceso de disolución. 5.2. Tipos de sistemas multicomponentes. 5.3 Geles. 5.3.1 Geles tradicionales. 5.3.2. Geles-disolventes. 5.4 Solubilidad. 5.5. Eflorescencia. 6. Actividades no presenciales. 7. Bibliografía recomendada.	27
Unidad Didáctica 2: Materiales responsables del color	61

Tema 3. Pigmentos: 1. Las técnicas pictóricas. 2. Sustancias responsables del color. 2.1. Clasificación. 2.2. Pigmentos. 2.2.1. Compuestos iónicos. 2.2.2. Sólidos covalentes. 2.3. Pigmentos o cargas inertes. 3. El color de los pigmentos. 3.1. Procesos de producción del color en un material. 3.2. Índice de color. 3.3. Nombre y número genérico C.I. 3.4. Número de constitución C.I. 3.5. Notación Munsell: lenguaje universal de colores. 3.6. Espacio C.I.E. 1976 L*a*b*. 3.7. Curva de reflectancia. 4. Estabilidad de los pigmentos. 5. La pintura. 5.1. Pigmentos inorgánicos naturales, artificiales y sintéticos. 5.2. Propiedades de la pintura. 5.3. Propiedades de la película pictórica. 5.3.1. Propiedades ópticas: aspecto visual. 5.3.2. Propiedades mecánicas. 6. Tintas. 7. Actividades no presenciales. 8. Bibliografía recomendada.	63
Tema 4. Pigmentos orgánicos y colorantes: 1. Química Orgánica. 1.1. La Química del carbono. 1.2. Nomenclatura de los compuestos orgánicos. 2. Clasificación de compuestos orgánicos. 2.1. Hidrocarburos. 2.2. Familias de compuestos oxigenados y nitrogenados. 3. Sólidos moleculares. 4. Pigmentos orgánicos sintéticos. 5. Colorantes. 5.1. Clasificación. 5.2. Producción del color. 5.3. El proceso de la tintura. 5.3.1. El enlace por puente de hidrógeno. 5.3.2. Tintura directa. 5.3.3. Tintura con mordiente. 6. Actividades no presenciales. 7. Bibliografía recomendada.	91
Unidad Didáctica 3: Sustancias utilizadas como agentes químicos de limpieza	121
Tema 5. Disolventes orgánicos: 1. El proceso de limpieza con disolventes orgánicos. 1.1. La migración del disolvente en el sustrato. 1.1.1. Hidrostática. 1.1.2. Hidrodinámica. 1.1.3. Propiedades de la capa superficial de los líquidos. 1.2. Evaporación del disolvente. 1.3. El proceso de disolución. 1.3.1. Interacciones específicas de los disolventes con el sustrato. 1.3.2. Teoría de Hildebrandt aplicada: parámetro de solubilidad. 1.3.3. Triángulo de solubilidad. 1.3.4. Mezclas de disolventes. 1.4. Propiedades físicas y químicas de disolventes de aplicación en conservación y restauración de obras de arte. 1.4.1. Hidrocarburos. 1.4.2. Familias oxigenadas. 1.4.3. Familias nitrogenadas. 2. Metodología de elección del sistema de limpieza. 3. Actividades no presenciales. 4. Bibliografía recomendada.	123
Tema 6. Agentes químicos de limpieza en medio acuoso: 1. Sistemas acuosos de limpieza de superficies pictóricas. 2. Agua. 3. Ácidos y bases. 3.1. Concepto de ácido y base. 3.2. Hidrólisis de una sal. 3.3. Equilibrio de disociación del agua. 3.4. Disoluciones amortiguadoras. 3.5. Aplicaciones de ácidos y bases en limpieza de obra pictórica. 4. Agentes complejantes. 5. Resinas de intercambio iónico. 5.1. Intercambiadores catiónicos fuertemente ácidos. 5.2. Intercambiadores catiónicos débilmente ácidos. 5.3. Intercambiadores aniónicos fuertemente básicos. 5.4. Intercambiadores aniónicos débil-	151

mente básicos. 5.5. Sustancias utilizadas como fase estacionaria de intercambiadores iónicos (matrices). 5.6. Propiedades generales de los intercambiadores de iones. 5.7. Productos comerciales utilizados en restauración. 5.8. Aplicaciones en restauración. 6. Agentes tensoactivos y detergentes. 6.1. Consideraciones generales. 6.2. Agentes tensoactivos. 6.3. Microemulsiones y emulsiones micelares. 6.4. Detergencia. 6.5. Estructura de un tensoactivo. 6.5.1. Detergentes aniónicos. 6.5.2. Detergentes catiónicos. 6.5.3. Detergentes no iónicos. 6.5.4. Detergentes anfóteros. 6.6. Mecanismo de la detergencia. 6.7. Envejecimiento de detergentes. 7. Enzimas. 7.1. Las enzimas como biocatalizadores. 7.2. Clasificación. 7.3. Nomenclatura. 7.4. Mecanismo de catálisis. 7.5. Aplicaciones en limpieza de obras de arte. 8. Evaluación del tratamiento de limpieza. 9. Actividades no presenciales. 10. Bibliografía recomendada.

Unidad Didáctica 4: Sustancias utilizadas como aglutinantes, protectivos, consolidantes y adhesivos 199

Tema 7. Lípidos: 1. Clasificación de sustancias filmógenas atendiendo a su composición química. 2. Lípidos. 2.1 Glicéridos. 2.1.1. Composición química. 2.1.2. Secado de un aceite secante. 2.1.3. Envejecimiento de un aceite secante. 2.2. Céridos. 2.3 Estéridos. 3. Actividades no presenciales. 4. Bibliografía recomendada. 201

Tema 8. Proteínas: 1. La química de los prótidos: aminoácidos y proteínas. 1.1 Aminoácidos. 1.2. Proteínas. 1.3. Clasificación de las proteínas. 2. Proteínas utilizadas como aglutinantes. 2.1. Colágeno y colas animales. 2.2. Proteínas del huevo. 2.3 Caseína. 3. Secado de un aglutinante proteico. 4. Principales procesos de degradación. 4.1. Hidrólisis de proteínas. 4.2. Fotooxidación. 4.3. Reacciones de condensación. 4.4. Reacciones con ácidos y bases. 5. Actividades no presenciales. 6. Bibliografía recomendada. 217

Tema 9. Glúcidos: 1. La química de los glúcidos: mono, di y polisacáridos. 2. Mucilagos vegetales. 3. Gomas vegetales. 4. Alteración de materiales polisacáridos. 5. Actividades no presenciales. 6. Bibliografía recomendada. 235

Tema 10. Resinas naturales y sintéticas: 1. La química de las resinas naturales: terpenos y poliisopreno. 2. Resinas mono, di y triterpénicas. 2.1. Composición química. 2.2. Descripción y propiedades. 2.2.1. Monoterpenos. 2.2.2. Resinas diterpénicas. 2.2.3. Resinas triterpénicas. 2.2.4. Resinas fósiles. 2.3. Secado y envejecimiento de las resinas terpénicas. 3. Caucho y goma elástica. 4. Productos bituminosos naturales: asfalto, betún y pez mineral. 5. Productos bituminosos artificiales: alquitranes y breas. 6. Resinas sintéticas. 6.1. Altos polímeros. 6.2. Propiedades físico-químicas. 6.2.1. Masa molecular y tamaño. 6.2.2. Temperatura de fusión y de transición vítrea. 6.2.3. Propiedades reológicas. 6.2.4. Propiedades mecánicas. 6.2.5. Adhesividad. 6.3. Clasificación de resinas sintéticas. 6.3. Descripción y propiedades. 247

6.3. Procesos de alteración de polímeros sintéticos. 7. Actividades no presenciales. 8. Bibliografía recomendada.

Unidad Didáctica 5: Soportes orgánicos 289

Tema 11. Soporte textil, gráfico, piel, hueso y marfil: 1. Consideraciones preliminares. 2. Concepto de fibra textil y propiedades. 2.1. Clasificación de fibras textiles. 2.2. Anatomía de fibras textiles. 2.3. La química de las fibras naturales. 3. Soporte gráfico. 3.1. El papel. Propiedades y clasificación. 3.2. Agentes de encolado, blanqueantes y cargas. 3.3 Anatomía de fibras de papel. 3.4. Soporte fotográfico. 4. Pergamino y cuero. 5. Alteración de textil y obra gráfica. 6. Hueso, asta, dientes y marfil. 7. El proceso de fosilización. 8. Actividades no presenciales. 9. Bibliografía recomendada. 291

Tema 12. Soporte leñoso: 1. Características macroscópicas de la madera. 2. Composición química de la madera. 2.1. La pared celular. 2.2. Composición química. 2.2.1. Composición elemental. 2.2.2. Componentes químicos principales de la madera. 2.2.3. Polisacáridos componentes de la madera. 3. Actividades no presenciales. 4. Bibliografía recomendada. 307

Unidad Didáctica 6: Soportes inorgánicos 323

Tema 13. Soporte mural: 1. El soporte mural. 1.1. Capas preparatorias. 1.2. Componentes principales. 1.2.1. Componentes activos. 1.2.2. Pastas. 1.2.3. Morteros. 1.2.4. Proceso de formación del conglomerado. 1.2.5. Propiedades de los morteros. 1.2.6. Áridos. 1.2.7. Agua. 1.2.8. Aditivos. 2. Cales aéreas. 3. Cales hidráulicas. 3.1. Composición. 3.2. Puzolanas. 4. Cementos. 4.1. Cemento Portland. 4.1.1. Composición. 4.1.2. Hidratación del cemento. 4.2. Tipos de cementos. 4.3. Alteraciones de los cementos. 5. Yeso. 5.1. Materias primas y proceso de elaboración. 5.2. Composición química. 5.3. Procesos químicos durante el fraguado. 5.4. Propiedades. 5.5. Tipos de yeso comercial. 6. El deterioro de la pintura mural. 6.1. Procesos físicos entre la pintura mural y su entorno. 6.2. Mecanismos de transmisión del calor. 6.3. Mecanismos asociados a la circulación de agua. 6.3.1. Agua en forma de vapor. 6.3.2. Agua en forma líquida. 6.3.3. Heladicidad. 6.3.4. Solubilización de sales. 6.3.5. Origen de las sales solubles más comunes. 7. Actividades no presenciales. 8. Bibliografía recomendada. 325

Tema 14. Materiales pétreos, silíceos y análogos: 1. Materiales pétreos. 1.1. Rocas. 1.2. Procesos de alteración de los materiales pétreos. 2. Cerámica y vidrio. 2.1. Minerales silíceos. 2.2. Pastas cerámicas. 2.3. Vidrios y revestimientos vítreos de la cerámica. 2.3.1. Estructura del vidrio. 2.3.2. Tipos de vidriados cerámicos. 2.3.3. Materias primas. 2.3.4. Colorantes y opacificantes. 2.4. Procesos de alteración de cerámica y vidrio. 2.4.1. Alteración de las pastas cerámicas. 2.4.2. Alteración de los vidrios y vidriados. 7. Actividades no presenciales. 369

des no presenciales. 8. Bibliografía recomendada.

Tema 15. Metales y aleaciones: 1. Metales. 1.1. Estructura. 1.2. Propiedades. 1.3. Ensayos de caracterización de metales. 2. Aleaciones. 2.1. Estructura. 2.2. Procesado de metales. 2.3. Descripción de aleaciones de interés arqueológico y artístico. 3. Procesos de alteración de los metales. 3.1. Corrosión. 3.2. La corrosión en diferentes ambientes. 3.3. Clasificación de los procesos de corrosión. 3.4. Mecanismos de corrosión. 3.4.1. Corrosión química. 3.4.2. Corrosión electroquímica. 3.4.3. Corrosión galvánica. 3.4.4. Corrosión microbiológica. 3.5. Productos de corrosión. 3.5.1. Hierro. 3.5.2. Cobre. 3.5.3. Estaño. 3.5.4. Plomo. 3.5.5. Zinc. 3.6. Prevención de la corrosión. 3.6.1. Clasificación. 3.6.2. Inhibidores. 3.7.1. Estabilización. 3.7.2. Limpieza. 3.7. Tratamientos de la corrosión. 3.7.3. Consolidación. 4. Actividades no presenciales. 5. Bibliografía recomendada.

391

Prólogo

El presente libro se plantea como una herramienta docente para los alumnos de la asignatura de grado *Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales*.

Los alumnos que llegan a estas asignaturas han cursado fundamentalmente asignaturas de índole artística y humanística, por lo que tienen conocimientos acerca de los procedimientos y técnicas artísticas y acerca de los componentes integrantes de la obra de arte así como de la evolución histórica de su uso. Sin embargo, existe una casi absoluta carencia de asignaturas que aborden los materiales y técnicas artísticas desde una perspectiva científica. Este requerimiento se hace necesario en su futura actividad profesional dentro del ámbito de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Por otro lado, el estudiante que está desarrollando contenidos con una elevada componente práctica y de aplicación dentro de las asignaturas en las distintas áreas de conocimiento de conservación y restauración de bienes culturales encuentra en estas asignaturas una herramienta básica para su proceso de aprendizaje y una fuente de conocimientos e información. En este contexto, esta asignatura constituye una referencia conceptual y metodológica al proporcionar una visión general desde una perspectiva científica, nueva para el estudiante, de la adecuación de los medios técnicos y materiales plásticos a los fines estéticos planteados en todo objeto artístico.

En el libro, cuyo título coincide con el de la asignatura, se ha tratado de aproximar al estudiante a los aspectos científicos específicos de los materiales más comúnmente utilizados en arte junto con aquellos otros aspectos generales relativos a los procedimientos más habitualmente empleados en la conservación y restauración de patrimonio. Por consiguiente, el tratamiento dado a los temas abordados en este libro se aleja de los estudios en profundidad y de los tratamientos exhaustivos de contenidos. Con este libro se pretende ofrecer al alumno una herramienta de apoyo que complementa las actividades presenciales programadas en la asignatura. Con el tratamiento dado a este libro se pretende que los actuales estudiantes y futuros profesionales, conservadores-restauradores, adquieran el lenguaje propio de la ciencia de la conservación. De este modo, podrán dialogar, en el futuro, de forma fluida con los científicos y técnicos implicados en las tareas de salvaguardia del patrimonio.

Los objetivos que han guiado la elaboración de este libro pueden resumirse en:

- ✓ Conocer la estructura y principales componentes químicos de los materiales habitualmente utilizados en la elaboración de soportes murales tradicionales.
- ✓ Establecer definiciones conceptuales y operativas de las principales magnitudes asociadas al estudio y caracterización de bienes culturales.

- ✓ Describir los fenómenos físicos y químicos responsables de la alteración de los bienes culturales.
- ✓ Conocer los fundamentos de la estructura química de los productos más habitualmente empleados en la limpieza de bienes culturales.
- ✓ Comprender las leyes físico-químicas en las que se fundamentan los principales tratamientos de conservación y restauración de bienes culturales.

Los contenidos se van a enmarcar dentro de tres ámbitos:

A) CONCEPTUALES

- ↳ Materiales integrantes de los bienes culturales: materias primas, composición y procesos de obtención.
- ↳ Fenómenos físico-químicos que interviene en la alteración de bienes culturales:
- ↳ Fenómenos físico-químicos que interviene en los procesos de conservación y restauración de bienes culturales.

B) PROCEDIMENTALES

- ↳ Adquisición de la capacidad de observación y deducción.
- ↳ Promoción del sentido crítico acerca de la validez de los resultados obtenidos.
- ↳ Adquisición de habilidades manuales y operativas relativas a la identificación de materiales, daños y sus causas.

C) ACTITUDINALES

- ↳ Incremento de la actitud integradora de conocimientos teóricos y prácticos.
- ↳ Promoción de la capacidad del alumno para la emisión de hipótesis que conduzcan a la resolución de una situación problemática real.
- ↳ Fomento de la responsabilidad y corrección en el desarrollo de tareas científicas.
- ↳ Desarrollo de las cualidades humanas de cooperación y ayuda en equipo.

UNIDAD DIDÁCTICA 1
INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LA CONSERVACIÓN

Tema 1
Naturaleza y propiedades de la materia

1. Características de las partículas subatómicas

1.1. Partículas elementales constituyentes del átomo

Las propiedades más importantes de las partículas subatómicas que integran el átomo son la masa y la carga eléctrica. En la tabla adjunta se resumen los valores de estas magnitudes correspondientes a cada partícula expresados en unidades del S.I.:

Tabla 1.- Propiedades de las partículas subatómicas

Partícula	Carga eléctrica	Masa
Protón	$+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$1,6725 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Neutrón	-	$1,6725 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Electrón	$-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$+9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

- ***¿Las partículas subatómicas poseen valores de masa elevados? ¿y de carga eléctrica?***

Si se pretendiese pesar en una balanza una cantidad de protones del orden de 1 kg sería necesario reunir $1,6725 \cdot 10^{27}$ protones.

Dada el bajo valor de carga y masa de las partículas subatómicas se prefiere expresar estos valores en unidades especialmente establecidas a tal fin en lugar de utilizar las unidades de medida del S.I. (kilogramo o culombio):

uca (unidad de carga atómica: se define como la carga del protón). Ej.: sodio, 11 uca.

uma (unidad de masa atómica: se define como la masa del protón). Ej: sodio 23 uma.

1.2. Estructura interna del átomo

Las partículas subatómicas están distribuidas dentro del átomo de modo que los protones y neutrones se hallan confinados en la región más interna del mismo, denominada *núcleo* atómico, que ocupa un volumen de 10^{-15} m , aproximadamente (figura 1). El resto del volumen ocupado por el átomo constituye la denominada *corteza* atómica, que ocupa un volumen de 10^{-10} m , aproximadamente.

- ***El núcleo está situado en el interior de la corteza y en su centro ¿cómo es su tamaño en comparación al de ésta última?***

Si el núcleo fuese una esfera de 1 m de radio estaría contenida en una corteza esférica de 10 km de radio.

➤ **¿Cómo se explica la distribución de las partículas subatómicas dentro del átomo?**

De manera muy simplificada se puede establecer una analogía entre el Sistema Solar y un átomo. En el Sistema Solar los planetas (electrones) se encuentran girando alrededor del Sol (núcleo atómico) a diferentes distancias. Las órbitas planetarias son estables gracias a las fuerzas de atracción gravitatoria (entre objetos dotados de masa) que se establecen, principalmente, entre el Sol y cada uno de los planetas. Habría que considerar también, en segunda aproximación, las interacciones entre planetas.

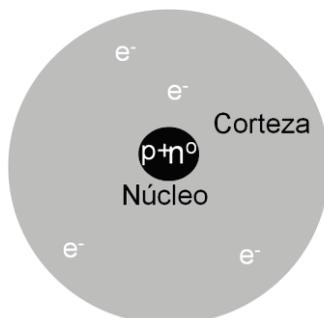


Figura 1.- Esquema de la estructura interna de un átomo.

A diferencia de lo que ocurre en el Sistema Solar, en el átomo son las fuerzas eléctricas, y no las gravitatorias, las responsables de la estabilidad de los electrones en su movimiento alrededor del núcleo. En el átomo habría que considerar, en segunda aproximación, las interacciones entre electrones pero, en este caso, éstas últimas serían de tipo repulsivo por tratarse de partículas con carga del mismo signo.

1.3. Modelos atómicos

➤ **¿Cómo se ordenan los electrones en la corteza atómica?**

Esta cuestión ha ocupado a los científicos de los siglos XIX y XX y para resolverla se han desarrollado sucesivos modelos teóricos.

El modelo mecanocuántico del átomo es el aceptado actualmente y en él se establecen unos valores de energía *cuantizados* para los electrones que se ubican en *orbitales*. El orbital es una región del espacio dentro de la corteza atómica en la que hay una probabilidad elevada de localizar al electrón (figura 2). Los orbitales poseen diferentes geometrías y tamaños y pueden albergar

hasta dos electrones. Un electrón que se haya alojado en un orbital de gran volumen está más débilmente atraído por el núcleo que otro alojado en un orbital de pequeño volumen.

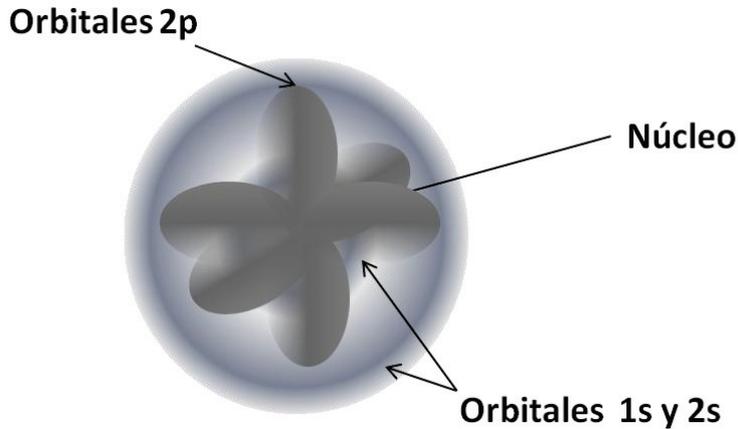


Figura 2.- Esquema de orbitales atómicos según el modelo mecanocuántico.

Se puede establecer una ordenación de los orbitales atómicos en función de su energía como se muestra en la figura 3. En ella se observa que los electrones solo pueden adoptar determinados valores de energía, los cuales dependen del orbital en el que estén alojados. Hay valores de la energía “imposibles” o “prohibidos”.

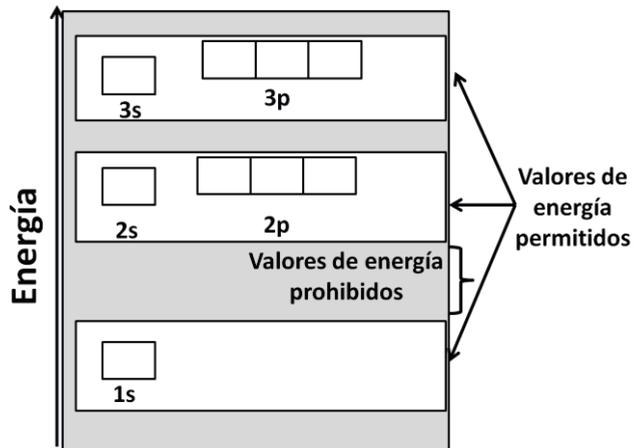


Figura 3.- Esquema de la distribución de orbitales en un átomo en función de su energía.

Cada elemento químico introduce un nuevo electrón en la corteza atómica con respecto al elemento con número atómico una unidad inferior, el cual se sitúa en el orbital disponible de menor energía.

2. Clasificación de la materia: elemento y compuesto químico. Notación

Las sustancias se clasifican atendiendo al tipo de átomos que contienen en:

Elemento químico: sustancias integradas por átomos del mismo tipo. Ejemplo, oro.

Compuesto químico: sustancias integradas por átomos diferentes. Ejemplo, agua.

Tanto los elementos como los compuestos químicos se consideran *sustancias puras*.

La mezcla de dos o más sustancias puras se considera una *mezcla*.

2.1. Elemento químico

Los elementos químicos se clasifican atendiendo al *número atómico (Z)* que se define como el número de protones que contienen sus átomos.

La posibilidad de que los átomos de un mismo elemento químico puedan contener un número diferente de neutrones hace que se establezca el *numero másico (A)* definido como la suma del número de protones y neutrones que hay en un átomo.

➤ **¿Cómo se denominan los átomos de un elemento químico que poseen diferente número másico?**

Los átomos con diferente número másico y el mismo número atómico se denominan *isótopos*. La mayoría de elementos químicos se encuentran en la naturaleza como una mezcla de sus diferentes variedades isotópicas, las cuales exhiben abundancias relativas variables. No obstante, siempre hay un isótopo más estable que posee una abundancia notablemente superior a los demás.

2.2. Notación

En Química se acostumbra a expresar los diversos elementos químicos mediante símbolos. De este modo la formulación de la composición de un compuesto químico se simplifica notablemente.

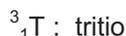
Símbolo químico. Representa un elemento químico.

Ejemplos: Na (sodio), Cl (cloro).

La notación completa de un elemento químico incluiría el número atómico y másico:



En el caso de los isótopos del elemento hidrógeno:



➤ **¿Por qué algunos elementos químicos poseen masa atómica decimal?
Ej.: carbono A= 12,011**

Esto es debido a la diferente abundancia relativa en que se presentan en la naturaleza como se muestra en la tabla 2 para el carbono:

Tabla 2.- Abundancias relativas en el carbono natural.

Isótopo	A	Composición isotópica (%)
${}^{12}\text{C}$	12	98,89
${}^{13}\text{C}$	13	1,11

$$12,011 = 12 \times 0,9889 + 13 \times 0,011$$

➤ **¿Cuántos neutrones tiene el átomo de sodio?**

El número de neutrones se calcula como la diferencia entre el número másico A (23) (p+n) y el número atómico (p) Z (11), esto es, 12 neutrones.

En condiciones especiales un átomo aislado o un conjunto de átomos enlazados entre sí pueden adquirir carga eléctrica por pérdida o ganancia de electrones por lo que esas *especies químicas* dejan de ser eléctricamente neutras y pasan a ser iones (tabla 3 y 4 y figura 4 y 5), esto es, especies cargadas positivamente (*catiónes*) o negativamente (*aniones*).

Tabla 3.- Carga eléctrica en átomo neutro e ión positivo.

	electrones	protones	Carga total
Átomo neutro	- 4	+4	0
Ión positivo	- 3	+4	+1

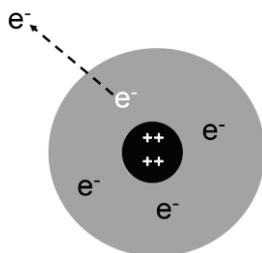


Figura 4.- Formación de un catión.

Tabla 4.- Carga eléctrica en átomo neutro e ión negativo.

	electrones	protones	Carga total
Átomo neutro	- 4	+4	0
Ión negativo	- 5	+4	-1

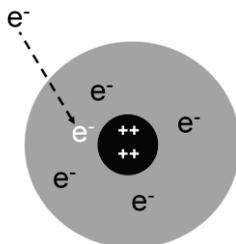


Figura 5.- Formación de un anión.

Los iones pueden ser monovalentes, divalentes,....

Cl^- : ión cloruro; S^{2-} : ión sulfuro, Na^+ : ión sodio; Al^{3+} : ión aluminio

➤ **A-8 ¿Qué es el número de oxidación?**

Algunos átomos pueden perder o ganar un número variable de electrones y, por consiguiente, dar lugar a varios iones positivos o negativos que se diferencian en su carga eléctrica. Estos iones se asocian a los diferentes estados de oxidación de ese átomo, los cuales se expresan mediante la carga adquirida por el ión o *número de oxidación*. Por ejemplo:

Fe^{3+} : ión hierro (III)

Fe^{2+} : ión hierro (II)

Los iones pueden ser monoatómicos como los mostrados en los ejemplos anteriores o poliatómicos. Por ejemplo, el ión sulfato (SO_4^{2-}) o el ión carbonato (CO_3^{2-}) (figura 6).

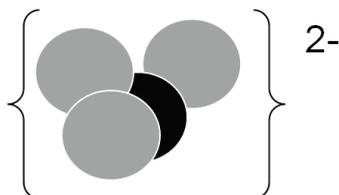


Figura 6.- Estructura del ión carbonato.

➤ A-9 ¿Dónde encontramos iones?

Uno de los problemas más habituales a los que se enfrenta un restaurador de monumentos es la eliminación del exceso de iones disueltos en el agua que circula por la red porosa del material pétreo.

2.3. Fórmulas químicas

La fórmula química es la forma abreviada y sencilla mediante la cual se describe la composición de una molécula, de una estructura gigante y, en general, de cualquier especie química.

2.3.1. Estructuras gigantes

Para describir la composición química de un metal en estado sólido, una red iónica o una red covalente se utiliza la *fórmula empírica* la cual proporciona la relación estequiométrica existente entre los átomos, de cada tipo, presentes en el compuesto, por ejemplo:

Fe (un solo tipo de átomos), NaCl (proporción 1:1 de iones Na^+ y Cl^- en la estructura gigante), SiO_2 (proporción 1:2 de átomos de Si y O en la estructura gigante).

2.3.2. Compuestos moleculares

La composición de estos compuestos se acostumbra a expresar mediante la *fórmula molecular*, la cual indica el número exacto de átomos de cada tipo que constituyen la molécula. El subíndice en la fórmula indica el número de átomos en la molécula. Nótese que algunos elementos químicos son estructuras moleculares, por ejemplo el hidrógeno, H_2 . Los compuestos químicos y determina-

dos iones también vienen representados mediante fórmulas moleculares, por ejemplo, agua, H_2O ; ión nitrato, NO_3^- .

En el caso de moléculas se puede utilizar la *formula estructural* en la que se muestra esquemáticamente los enlaces dentro de la molécula y, en algunos casos, la disposición geométrica (figura 7).

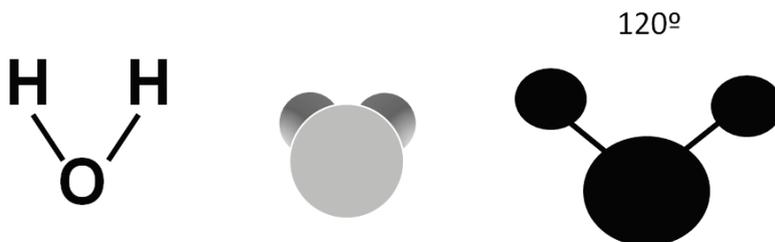


Figura 7.- Diferentes tipos de fórmula desarrollada del agua.

3. Sistema periódico

Es la ordenación de los átomos según número atómico (Z) creciente. En el Sistema Periódico los elementos metálicos se disponen en la parte central e izquierda mientras que los elementos no metálicos se sitúan a la derecha.

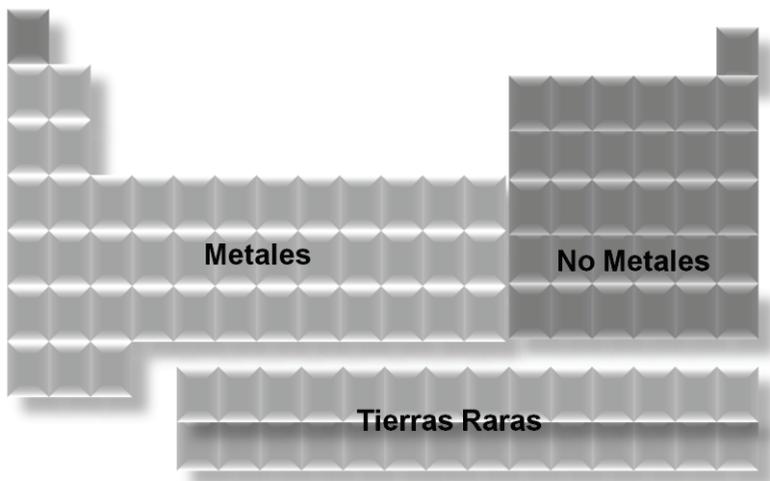


Figura 8.- Sistema Periódico.

Esta clasificación reproduce las regularidades existentes en la estructura de la corteza atómica de los átomos de modo que los *períodos* (filas) contienen aquellos elementos que introducen su último electrón en la misma capa o nivel de energía, como se muestra en la figura 9:

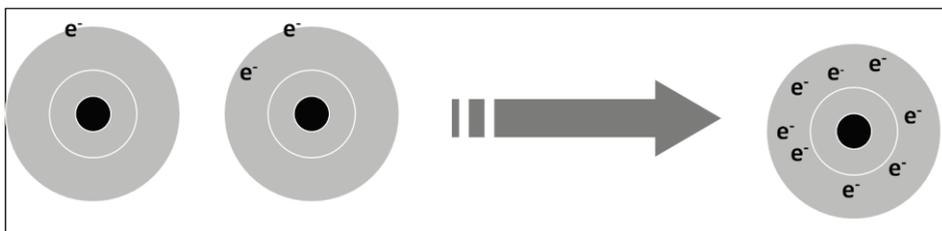


Figura 9.- Rellenado de electrones en los elementos de un mismo período.

Los *grupos* o *familias* (columnas) incluyen a aquellos elementos conteniendo el mismo número de electrones en la última capa o nivel de energía (*capa de valencia*), como se muestra en la figura 10.

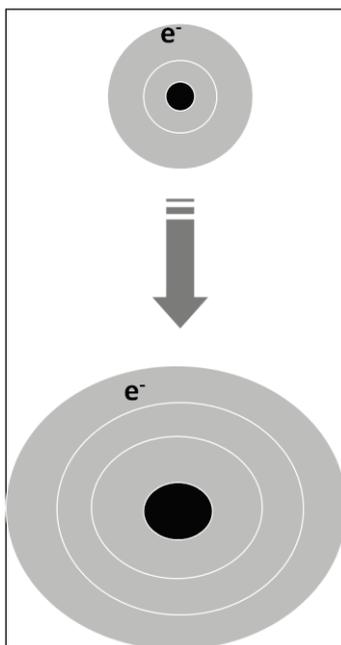


Figura 10.- Rellenado de electrones en los elementos de un mismo grupo o familia.

4. Fundamentos de la reactividad de los átomos

Los electrones situados en los orbitales de mayor energía y tamaño, esto es, en la capa de valencia van a ser los que modificarán su estado cuando el átomo reaccione. En la capa de valencia o nivel de energía más elevado los electrones se encuentran menos retenidos por el núcleo atómico por lo que pueden interactuar más fácilmente con cualquier agente externo.

En general, la capa de valencia se considera completa cuando en ella se disponen ocho electrones. Esta configuración de capa completa es muy estable energéticamente y es la que poseen los gases nobles, de ahí la escasa reactividad y gran estabilidad de éstos.

En Química se ha enunciado la denominada *regla del octeto* que establece que los átomos reaccionan químicamente para adquirir la configuración del gas noble más cercano o, lo que es lo mismo, para conseguir adoptar una estructura de capa de valencia completa (ocho electrones).

El modo en que un átomo consigue alcanzar la configuración de gas noble determina su reactividad y el tipo de *enlace químico* que será capaz de establecer.

El enlace iónico se establece entre un átomo metálico y otro no metálico. El primero cede los pocos electrones que posee en su capa de valencia con lo cual vacía ésta. De este modo, la capa más interna, cuyos orbitales están llenos de electrones, pasa a ser la nueva capa de valencia. Esta capa ahora posee ocho electrones por lo que el átomo adquiere una gran estabilidad. Sin embargo, en este proceso el átomo ha perdido electrones por lo cual ahora se ha transformado en un ión positivo.

El átomo no metálico, captura los electrones cedidos por el átomo metálico y, de este modo, completa su capa de valencia hasta incluir ocho electrones. De esta forma, adquiere la configuración de gas noble que estabiliza su estructura interna. En este proceso el átomo se transforma en un ión negativo.

Tras este proceso de transferencia de electrones el sistema integrado por ambos iones adquiere la estabilidad gracias a la atracción electrostática que se establece entre los dos iones de signo contrario tal y como se muestra en la figura 11.

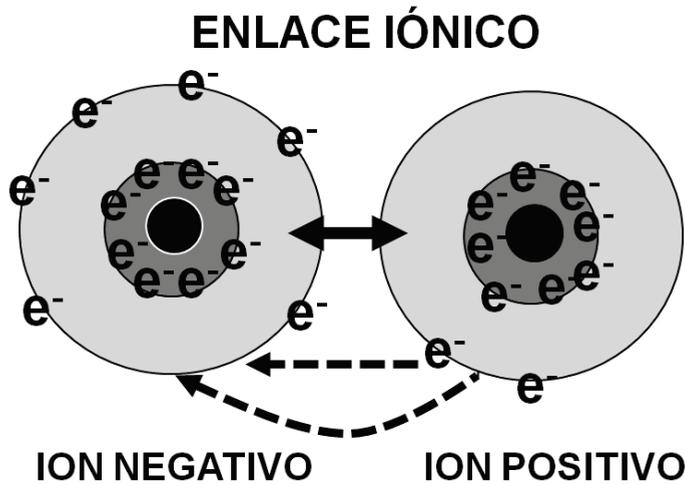


Figura 11.- Esquema de formación de un enlace iónico entre un átomo metálico y otro no metálico.

Los átomos no metálicos establecen enlaces covalentes en los cuales ambos átomos comparten uno o varios pares de electrones de enlace. Se trata de un enlace localizado, esto es, en el que los electrones de enlace se mueven dentro de un orbital molecular formado por solapamiento de los orbitales atómicos en los que se hallaban los electrones enlazantes. En dicho orbital molecular, la máxima probabilidad de localizar a los electrones de enlace corresponde a la región internuclear, tal como se muestra en la figura 12.

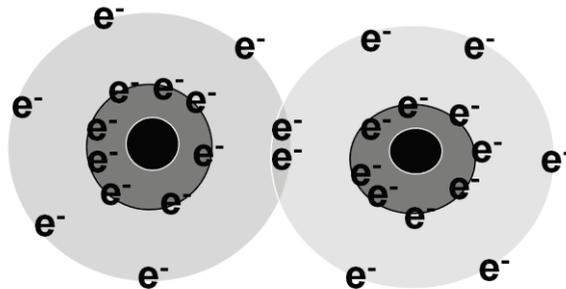


Figura 12.- Esquema de formación de un enlace covalente entre dos átomos no metálicos.

Para seguir leyendo haga click aquí