

ÍNDICE

Prólogo	13
---------------	----

UNIDAD DIDÁCTICA I

Tema 1. Estructura de la materia y enlace químico	17
(Dra. D. ^a Soledad Esteban Santos)	

1.1. Introducción	23
1.2. Orígenes de la teoría atómica	24
1.3. Teoría atómica de Dalton	26
1.4. Partículas fundamentales: electrón, protón y neutrón	29
1.5. Modelos atómicos: disposición de las partículas fundamenta- les en el átomo	31
1.6. Sistemas periódicos	41
1.7. Propiedades periódicas	46
1.8. Por qué se forman los enlaces	50
1.9. Tipos de enlaces	51
Ejercicios de auto comprobación	63
Soluciones a los ejercicios de auto comprobación	64

Tema 2. Gases, líquidos y disoluciones	67
(Dra. D. ^a M. ^a del Pilar Cornago Ramírez)	

2.1. Propiedades de los gases	71
2.2. Leyes elementales de los gases	74

2.3. Combinación de las leyes de los gases. Ecuación de los gases ideales	77
2.4. Mezcla de gases. Ley de Dalton	79
2.5. Teoría cinético-molecular de los gases	81
2.6. Gases reales	85
2.7. Propiedades de los líquidos	85
2.8. Cambios de fase	86
2.9. Diagramas de fase	88
2.10. Naturaleza y tipo de disoluciones	90
2.11. Concentración de una disolución	92
2.12. Fuerzas intermoleculares en un proceso de disolución	92
2.13. Factores externos que afectan a la solubilidad	94
2.14. Propiedades coligativas de las disoluciones de no electrolitos	96
2.15. Propiedades de las disoluciones de electrolitos	101
2.18. Coloides	102
Ejercicios de autocomprobación	104
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	106

Tema 3. Termodinámica, equilibrio químico y cinética química .. 111 (Dra. D.^a M.^a del Pilar Cornago Ramírez)

3.1. Términos básicos utilizados en Termodinámica	115
3.2. Primer principio de la Termodinámica	117
3.3. Calores de reacción q_v y q_p	118
3.4. Entalpía estándar de reacción	120
3.5. Ley de Hess	121
3.6. Espontaneidad de los procesos físicos y químicos	124
3.7. Entropía y segundo principio de la Termodinámica	124
3.8. Energía libre de Gibbs	125
3.9. Equilibrio químico: un equilibrio dinámico	127
3.10. La constante de equilibrio	129
3.11. El cociente de reacción: predicción de la dirección de reacción	134
3.12. Cambios en las condiciones de equilibrio. Principio de Le Châtelier	135
3.13. Relación entre ΔG^0 y la constante de equilibrio	138
3.14. Velocidad de una reacción química	139
3.15. Factores que afectan a la velocidad de reacción	140
3.16. Modelos teóricos de la cinética química	145

3.17. Mecanismos de reacción	149
3.18. Catálisis	150
Ejercicios de autocomprobación	152
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	154
Tema 4. Ácidos y bases	159
(Dra. D. ^a Dionisia Sanz del Castillo)	
4.1. Introducción	163
4.2. Ácidos y bases de Arrhenius	163
4.3. Ácidos y bases de Brønsted. Pares conjugados	164
4.4. Ácidos y bases de Lewis	166
4.5. Clasificación de los ácidos próticos	167
4.6. Constantes de acidez	171
4.7. Autoionización del agua y escala de pH	175
4.8. Carácter ácido y básico de las disoluciones de sales	179
4.9. Disoluciones reguladoras	181
4.10. Valoraciones de ácidos y bases	183
4.11. Importancia del pH en sistemas naturales	185
4.12. Lluvia ácida	186
Ejercicios de autocomprobación	193
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	194

UNIDAD DIDÁCTICA II

Tema 5. Solubilidad y precipitación	201
(Dra. D. ^a Consuelo Escolástico León)	
5.1. Introducción	205
5.2. Equilibrios de solubilidad	206
5.3. Constante del producto de solubilidad, K_{ps}	207
5.4. Efecto del ion común en los equilibrios de solubilidad	210
5.5. Reacciones de precipitación	212
5.6. Precipitación fraccionada	217
5.7. Relación entre pH y solubilidad	219
5.8. Equilibrios de iones complejos	221
5.9. Aplicaciones en análisis cualitativo	226
Ejercicios de autocomprobación	229
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	230

Tema 6. Reacciones de oxidación-reducción	235
(Dra. D. ^a Consuelo Escolástico León)	
6.1. Introducción	239
6.2. Conceptos de oxidación y reducción	239
6.3. Celdas galvánicas	246
6.4. Potenciales de reducción estándar	248
6.5. Efectos de la concentración en la fuerza electromotriz de la celda. Ecuación de Neznst	253
6.6. Aplicaciones de la electroquímica	255
6.7. Electrólisis	260
6.8. Corrosión	264
Ejercicios de autocomprobación	267
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	268
Tema 7. Química del carbono	273
(Dra. D. ^a Concepción López García)	
7.1. El estudio de la Química Orgánica	277
7.2. El átomo de carbono	278
7.3. Hidrocarburos	281
7.4. Halogenuros de alquilo	293
7.5. Compuestos orgánicos oxigenados	295
7.6. Compuestos orgánicos nitrogenados	302
Ejercicios de autocomprobación	307
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	309
Tema 8. Energía y medio ambiente	313
(Dra. D. ^a Concepción López García)	
8.1. La energía, un componente básico de la actividad humana	317
8.2. Combustibles fósiles	318
8.3. Energía nuclear	326
8.4. Energías renovables	329
8.5. Eficiencia energética	338
Ejercicios de autocomprobación	341
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	342

UNIDAD DIDÁCTICA III

Tema 9. Química de la atmósfera	347
(Dra. D. ^a Soledad Esteban Santos)	
9.1. Introducción	351
9.2. Regiones de la atmósfera	352
9.3. Características físicas de la atmósfera	352
9.4. Composición de la atmósfera	355
9.5. Fenómenos meteorológicos	357
9.6. Efecto invernadero y agujeros de la capa de ozono	359
9.7. La atmósfera como fuente de elementos químicos	365
9.8. Contaminación atmosférica	370
9.9. Smog fotoquímico	379
Ejercicios de autocomprobación	382
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	383
Tema 10. El agua en el medio ambiente	385
(Dra. D. ^a M. ^a del Pilar Cabildo Miranda)	
10.1. El agua en el medio ambiente	389
10.2. La molécula del agua y su propiedad como disolvente	393
10.3. Gases disueltos en agua	396
10.4. Disoluciones en aguas naturales	397
10.5. Contaminación del agua	402
10.6. Algunos fenómenos producidos por la contaminación del agua	411
10.7. Parámetros indicadores de contaminación del agua	413
10.8. Tratamiento del agua	414
10.9. Desinfección y desalinización del agua	417
10.10. Reciclado y reutilización del agua	419
Ejercicios de autocomprobación	420
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	421
Tema 11. Química del suelo	425
(Dra. D. ^a Dionisia Sanz del Castillo)	
11.1. Introducción	429
11.2. Compuestos químicos más abundantes en la corteza terrestre	431
11.3. Acidificación de suelos	434
11.4. Salinización y alcalinización	435

11.5. Ciclos biogeoquímicos del nitrógeno, fósforo y azufre	438
11.6. Desequilibrio planteado por los residuos	442
11.7. Eliminación de residuos	444
11.8. Contaminación del suelo	446
11.9. Depuración de suelos	458
Ejercicios de autocomprobación	459
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	460
Tema 12. Impacto de los compuestos orgánicos en el medio ambiente (Dra. D.^a. M.^a del Pilar Cabildo Miranda)	463
12.1. Compuestos orgánicos	467
12.2. ¿Qué produce la industria química?	471
12.3. Compuestos orgánicos volátiles, COVs e hidrocarburos aromáticos policíclicos, PAHs	473
12.4. Compuestos orgánicos persistentes, COPs	475
12.5. Compuestos organoclorados	476
12.6. Pesticidas	483
12.7. Plásticos	490
Ejercicios de autocomprobación	497
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	498
Bibliografía	501
Índice de términos	505

11.2. COMPUESTOS QUÍMICOS MÁS ABUNDANTES EN LA CORTEZA TERRESTRE

El suelo presenta una composición extremadamente compleja y variable de unas zonas a otras, en la que destaca la presencia de componentes muy activos que constituyen las fracciones fluidas, gases y disoluciones del suelo, y las coloidales, humus y arcillas que, junto con el elevado número y variedad de microorganismos presentes, explican la rápida capacidad de respuesta de los suelos frente a modificaciones del medio.

A pesar de la complejidad de la composición de los suelos, la capa más externa de la Tierra, que constituye el suelo, contiene un número reducido de elementos (Tabla 11.1).

TABLA 11.1. Porcentaje de los elementos más abundantes en la corteza terrestre

Elemento	% en masa	Tipos de compuestos
Oxígeno (O)	45,50	Sílice, silicatos y óxidos
Silicio (Si)	25,80	Sílice y silicatos
Aluminio (Al)	7,57	Aluminosilicatos
Hierro (Fe)	4,70	Óxidos
Calcio (Ca)	3,38	Carbonatos, sulfatos y silicatos
Sodio (Na)	2,63	Cloruros y silicatos
Potasio (K)	2,41	Cloruros y silicatos
Magnesio (Mg)	1,95	Carbonatos y sulfatos

11.2.1. Silicatos y aluminosilicatos

Los minerales más abundantes son los silicatos y aluminosilicatos, en los que la unidad básica es la estructura tetraédrica de SiO_4^{4-} (Fig. 11.1) y que se pueden presentar aislados o en estructuras poliméricas, compartiendo los átomos de oxígeno y silicio, y formando estructuras en cadena, láminas y redes tridimensionales. La carga negativa de las redes de silicatos está compensada con cationes como H^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Fe^{3+} , etc.

El ejemplo más sencillo de compuestos con silicio es la sílice (SiO_2) siendo la forma más frecuente el cuarzo, que es el componente mayoritario del granito y de la arena.

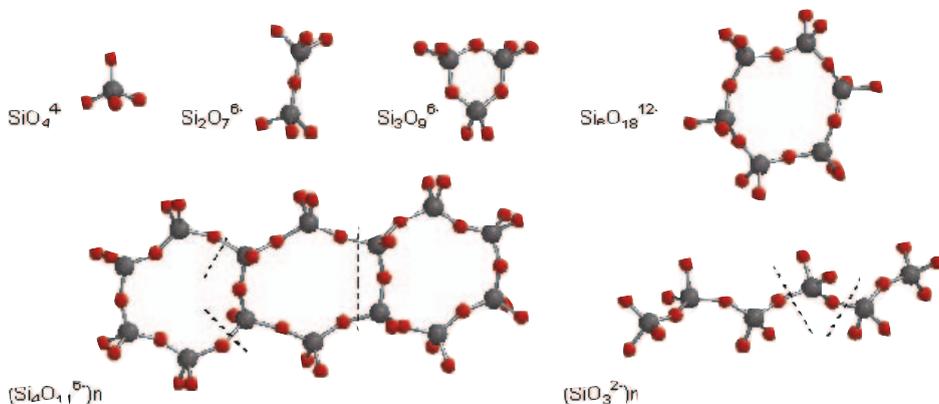


FIGURA 11.1. Estructuras de silicatos.

Los aluminosilicatos son derivados de los silicatos en los que alguno de los iones Si^{4+} se sustituye por un Al^{3+} . Estos compuestos generan más carga negativa y necesitan más cationes para neutralizar la carga. Ejemplos de aluminosilicatos son los feldespatos y las zeolitas.

11.2.2. Minerales no silíceos

El mineral más abundante es el carbonato cálcico (CaCO_3), compuesto poco soluble en agua, pero que en presencia de CO_2 se disuelve debido a la formación de bicarbonato cálcico que es soluble:



La formación de estalactitas y estalagmitas en las grutas se debe a un proceso inverso al anterior. Cuando el agua que lleva disuelto el bicarbonato llega al techo de una gruta, el agua se va evaporando lentamente y parte de CO_2 se escapa de la disolución formando nuevamente carbonato cálcico que precipita (ver Tema 5).

Otros compuestos muy abundantes son los óxidos, principalmente los de hierro que dan la típica coloración ocre o rojiza, en función de su estado de oxidación, y en menor proporción los óxidos de magnesio, titanio, aluminio y cinc.

11.2.3. Fracción orgánica

La fracción orgánica, aunque representa un porcentaje pequeño, es de vital importancia para la fertilidad de las plantas. Procede principalmente de los residuos vegetales en diferentes grados de descomposición y se denomina humus. Está formada fundamentalmente por ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (Fig. 11.2), sustancias poliméricas que contienen nume-

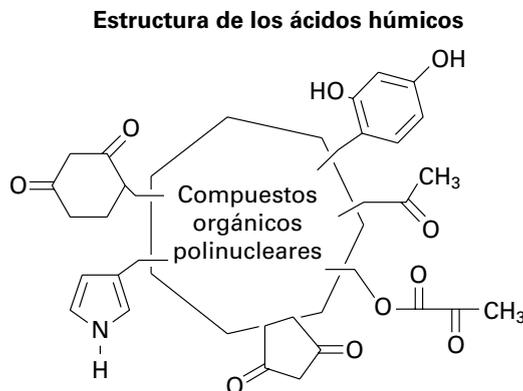
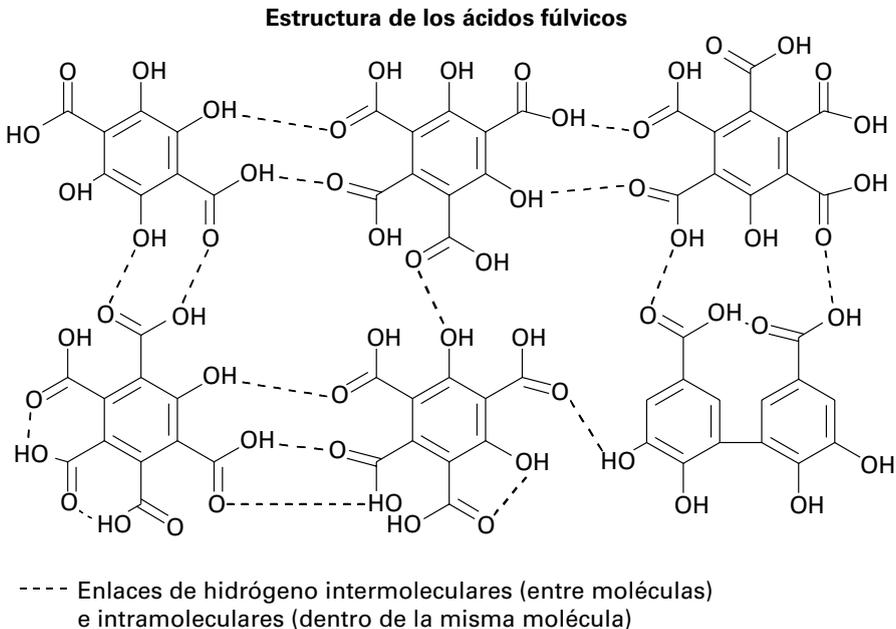


FIGURA 11.2. Estructuras de ácidos fúlvicos y húmicos.

rosos grupos hidroxilo (OH), ácido (COOH), amino (NH₂), ceto (CO) y mercapto (SH) que les permite formar enlaces de hidrógeno y ser capaces de incluir dentro de su estructura moléculas de agua, regulando así el grado de humedad del suelo. Actúan como sistema tampón en la regulación del pH mejorando la estructura de los suelos.

Los ácidos húmicos suelen estar asociados a moléculas de azúcar, polisacáridos, aminoácidos y proteínas, por lo que la estructura es difícil de determinar, ya que cambia con los procesos biológicos que tienen lugar en los suelos.

11.3. ACIDIFICACIÓN DE SUELOS

Normalmente, el pH óptimo que debe tener un suelo para que sea fértil se sitúa entre 6 y 7. Este intervalo de pH es el más adecuado para el crecimiento de las plantas, puesto que es cuando los nutrientes (Ca, Mg y P) están a las concentraciones aptas para ser asimilados.

Los suelos de regiones caracterizadas por soportar abundantes lluvias, son susceptibles de acidificarse, puesto que se produce una fuerte lixiviación que elimina los aniones básicos de los horizontes del suelo. Por el contrario, en suelos áridos la lixiviación es muy baja y, además, existe una elevada evaporación que provoca la ascensión de las sustancias disueltas, produciendo depósitos salinos que se acumulan en las capas superficiales. Ello da lugar a la salinización del suelo y a incrementos en el pH.

Las causas principales de acidificación de un suelo son: precipitaciones ácidas, adiciones de materia orgánica a partir de residuos vegetales, utilización de fertilizantes, oxidación de la pirita en suelos piríticos, disolución del CO₂ y asimilación de nutrientes por las plantas.

La acidificación de la disolución que penetra el suelo, produce cambios en su composición, reaccionando en primer lugar los carbonatos (CaCO₃) para transformarse en bicarbonatos solubles en agua. Cuando no hay carbonatos que neutralicen al ácido, disminuye el pH y se producen intercambios en las partículas edáficas. Por ejemplo, en medios de pH muy bajo el aluminio asociado a las partículas de arcilla se libera (Fig. 11.3).

En la disolución del suelo, el Al³⁺ sufre una reacción de hidrólisis que genera más iones H⁺:

