

ÍNDICE

PRÓLOGO	13
TEMA 1. LOS ELEMENTOS Y COMPUESTOS QUÍMICOS NATURALES EN RELACIÓN CON LA GENERACIÓN DE CONTAMINANTES	17
Introducción	19
1.1 Elementos no metálicos	19
1.1.1 Hidrógeno.....	19
1.1.2 Carbono	23
1.1.3 Nitrógeno.....	26
1.1.4 Fósforo.....	30
1.1.5 Eutrofización del agua.....	32
1.1.6 Oxígeno	34
1.1.7 Azufre	40
1.1.8 Efectos contaminantes de la lluvia ácida.....	43
1.1.9 Proceso de descontaminación de las aguas.....	46
1.2 Elementos metálicos	48
1.2.1 Alcalinos: litio, sodio y potasio	48
1.2.2 Alcalinotérreos: magnesio y calcio	51
1.2.3 Hierro	52
1.2.4 Aluminio.....	56
Lecturas recomendadas	58
Ejercicios de autoevaluación.....	58
TEMA 2. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURAS QUÍMICAS BÁSICAS EN EL MEDIO TERRESTRE, EN SISTEMAS ACUÁTICOS Y EN LA ATMÓSFERA	59
Introducción	61
2.1 Composición de la corteza terrestre	62
2.2 Silicatos.....	63
2.2.1 Estructuras y propiedades	63
2.2.2 Reacciones de intercambio iónico	67
2.2.3. Transformaciones químicas de los silicatos en la naturaleza.....	75

2.3 El agua. Abundancia, propiedades y usos.....	78
2.4 Criterios de calidad del agua	84
2.5 Estructura y propiedades de la atmósfera	86
2.6 Química en la troposfera	89
2.7 Efectos de las radiaciones en la atmósfera	95
Lecturas recomendadas	98
Ejercicios de autoevaluación.....	98

TEMA 3. FORMACIÓN Y PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS CONTAMINANTES

TEMAS	99
Introducción	101
3.1 Contaminación del suelo	102
3.1.1 Composición del suelo	104
3.1.2 Propiedades fisicoquímicas de los suelos	105
3.1.3 Tipos de contaminantes de los suelos	107
3.1.4 Residuos contaminantes de los suelos	112
3.2 Residuos urbanos. Definiciones y tratamientos	113
3.2.1 Composición química	115
3.2.2 Gestión de los residuos urbanos.....	116
3.3 Residuos industriales.....	122
3.3.1. Clasificación	122
3.3.2. Residuos industriales peligrosos	124
3.4 Residuos sanitarios	126
3.5 Contaminación del agua.....	128
3.5.1 Detergentes	131
3.5.2 Pesticidas y plaguicidas.....	132
3.5.3 Policlorobifenilos (PCBs) y compuestos relacionados	134
3.5.4 Hidrocarburos	135
3.6 Aspectos generales sobre la depuración de aguas residuales.....	137
3.7 Contaminación atmosférica. Fuentes y tipos de contaminantes	139
3.8 Contaminantes primarios: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y de azufre, hidrocarburos y oxidantes fotoquímicos, partículas sólidas en suspensión.....	142
3.9 Dispersión de los contaminantes en la atmósfera.....	148
3.10 Disminución en el espesor de la capa de ozono.....	149
Lecturas recomendadas	155
Ejercicios de autoevaluación	155

TEMA 4. AGENTES CONTAMINANTES CON EFECTOS DEBIDOS A SU ALTA CONCENTRACIÓN. CASO DE ANÁLISIS GLOBAL: EFECTO INVERNADERO Y SU CONTROL	161
Introducción	163
4.1 Agentes contaminantes producidos en alta concentración	163
4.2 El efecto invernadero	166
4.3 Gases que producen efecto invernadero	169
4.4 Consecuencias del cambio climático global. Proyección futura	174
4.4.1 Efectos producidos en el clima	174
4.4.2 Cambios futuros proyectados en el clima	176
4.5 Estrategias de control del cambio climático	178
4.5.1 Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero	181
4.5.2 Mejora de la eficiencia energética	186
4.5.3 Mayor participación de las energías renovables	188
4.5.4 Aumento del uso de biocarburantes en el transporte	189
4.6 Acuerdos internacionales para el control del cambio climático	189
4.6.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	191
4.6.2 El Protocolo de Kyoto	192
4.6.3 Actuaciones a nivel de la Unión Europea	193
4.6.4 Actuaciones a nivel de España	197
Lecturas recomendadas	199
Ejercicios de autoevaluación	199
 TEMA 5. PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES RELACIONADOS CON ELEMENTOS MINORITARIOS	 201
Introducción	203
5.1 Plomo, arsénico, cinc, cadmio y mercurio	203
5.1.1 Propiedades generales	204
5.1.2 Características específicas	206
5.1.3 Efectos contaminantes	215
5.2 Compuestos orgánicos peligrosos	220
5.2.1 Principales compuestos orgánicos contaminantes	220
5.2.2 Estrategias de descontaminación	223
Lecturas recomendadas	230
Ejercicios de autoevaluación	230

TEMA 6. MÉTODOS PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN: ACCIONES PREVENTIVAS	231
Introducción	233
6.1 Medidas preventivas para evitar la contaminación en suelos y aguas	233
6.2 Medidas preventivas para evitar la contaminación atmosférica	237
6.4.1 Planificación urbana	238
6.4.2 Estudios previos de impacto ambiental	239
6.4.3 Ahorro energético	239
6.3 Nuevas tecnologías energéticas. Energías renovables	241
6.3.1 Energía solar	246
6.3.2 Energía eólica	254
6.3.3 Biomasa	258
6.3.4 Energía mareomotriz	263
6.3.5 Otras energías renovables	265
Lecturas recomendadas	268
Ejercicios de autoevaluación	268
TEMA 7. PRINCIPIOS PARA CONSEGUIR UNA INDUSTRIA QUÍMICA SOSTENIBLE	271
Introducción	273
7.1 La industria química: beneficios y problemas medioambientales asociados	273
7.2 Química sostenible	278
7.3 Disolventes medioambientalmente poco contaminantes	286
7.3.1 Líquidos iónicos	288
7.3.2 Fluidos supercríticos	292
7.4 Métodos de reacción no convencionales	295
7.4.1 Activación por Microondas	296
7.4.2 Activación por Ultrasonidos	300
7.5 Normativa y legislación medioambientales	303
7.5.1. El proyecto REACH	308
7.6 Educación en Química sostenible	311
Lecturas recomendadas	314
Ejercicios de autoevaluación	314
TEMA 8. NOCIONES DE RADIOQUÍMICA EN RELACIÓN CON LOS RADIOISÓTOPOS Y SU PELIGROSIDAD	325
Introducción	327

8.1 La radiactividad	327
8.1.1 Núcleos e isótopos	328
8.1.2 Conceptos básicos sobre la desintegración nuclear	331
8.1.3 Reacciones nucleares.....	333
8.2 Radiactividad natural y artificial.....	339
8.2.1 Introducción.....	339
8.2.2 Detección de las radiaciones	343
8.3 Radioisótopos	346
8.3.1 Laboratorios de radioisótopos	346
8.3.2 Aplicaciones de los radioisótopos	348
8.3.3 Contaminación producida por la radiactividad. El peligro de las radiaciones	356
8.4 Residuos radiactivos.....	361
8.4.1 Origen de los residuos radiactivos	362
8.4.2 Tipos de residuos radiactivos	363
Lecturas recomendadas	365
Ejercicios de autoevaluación.....	365

TEMA 9. ESTRATEGIAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN SEGÚN EL MEDIO DONDE SE LOCALICEN	367
Introducción	369
9.1 Generalidades	369
9.2 Metodologías para la descontaminación de efluentes gaseosos. Ejemplo de aplicación de un catalizador: los catalizadores de tres vías.....	371
9.2 Tecnologías para la depuración de compuestos orgánicos e inor- gánicos en aguas	378
9.3.1 Métodos biológicos	379
9.3.2 Incineración	380
9.3.3 Procedimientos físicos	380
9.3.4 Métodos químicos clásicos a temperatura ambiente.....	381
9.3.5 Procesos que utilizan como reactivo dioxígeno.....	383
9.3.6 Oxidación vía húmeda utilizando catalizadores (OVHC)	385
Lecturas recomendadas	389
Ejercicios de autoevaluación.....	389
RESPUESTAS A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	391

8.3. RADIOISÓTOPOS

8.3.1. Laboratorios de radioisótopos

Los laboratorios de radioisótopos son recintos en los que se tratan, utilizan y almacenan sustancias radiactivas. Deben cumplir ciertas reglas y recomendaciones que deben ser consideradas para evitar los riesgos que implica el uso de los isótopos, sobre todo en relación a la salud de los operarios.

Como se ha indicado anteriormente, las cantidades más insignificantes de material radiactivo pueden ser causa de una contaminación y, por tanto, todas las operaciones con sustancias radiactivas como son el transporte, almacenamiento, dilución, filtración, etc, deben realizarse con el máximo cuidado y en instalaciones apropiadas.

En la Figura 8.4 se muestra el símbolo utilizado internacionalmente desde el año 2007 para indicar la presencia de radiación, que sustituye al empleado tradicionalmente.



Figura 8.4. Símbolo utilizado internacionalmente para indicar la presencia de radiación.

Todo laboratorio radiactivo debe estar acondicionado adecuadamente para que la estancia en el mismo no sea peligrosa a las personas expuestas a las radiaciones y a aquellas que ocasionalmente estén allí. Siempre que sea posible se instalarán los laboratorios a nivel de la calle, con la situación ideal de no tener otras dependencias por debajo o por encima suya; en caso

contrario se debe construir el suelo y el techo con materiales que no dejen pasar las radiaciones.

El mayor peligro de un laboratorio es la contaminación, que puede afectar tanto al organismo humano como a los resultados que se hayan obtenido en el curso de la experimentación con radioisótopos. Por ello, los materiales a utilizar en la construcción de un laboratorio radiactivo deben cumplir algunos requisitos, debiendo ser: no combustibles, no porosos, no iónicos, resistentes a la humedad, al calor y a la corrosión, y fáciles de descontaminar.

Las operaciones fundamentales que se realizan en los laboratorios de radioisótopos pueden resumirse en las siguientes: recepción y almacenamiento del material radiactivo, dilución y distribución de las sustancias activas, medidas y evacuación o almacenamiento de residuos.

En el laboratorio deben realizarse periódicamente diversos controles tanto de los instrumentos (contaminación), como del personal (con dosímetros fotográficos, electrométricos, monitor de pies y manos, dosímetro de termoluminiscencia) y del laboratorio (dosímetros de radiación, monitor de aire, dosímetros de contaminación).

Los laboratorios pueden clasificarse en dos tipos: laboratorios fríos y calientes, los cuales, a su vez, se dividen en tres clases, en función de las cantidades de actividad que se van a manejar o almacenar en ellos.

Los **laboratorios fríos** son aquellos en los que se trabaja con fuentes radiactivas encapsuladas, es decir, totalmente cerradas. La actividad de las fuentes empleadas será mínima para cada trabajo, y los radioisótopos no se someten a ninguna manipulación directa, es decir, no se efectúan con ellos operaciones de tipo químico.

Las fuentes encapsuladas se utilizan para usos médicos de teleterapia y terapéutica (bombas de cobalto), en gammagrafía industrial, en las medidas de espesor y de nivel, en la eliminación de electricidad estática, etc.

La manipulación de las fuentes encapsuladas se debe efectuar de modo que la dosis de radiación recibida por los operarios sea mínima; por ello se debe emplear un blindaje protector adecuado, llevarse a cabo en recintos de acceso prohibido durante la irradiación, y emplear brazos articulados o

brazos a distancia. El trabajo se planifica de forma que la duración de la exposición no sea peligrosa.

Mayor atención hay que prestar a los **laboratorios calientes**, de los que existen tres categorías, según la toxicidad y la concentración del isótopo que se manipulan en los mismos. En ellos el trabajo es permanente, manejándose fuentes no encapsuladas y efectuándose manipulaciones con productos radiactivos en estado líquido o gaseoso, por lo que el operario está expuesto a un continuo peligro.

8.3.2. Aplicaciones de los radioisótopos

Los isótopos radiactivos se utilizan en áreas muy variadas. En una gran cantidad de trabajos los isótopos son imprescindibles, y en multitud de procesos permiten alcanzar una precisión, a la vez que una economía, muy superior a la conseguida mediante métodos convencionales.

El uso de los isótopos está basado en la interacción de la radiación con la materia y de su comportamiento en ésta, pudiendo establecerse tres grupos bien diferenciados:

1. *La acción de la materia sobre las radiaciones.* Al penetrar las radiaciones en la materia, experimentan fenómenos de dispersión, absorción, reducción de energía, etc, y midiendo la radiación transmitida se pueden determinar las características del material con el que las radiaciones han interactuado.
2. *La acción de las radiaciones sobre la materia.* Las radiaciones originan en los materiales sobre los que inciden fenómenos como los de ionización, excitación, cambio molecular, destrucción de microorganismos, etc.
3. *Trazadores.* La utilización de los isótopos radiactivos como trazadores se basa en mezclarlos o incorporarlos a una determinada sustancia y seguir su comportamiento en ella detectando las radiaciones que emiten.