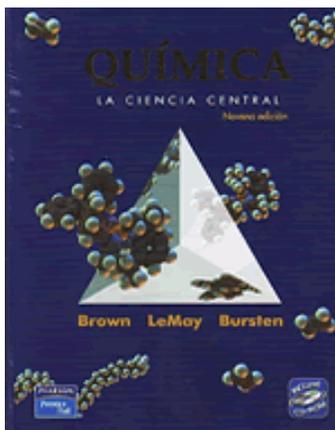


# QUÍMICA

## LA CIENCIA CENTRAL



### EJEMPLO: Ficha solicitud Colección Reserva

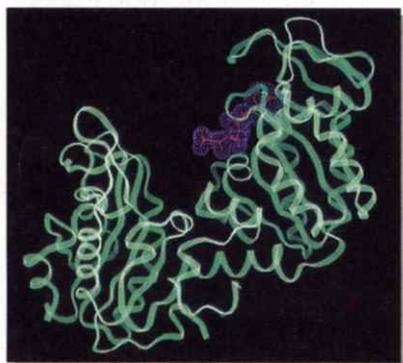
	<b>UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE</b> <b>SISTEMA DE BIBLIOTECAS</b>		
Clasificación:	<b>540</b>		
	<b>BRO</b>		
	<b>2004</b>		
Vol. y/o Copia:	<b>C. 1 (SEGÚN RESERVA)</b>		
Apellido Autor:	<b>Brown</b>		
Título:	<b>Química: la ciencia central</b>		
Sala:	<input type="checkbox"/>	Domicilio:	<input checked="" type="checkbox"/>
Nº Carnet (RUN):	12.345.678-9		
Nombre:	Jaime Troncoso Mella		
Fecha:	03 / 12 / 2009 (SEGÚN FECHA RETIRO LIBRO)		

**SE SOLICITA LLENAR LA FICHA  
CON TODOS LOS DATOS SOLICITADOS  
Y CON LETRA LEGIBLE O IMPRENTA**

Fichas disponibles para impresión en última hoja documento.

**DEVOLUCIÓN LIBRO DOMICILIO:** Hasta las 14:00 hrs, del día **HÁBIL** siguiente de solicitado.

# Resumen de contenido



Prefacio xxii

Guía del estudiante para usar este texto xxxii Acerca de los autores xxxvii

- 1 Introducción: materia y medición 1
- 2 Átomos, moléculas e iones 34
- 3 Estequiometría: cálculos con fórmulas y ecuaciones químicas 74
- 4 Reacciones acuosas y estequiometría de disoluciones 112
- 5 Termoquímica 152
- 6 Estructura electrónica de los átomos 198
- 7 Propiedades periódicas de los elementos 236
- 8 Conceptos básicos de los enlaces químicos 274
- 9 Geometría molecular y teorías de enlace 314
- 10 Gases 364
- 11 Fuerzas intermoleculares, líquidos y sólidos 406
- 12 Materiales modernos 450
- 13 Propiedades de las disoluciones 484
- 14 Cinética química 524
- 15 Equilibrio químico 574
- 16 Equilibrios ácido-base 612
- 17 Aspectos adicionales de los equilibrios acuosos 660
- 18 Química ambiental 702
- 19 Termodinámica química 734
- 20 Electroquímica 776
- 21 Química nuclear 830
- 22 Química de los no metales 866
- 23 Metales y metalurgia 918
- 24 Química de los compuestos de coordinación 948
- 25 Química de la vida: química orgánica y biológica 982

Apéndices

A Operaciones matemáticas 1034 B

Propiedades del agua 1040

C Magnitudes termodinámicas de una selección de sustancias a 298.15 K(25°C) 1041 D Constantes de equilibrio en

disoluciones acuosas 1044 E Potenciales estándar de

reducción a 25°C 1046 Respuestas a ejercicios seleccionados A-

1 Glosario G-1

Créditos de fotografías P-1 índice

I-1

# Contenido

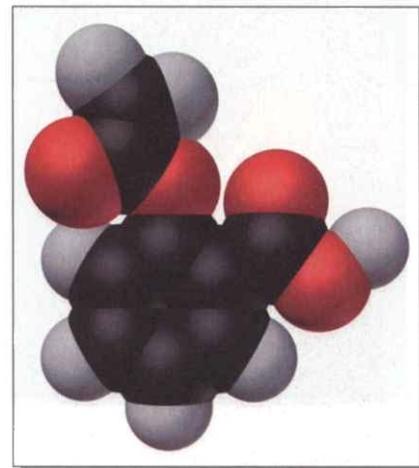
Prefacio xxii

Guía del estudiante para usar este libro xxxii Acerca  
de los autores xxxvii

## 1 Introducción: materia y medición 1

---

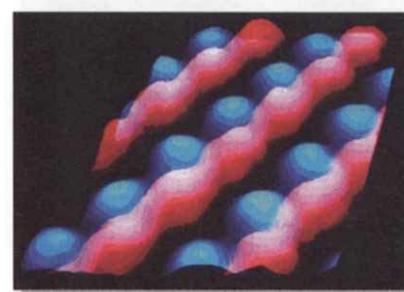
- 1.1 El estudio de la química 2  
La perspectiva molecular de la química 2 ¿Por qué estudiar química? 3
  - 1.2 Clasificaciones de la materia 5  
Estados de la materia 5 Sustancias puras 6 Elementos 6  
Compuestos 7 Mezclas 8
  - 1.3 Propiedades de la materia 9  
Cambios físicos y químicos 10 Separación de mezclas 11
  - 1.4 Unidades de medición 13  
Unidades SI 14 Longitud y masa 14 Temperatura 15 Unidades  
derivadas del SI 16 Volumen 16 Densidad 17
  - 1.5 Incertidumbre en las mediciones 20  
Precisión y exactitud 21 Cifras significativas 21 Cifras significativas en  
cálculos 22
  - 1.6 Análisis dimensional 24  
Uso de dos o más factores de conversión 26 Conversiones en que  
intervienen volúmenes 26  
*Resumen y términos clave 28 Ejercicios 29 Ejercicios con el CD-ROM 33*
- 
- La química en acción La química y la industria química 4
  - Una perspectiva más detallada El método científico 13
  - La química en acción La química en las noticias 18
  - Estrategias en química Cómo estimar las respuestas 25
  - Estrategias en química La importancia de la práctica 28



## 2 Átomos, moléculas y iones 34

---

- 2.1 La teoría atómica de la materia 36
- 2.2 El descubrimiento de la estructura atómica 37  
Rayos catódicos y electrones 37 Radiactividad 38 El átomo nuclear 39
- 2.3 La visión moderna de la estructura atómica 41  
Isótopos, números atómicos y números de masa 43
- 2.4 Pesos atómicos 44  
La escala de masa atómica 44 Masa atómica promedio 44
- 2.5 La tabla periódica 46
- 2.6 Moléculas y compuestos moleculares 49  
Moléculas y fórmulas químicas 49 Fórmulas moleculares y empíricas 50  
Representación de moléculas 51
- 2.7 Iones y compuestos iónicos 52  
Predicción de las cargas iónicas 53 Compuestos iónicos 54
- 2.8 Nombrando a los compuestos inorgánicos 56  
Nombres y fórmulas de compuestos iónicos 57 Nombres y fórmulas  
de ácidos 61 Nombres y fórmulas de compuestos moleculares binarios 62
- 2.9 Algunos compuestos orgánicos simples 62  
Alcanos 63 Algunos derivados de los alcanos 63  
*Resumen y términos clave 65 Ejercicios 66 Ejercicios con el CD-ROM 73*

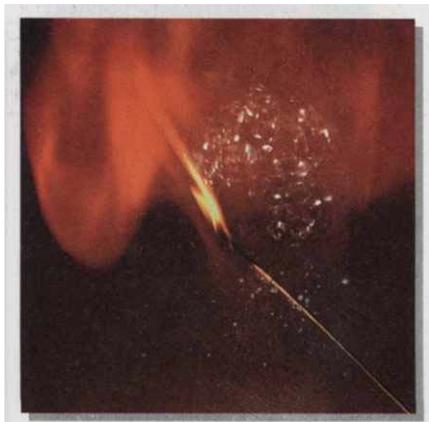


---

Una perspectiva más detallada	Fuerzas básicas	42
Una perspectiva más detallada	El espectrómetro de masas	45
Una perspectiva más detallada	Glenn Seaborg y la historia del seaborgio	49
Química y vida	Elementos necesarios para los organismos vivos	55
Estrategias en química	Reconocimiento de patrones	56

### 3 Estequiometría: cálculos con fórmulas y ecuaciones químicas 74

---



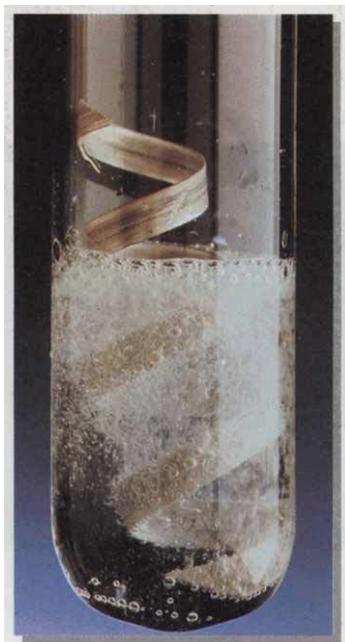
3.1	Ecuaciones químicas	76
3.2	Algunos patrones sencillos de reactividad química	80
	Reacciones de combinación y descomposición	80
	Combustión en aire	82
3.3	Pesos formularios	83
	Pesos formularios y moleculares	84
	Composición porcentual a partir de fórmulas	84
3.4	El mol	86
	Masa molar	87
	Interconversión de masas, moles y números de partículas	89
3.5	Fórmulas empíricas a partir de análisis	91
	Fórmula molecular a partir de la fórmula empírica	93
	Análisis por combustión	94
3.6	Información cuantitativa a partir de ecuaciones balanceadas	95
3.7	Reactivos limitantes	99
	Rendimientos teóricos	102
	<i>Resumen y términos clave</i>	103
	<i>Ejercicios</i>	104
	<i>Ejercicios con el CD-ROM</i>	111

---

Estrategias en química	Resolución de problemas	85
La química en acción	El CO <sub>2</sub> y el efecto invernadero	98

### 4 Reacciones acuosas y estequiometría de disoluciones 112

---



4.1	Propiedades generales de las disoluciones acuosas	114
	Propiedades electrolíticas	114
	Compuestos iónicos en agua	115
	Compuestos moleculares en agua	115
	Electrólitos fuertes y débiles	116
4.2	Reacciones de precipitación	117
	Reglas de solubilidad para compuestos iónicos	118
	Reacciones de intercambio (metátesis)	119
	Ecuaciones iónicas	120
4.3	Reacciones ácido-base	121
	Ácidos	121
	Bases	122
	Ácidos y bases fuertes y débiles	122
	Cómo identificar electrólitos fuertes y débiles	123
	Reacciones de neutralización y sales	124
	Reacciones ácido-base con formación de gases	126
4.4	Introducción a las reacciones de oxidación-reducción	128
	Oxidación y reducción	128
	Números de oxidación	128
	Oxidación de metales con ácidos y sales	130
	La serie de actividad	131
4.5	Concentraciones de disoluciones	134
	Molaridad	134
	Cómo expresar la concentración de un electrólito	135
	Interconversión de molaridad, moles y volumen	136
	Dilución	137
4.6	Estequiometría de disoluciones y análisis químico	139
	Titulaciones	140
	<i>Resumen y términos clave</i>	144
	<i>Ejercicios</i>	145
	<i>Ejercicios con el CD-ROM</i>	151

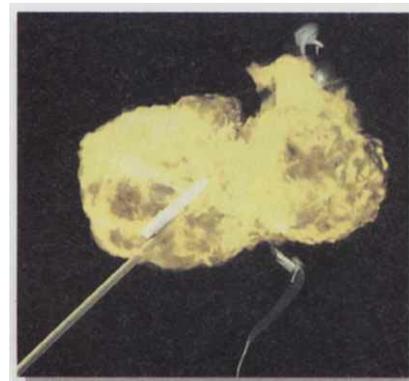
---

La química en acción	Antiácidos	127
Una perspectiva más detallada	El aura del oro	133
Estrategias en química	Análisis de reacciones químicas	134

## 5 Termoquímica 152

---

- 5.1 La naturaleza de la energía 154  
Energía cinética y potencial 154 Unidades de energía 155 Sistemas y entornos 155 Transferencia de energía: trabajo y calor 156
  - 5.2 Primera ley de la termodinámica 158  
Energía interna 158 Relación entre  $\Delta E$  y calor y trabajo 159 Procesos endotérmicos y exotérmicos 160 Funciones de estado 161
  - 5.3 Entalpía 163
  - 5.4 Entalpías de reacción 166
  - 5.5 Calorimetría 169  
Capacidad calorífica y calor específico 169 Calorimetría a presión constante 170 Bomba calorimétrica (calorimetría a volumen constante) 171
  - 5.6 Ley de Hess 174
  - 5.7 Entalpías de formación 176  
Empleo de entalpías de formación para calcular entalpías de reacción 178
  - 5.8 Alimentos y combustibles 180  
Alimentos 181 Combustibles 183 Otras fuentes de energía 184  
*Resumen y términos clave 187 Ejercicios 188 Ejercicios con el CD-ROM 196*
- 
- Una perspectiva más detallada Energía, entalpía y trabajo  $P$ - $V$  164  
Estrategias en química Empleo de la entalpía como guía 168  
Química y vida Regulación de la temperatura del cuerpo humano 173  
La química en acción El automóvil híbrido 185

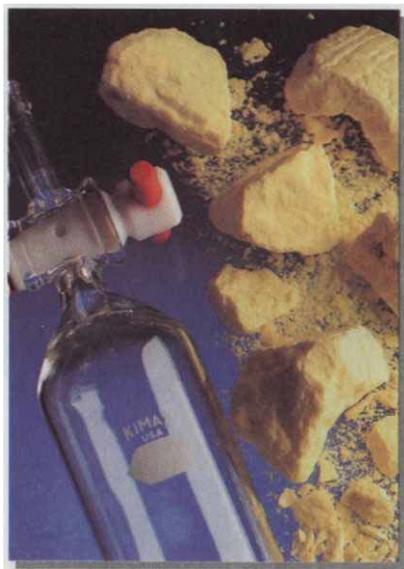


## 6 Estructura electrónica de los átomos 198

---

- 6.1 La naturaleza ondulatoria de la luz 200
  - 6.2 Energía cuantizada y fotones 202  
Objetos calientes y cuantización de la energía 202 El efecto fotoeléctrico y los fotones 203
  - 6.3 Espectros de líneas y modelo de Bohr 205  
Espectros de líneas 206 Modelo de Bohr 207 Los estados de energía del átomo de hidrógeno 208 Limitaciones del modelo de Bohr 209
  - 6.4 El comportamiento ondulatorio de la materia 210  
El principio de incertidumbre 211
  - 6.5 Mecánica cuántica y orbitales atómicos 212  
Orbitales y números cuánticos 213
  - 6.6 Representaciones de orbitales 215  
Los orbitales  $s$  215 Los orbitales  $p$  216 Los orbitales  $d$  y  $f$  217
  - 6.7 Átomos con muchos electrones 218  
Orbitales y sus energías 218 Espín del electrón y el principio de exclusión de Pauli 218
  - 6.8 Configuraciones electrónicas 220  
Regla de Hund 221 Configuraciones electrónicas abreviadas 223 Metales de transición 223 Los lantánidos y actínidos 224
  - 6.9 Configuraciones electrónicas y la tabla periódica 225  
Configuraciones electrónicas anómalas 228  
*Resumen y términos clave 229 Ejercicios 230 Ejercicios con el CD-ROM 235*
- 
- Una perspectiva más detallada Medición y el principio de incertidumbre 212  
Una perspectiva más detallada Pruebas experimentales del espín de los electrones 219  
Química y vida Espín nuclear e imágenes por resonancia magnética 220





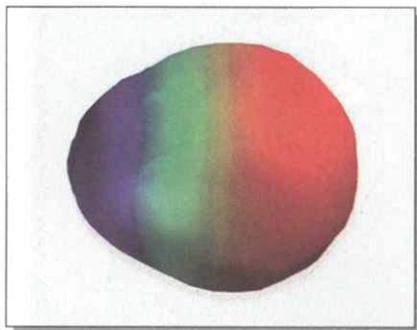
## 7 Propiedades periódicas de los elementos 236

- 7.1 Desarrollo de la tabla periódica 238
- 7.2 Carga nuclear efectiva 239
- 7.3 Tamaño de los átomos y de los iones 241  
Tendencias periódicas en los radios atómicos 243 Tendencias en los tamaños de los iones 243
- 7.4 Energía de ionización 246  
Variaciones en las energías sucesivas de ionización 246 Tendencias periódicas en las energías de ionización 247 Configuraciones electrónicas de iones 249
- 7.5 Afinidades electrónicas 250
- 7.6 Metales, no metales y metaloides 252  
Metales 253 No metales 255 Metaloides 256
- 7.7 Tendencias de grupo de los metales activos 256  
Grupo 1A: los metales alcalinos 256 Grupo 2A: los metales alcalino-térreos 260
- 7.8 Tendencias de grupo de no metales selectos 261  
Hidrógeno 261 Grupo 6A: el grupo del oxígeno 261 Grupo 7A: los halógenos 262 Grupo 8A: los gases nobles 263  
*Resumen y términos clave 265 Ejercicios 266 Ejercicios con el CD-ROM 272*

---

Química y vida El tamaño de los iones es importante 245 Química y vida El inusitado desarrollo de los fármacos de litio 259

## 8 Conceptos básicos de los enlaces químicos 274



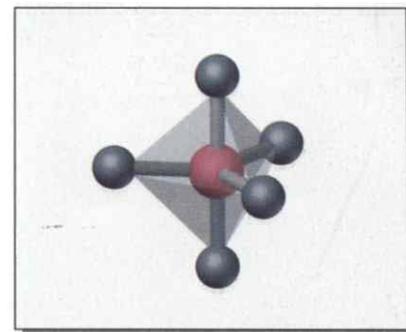
- 8.1 Enlaces químicos, símbolos de Lewis y la regla del octeto 276  
Símbolos de Lewis 276 La regla del octeto 276
- 8.2 Enlaces iónicos 277  
Aspectos energéticos de la formación de enlaces iónicos 278 Configuración electrónica de iones de los elementos representativos 280 Iones de metales de transición 281 Iones poliatómicos 282
- 8.3 Enlaces covalentes 282  
Estructuras de Lewis 283 Enlaces múltiples 284
- 8.4 Polaridad de los enlaces y electronegatividad 285  
Electronegatividad 285 Electronegatividad y polaridad de los enlaces 286 Momentos dipolares 287 Tipos de enlace y nomenclaturas 290
- 8.5 Cómo dibujar estructuras de Lewis 290  
Carga formal 292
- 8.6 Estructuras de resonancia 295  
Resonancia en el benceno 297
- 8.7 Excepciones a la regla del octeto 298  
Número impar de electrones 298 Menos de un octeto 298 Más de un octeto 299
- 8.8 Fuerza de los enlaces covalentes 300  
Entalpías de enlace y entalpías de reacción 302 Fuerza de los enlaces y longitud de los enlaces 305  
*Resumen y términos clave 306 Ejercicios 307 Ejercicios con el CD-ROM 313*

---

Una perspectiva más detallada Cálculo de energías de red: el ciclo Bom-Haber 280  
Una perspectiva más detallada Números de oxidación, cargas formales y cargas parciales reales 294  
La química en acción Los explosivos y Alfred Nobel 304

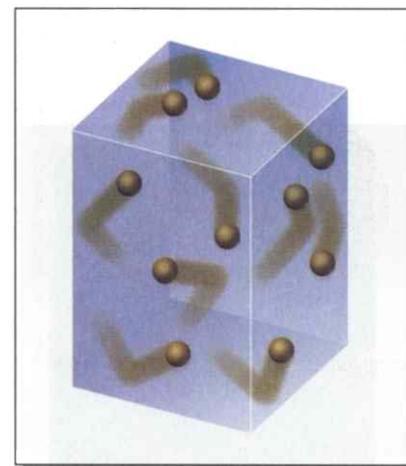
## 9 Geometría molecular y teorías de enlace 314

- 9.1 Formas moleculares 316
- 9.2 El modelo RPECV 318  
Efecto de los electrones no enlazantes y de los enlaces múltiples sobre los ángulos de enlace 323 Moléculas con capas de valencia expandidas 323  
Forma de moléculas más grandes 326
- 9.3 Forma y polaridad de las moléculas 328
- 9.4 Enlaces covalentes y traslape de orbitales 330
- 9.5 Orbitales híbridos 331  
Orbitales híbridos  $sp$  332 Orbitales híbridos  $sp^2$  y  $sp^3$  333 Hibridación de orbitales  $d$  334 Resumen 336
- 9.6 Enlaces múltiples 338  
Enlaces  $\pi$  deslocalizados 340 Conclusiones generales 343
- 9.7 Orbitales moleculares 343  
La molécula de hidrógeno 343 Orden de enlace 345
- 9.8 Moléculas diatómicas del segundo periodo 346  
Orbitales moleculares para  $Li_2$  y  $Be_2$  346 Orbitales moleculares de orbitales atómicos  $2p$  347 Configuraciones electrónicas desde  $B_2$  hasta  $Ne_2$  348 Configuraciones electrónicas y propiedades moleculares 350  
Moléculas diatómicas heteronucleares 352  
*Resumen y términos clave* 355 *Ejercicios* 356 *Ejercicios con el CD-ROM* 363
- 
- Química y vida La química de la visión 342  
La química en acción Colorantes orgánicos 353



## 10 Gases 364

- 10.1 Características de los gases 366
- 10.2 Presión 367  
Presión atmosférica y el barómetro 367
- 10.3 Las leyes de los gases 370  
La relación presión-volumen: ley de Boyle 371  
La relación temperatura-volumen: ley de Charles 372  
La relación cantidad-volumen: ley de Avogadro 373
- 10.4 La ecuación del gas ideal 375  
Relación entre la ecuación del gas ideal y las leyes de los gases 377
- 10.5 Otras aplicaciones de la ecuación del gas ideal 379  
Densidades de los gases y masa molar 379 Volúmenes de gases en reacciones químicas 381
- 10.6 Mezclas de gases y presiones parciales 383  
Presiones parciales y fracciones molares 384 Obtención de gases sobre agua 385
- 10.7 Teoría cinética-molecular 386  
Aplicación a las leyes de los gases 388
- 10.8 Efusión y difusión moleculares 389  
Ley de efusión de Graham 390 Difusión y trayectoria libre media 392
- 10.9 Gases reales: desviaciones respecto al comportamiento ideal 393  
La ecuación de van der Waals 394  
*Resumen y términos clave* 397 *Ejercicios* 398 *Ejercicios con el CD-ROM* 405
- 
- Química y vida Presión arterial 370  
Estrategias en química Cálculos en los que intervienen muchas variables 377  
La química en acción Tuberías de gas 382  
Una perspectiva más detallada La ecuación del gas ideal 389  
La química en acción Separaciones de gases 392

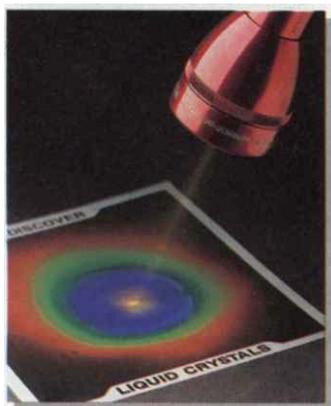




## 11 Fuerzas intermoleculares, líquidos y sólidos 406

- 11.1 Comparación molecular de líquidos y sólidos 408
  - 11.2 Fuerzas intermoleculares 409
    - Fuerzas ion-dipolo 410 Fuerzas dipolo-dipolo 410 Fuerzas de dispersión de London 411 Puentes de hidrógeno 413 Comparación de fuerzas intermoleculares 416
  - 11.3 Algunas propiedades de los líquidos 418
    - Viscosidad 418 Tensión superficial 418
  - 11.4 Cambios de fase 419
    - Cambios de energía que acompañan a los cambios de fase 420 Curvas de calentamiento 421 Temperatura y presión críticas 423
  - 11.5 Presión de vapor 425
    - Explicación de la presión de vapor en el nivel molecular 425 Volatilidad, presión de vapor y temperatura 426 Presión de vapor y punto de ebullición 426
  - 11.6 Diagramas de fases 427
    - Los diagramas de fases de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> 429
  - 11.7 Estructuras de sólidos 430
    - Celdas unitarias 430 La estructura cristalina del cloruro de sodio 432 Empaquetamiento compacto de esferas 434
  - 11.8 Enlaces en los sólidos 435
    - Sólidos moleculares 437 Sólidos de red covalente 437 Sólidos iónicos 438 Sólidos metálicos 440
- Resumen y términos clave 441 Ejercicios 442 Ejercicios con el CD-ROM 449*
- Una perspectiva más detallada Tendencias en los puentes de hidrógeno 416
  - La química en acción Extracción con fluidos supercríticos 424
  - Una perspectiva más detallada La ecuación de Clausius-Clapeyron 427
  - Una perspectiva más detallada Difracción de rayos X por cristales 436
  - Una perspectiva más detallada Buckybola 439

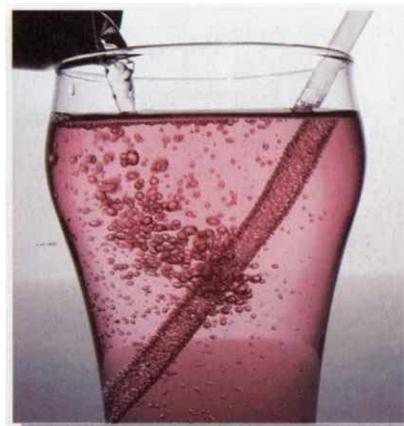
## 12 Materiales modernos 450



- 12.1 Cristales líquidos 452
    - Tipos de fases líquido-cristalinas 452
  - 12.2 Polímeros 456
    - Polimerización por adición 456 Polimerización por condensación 457
    - Tipos de polímeros 458 Estructuras y propiedades físicas de los polímeros 459
    - Enlaces cruzados en los polímeros 460
  - 12.3 Biomateriales 463
    - Características de los biomateriales 464 Biomateriales poliméricos 464
    - Ejemplos de aplicaciones de biomateriales 465
  - 12.4 Materiales cerámicos 467
    - Procesamiento de materiales cerámicos 468 Materiales cerámicos compuestos 469 Aplicaciones de los materiales cerámicos 470
  - 12.5 Superconductividad 470
    - Óxidos cerámicos superconductores 471 Nuevos superconductores 472
  - 12.6 Películas delgadas 473
    - Usos de las películas delgadas 474 Formación de películas delgadas 474
- Resumen y términos clave 476 Ejercicios 477 Ejercicios con el CD-ROM 483*
- La química en acción Pantallas de cristal líquido 455
  - La química en acción Reciclaje de plásticos 458
  - La química en acción Hacia el automóvil de plástico 462
  - La química en acción Alcance de las torres para telefonía celular 473
  - La química en acción Recubrimientos de diamante 476

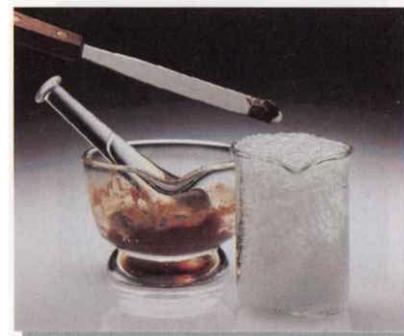
## 13 Propiedades de las disoluciones 484

- 13.1 El proceso de disolución 486  
Cambios de energía y formación de disoluciones 487 Formación de disoluciones, espontaneidad y desorden 489 Formación de disoluciones y reacciones químicas 490
- 13.2 Disoluciones saturadas y solubilidad 491
- 13.3 Factores que afectan la solubilidad 492  
Interacciones soluto-disolvente 492 Efectos de presión 495 Efectos de la temperatura 497
- 13.4 Formas de expresar la concentración 497  
Porcentaje en masa, ppm y ppb 498 Fracción molar, molaridad y molalidad 499 Conversión de unidades de concentración 500
- 13.5 Propiedades coligativas 502  
Abatimiento de la presión de vapor 502 Elevación del punto de ebullición 504 Abatimiento del punto de congelación 506 Osmosis 507 Determinación de la masa molar 509
- 13.6 Coloides 511  
Coloides hidrofílicos e hidrofóbicos 513 Eliminación de partículas coloidales 514  
*Resumen y términos clave 517 Ejercicios 518 Ejercicios con el CD-ROM 523*
- 
- Una perspectiva más detallada Hidratos 490  
Química y vida Vitaminas solubles en grasas y en agua 494  
Química y vida Gases de la sangre y buceo profundo 496  
Una perspectiva más detallada Soluciones ideales con dos o más componentes volátiles 503  
Una perspectiva más detallada Propiedades coligativas de las disoluciones de electrolitos 511  
Química y vida Anemia drepanocítica 515

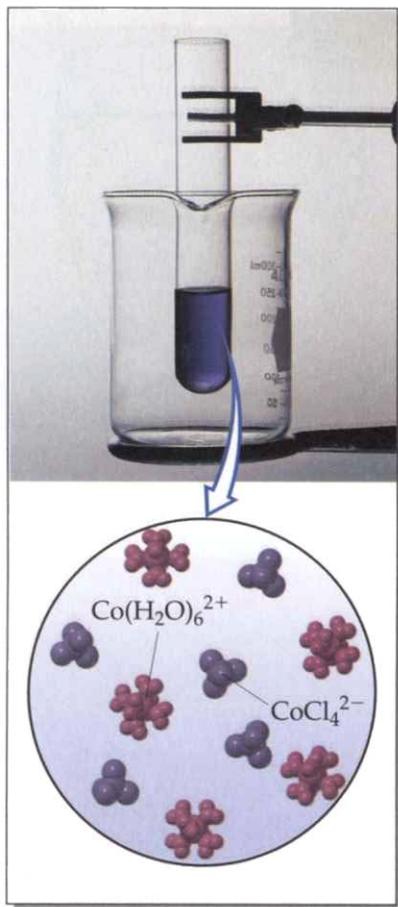


## 14 Cinética química 524

- 14.1 Factores que influyen en las velocidades de reacción 526
- 14.2 Velocidades de reacción 527  
Cambio de la velocidad con el tiempo 528 Velocidades de reacción y estequiometría 530
- 14.3 Concentración y velocidad 532  
Exponentes de la ecuación de velocidad 533 Unidades de las constantes de velocidad 535 Uso de las velocidades iniciales para determinar el orden de reacción en las ecuaciones de velocidad 535
- 14.4 Cambio de la concentración con el tiempo 537  
Reacciones de primer orden 537 Reacciones de segundo orden 539  
Vida media 541
- 14.5 Temperatura y velocidad 543  
Modelo de colisiones 543 Factor de orientación 544 Energía de activación 544  
Ecuación de Arrhenius 546 Cómo determinar la energía de activación 547
- 14.6 Mecanismos de reacción 549  
Pasos elementales 549 Mecanismos de pasos múltiples 549 Ecuaciones de velocidad para pasos elementales 551 Ecuaciones de velocidad de mecanismos de pasos o etapas múltiples 552 Mecanismos con un paso inicial rápido 553
- 14.7 Catálisis 555  
Catálisis homogénea 556 Catálisis heterogénea 557 Enzimas 559  
*Resumen y términos clave 563 Ejercicios 564 Ejercicios con el CD-ROM 573*
- 
- Una perspectiva más detallada Uso de métodos espectroscópicos para medir velocidades de reacción 532 La química en acción Bromuro de metilo en la atmósfera 542 La química en acción Convertidores catalíticos 559  
Química y vida Fijación de nitrógeno y nitrogenasa 561



## 15 Equilibrio químico 574



- 15.1 Concepto de equilibrio 577
- 15.2 Constante de equilibrio 578  
Magnitud de las constantes de equilibrio 582 Sentido de la ecuación química y  $K_{eq}$  583 Otras formas de manipular ecuaciones químicas y valores de  $K_{eq}$  584 Unidades de las constantes de equilibrio 586
- 15.3 Equilibrios heterogéneos 586
- 15.4 Cálculo de constantes de equilibrio 588
- 15.5 Aplicaciones de las constantes de equilibrio 590  
Predicción del sentido de la reacción 591 Cálculo de concentraciones en el equilibrio 592
- 15.6 Principio de Le Châtelier 594  
Cambios de concentración de reactivos o productos 594 Efectos de los cambios de volumen y presión 596 Efecto de los cambios de temperatura 598 Efecto de los catalizadores 601  
*Resumen y términos clave 604 Ejercicios 604 Ejercicios con el CD-ROM 611*

La química en acción El proceso Haber 579

La química en acción Control de las emisiones de óxido nítrico 603

## 16 Equilibrios ácido-base 612

- 16.1 Ácidos y bases: un breve repaso 614
- 16.2 Ácidos y bases de Bronsted-Lowry 614  
El ion  $H^+$  en agua 614 Reacciones de transferencia de protones 615 Pares conjugados ácido-base 616 Fuerza relativa de ácidos y bases 618
- 16.3 Autodisociación del agua 620  
Producto iónico del agua 620
- 16.4 La escala de pH 621  
Otras escalas "p" 624 Medición del pH 624
- 16.5 Ácidos y bases fuertes 625  
Ácidos fuertes 625 Bases fuertes 626
- 16.6 Ácidos débiles 627  
Cálculo de  $K_a$  a partir del pH 629 Cálculo del pH con base en  $K_a$  630 Ácidos polipróticos 634
- 16.7 Bases débiles 636  
Tipos de bases débiles 637
- 16.8 Relación entre  $K_a$  y  $K_b$  639
- 16.9 Propiedades ácido-base de las disoluciones de sales 641  
Capacidad de un anión para reaccionar con agua 641 Capacidad de un catión para reaccionar con agua 642 Efecto combinado del catión y el anión en disolución 642
- 16.10 Comportamiento ácido-base y estructura química 644  
Factores que influyen en la fuerza de los ácidos 644 Ácidos binarios 645 Oxiácidos 645 Ácidos carboxílicos 647
- 16.11 Ácidos y bases de Lewis 648  
Iones metálicos 650  
*Resumen y términos clave 652 Ejercicios 653 Ejercicios con el CD-ROM 659*

La química en acción Aminas y clorhidratos de amina 640 Química y vida Comportamiento anfótero de los aminoácidos 649



## 17 Aspectos adicionales de los equilibrios acuosos 660

- 17.1 Efecto del ion común 662
- 17.2 Disoluciones amortiguadoras 664  
Acción y composición de las disoluciones amortiguadoras 664 Capacidad amortiguadora y pH 666 Adición de ácidos o bases fuertes a disoluciones amortiguadoras 668
- 17.3 Titulaciones ácido-base 671  
Titulaciones de ácido fuerte con base fuerte 671 Titulaciones de ácido débil con base fuerte 673 Titulaciones de ácidos polipróticos 677
- 17.4 Equilibrios de solubilidad 678  
Constante del producto de solubilidad,  $K_{ps}$  678 Solubilidad y  $K_{ps}$  679
- 17.5 Factores que afectan a la solubilidad 681  
Efecto del ion común 681 Solubilidad y pH 683 Formación de iones complejos 686 Anfoterismo 689
- 17.6 Precipitación y separación de iones 690  
Precipitación selectiva de iones 691
- 17.7 Análisis cualitativo de elementos metálicos 692  
*Resumen y términos clave 696 Ejercicios 697 Ejercicios con el CD-ROM 701*

---

Química y vida La sangre como disolución amortiguadora 669  
Una perspectiva más detallada Limitaciones de los productos de solubilidad 682  
Química y vida Hundimientos 684  
Química y vida Caries dental y fluoruración 688

## 18 Química ambiental 702

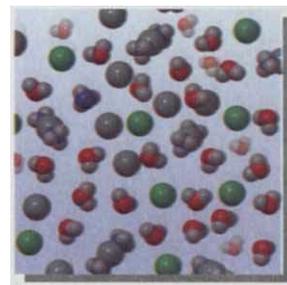
- 18.1 La atmósfera de la Tierra 704  
Composición de la atmósfera 705
- 18.2 Las regiones exteriores de la atmósfera 706  
Fotodisociación 706 Fotoionización 707
- 18.3 El ozono de la atmósfera superior 708  
Reducción de la capa de ozono 710
- 18.4 Química de la troposfera 711  
Compuestos de azufre y lluvia ácida 712 Monóxido de carbono 713  
Óxidos de nitrógeno y smog fotoquímico 715 Vapor de agua, dióxido de carbono y clima 716
- 18.5 El océano terrestre 718  
Agua de mar 718 Desalinización 719
- 18.6 Aguadulce 720  
Oxígeno disuelto y calidad del agua 721 Tratamiento de abastos municipales de agua 722
- 18.7 Química verde 723  
Disolventes y reactivos 724 Otros procesos 725 Purificación del agua 726  
*Resumen y términos clave 728 Ejercicios 729 Ejercicios con el CD-ROM 733*

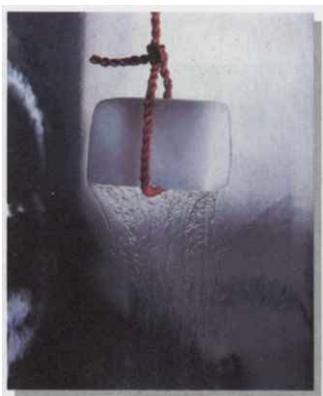
---

Una perspectiva más detallada El metano como gas de invernadero 717  
Una perspectiva más detallada Ablandamiento de agua 723

## 19 Termodinámica química 734

- 19.1 Procesos espontáneos 736 Procesos reversibles e irreversibles 737
- 19.2 Entropía y segunda ley de la termodinámica 740  
Expansión espontánea de un gas 740 Entropía 742 Relación de la entropía con la transferencia de calor y la temperatura 744 Segunda ley de la termodinámica 745





- 19.3 Interpretación molecular de la entropía 748
- 19.4 Cambios de entropía en las reacciones químicas 753  
Cambios de entropía del entorno 754
- 19.5 Energía libre de Gibbs 755  
Cambios de energía libre estándar 756
- 19.6 Energía libre y temperatura 759
- 19.7 Energía libre y constante de equilibrio 761  
*Resumen y términos clave 767 Ejercicios 768 Ejercicios con el CD-ROM 775*

---

Una perspectiva más detallada Reversibilidad y trabajo 738  
 Una perspectiva más detallada Cambio de entropía de la expansión 745  
 Química y vida Entropía y vida 747  
 Una perspectiva más detallada Entropía, desorden y Ludwig Boltzmann 750  
 Una perspectiva más detallada ¿Qué tiene de "libre" la energía libre? 757  
 Química y vida Cómo impulsar las reacciones no espontáneas 765

## 20 Electroquímica 776

- 20.1 Reacciones de oxidación-reducción 778
- 20.2 Balanceo de ecuaciones de oxidación-reducción 779  
Medias reacciones 780 Balanceo de ecuaciones por el método de medias reacciones 780 Balanceo de ecuaciones de reacciones que se llevan a cabo en disolución básica 783
- 20.3 Celdas voltaicas 784  
Punto de vista molecular de los procesos de electrodo 787
- 20.4 FEM de celda 788  
Potenciales estándar de reducción (de media celda) 789 Agentes oxidantes y reductores 794
- 20.5 Espontaneidad de las reacciones redox 796  
FEM y cambio de energía libre 797
- 20.6 Efecto de la concentración en la FEM de celda 798  
Ecuación de Nernst 799 Celdas de concentración 801 FEM de celda y equilibrio químico 803
- 20.7 Baterías 805  
Batería de plomo y ácido 806 Batería alcalina 807 Baterías de níquel y cadmio, níquel e hidruro metálico y ion litio 807 Celdas de combustible 808
- 20.8 Corrosión 809  
Corrosión del hierro 809 Cómo prevenir la corrosión del hierro 810
- 20.9 Electrólisis 812  
Electrólisis de disoluciones acuosas 813 Electrólisis con electrodos activos 815 Aspectos cuantitativos de la electrólisis 816 Trabajo eléctrico 817  
*Resumen y términos clave 820 Ejercicios 821 Ejercicios con el CD-ROM 829*

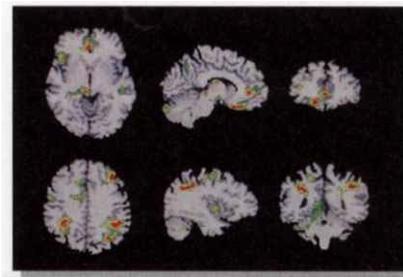


Química y vida Latidos cardiacos y electrocardiografía 804

## 21 Química nuclear 830

- 21.1 Radiactividad 832  
Ecuaciones nucleares 832 Tipos de desintegración radiactiva 833
- 21.2 Patrones de estabilidad nuclear 835  
Relación de neutrones a protones 835 Series radiactivas 837 Observaciones adicionales 837
- 21.3 Transmutaciones nucleares 838  
Uso de partículas con carga 839 Uso de neutrones 839 Elementos transuránicos 839

- 21.4 Velocidades de desintegración radiactiva 840  
Fechado 841 Cálculos con base en la vida media 842
- 21.5 Detección de la radiactividad 844  
Radiotrazadores 845
- 21.6 Cambios de energía en las reacciones nucleares 846  
Energías nucleares de enlace 847
- 21.7 Fisión nuclear 850  
Reactores nucleares 851
- 21.8 Fusión nuclear 854
- 21.9 Efectos biológicos de la radiación 855  
Dosis de radiación 856 Radón 856  
*Resumen y términos clave 859 Ejercicios 860 Ejercicios con el CD-ROM 865*




---

Química y vida Aplicaciones médicas de los radiotrazadores 848  
Una perspectiva más detallada La aurora de la era atómica 852  
Química y vida Radioterapia 857

## 22 Química de los no metales 866

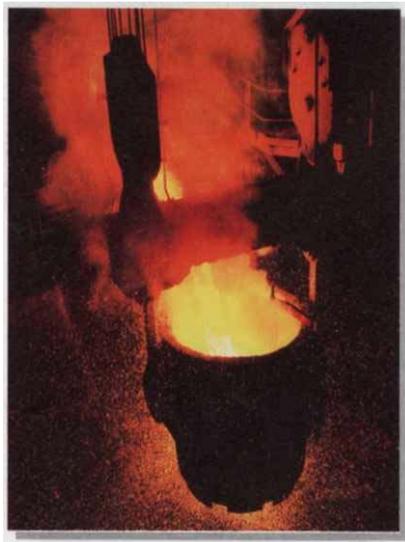
- 22.1 Conceptos generales: tendencias periódicas y reacciones químicas 868  
Reacciones químicas 869
- 22.2 Hidrógeno 871  
Isótopos de hidrógeno 871 Propiedades del hidrógeno 872 Preparación de hidrógeno 872 Usos del hidrógeno 873 Compuestos binarios de hidrógeno 873
- 22.3 Grupo 8A: los gases nobles 875  
Compuestos de los gases nobles 875
- 22.4 Grupo 7A: los halógenos 876  
Propiedades y preparación de los halógenos 877 Usos de los halógenos 878  
Halógenuros de hidrógeno 879 Interhalógenos 880 Oxiácidos y oxianiones 880
- 22.5 Oxígeno 881  
Propiedades del oxígeno 881 Preparación de oxígeno 882 Usos del oxígeno 882 Ozono 882 Óxidos 884 Peróxidos y superóxidos 885
- 22.6 Los otros elementos del grupo 6A: S, Se, Te y Po 886  
Características generales de los elementos del grupo 6A 886 Presencia en la naturaleza y preparación de S, Se y Te 887 Propiedades y usos del azufre, selenio y telurio 887 Sulfuras 888 Óxidos, oxiácidos y oxianiones de azufre 889
- 22.7 Nitrógeno 890  
Propiedades del nitrógeno 890 Preparación y usos del nitrógeno 891  
Compuestos hidrogenados de nitrógeno 892 Óxidos y oxiácidos de nitrógeno 893
- 22.8 Los otros elementos del grupo 5A: P, As, Sb y Bi 895  
Características generales de los elementos del grupo 5A 895 Presencia en la naturaleza, obtención y propiedades del fósforo 896 Halógenuros de fósforo 896 Oxicompuestos de fósforo 897
- 22.9 Carbono 900  
Formas elementales de carbono 900 Óxidos de carbono 901 Ácido carbónico y carbonatos 903 Carburos 904 Otros compuestos inorgánicos de carbono 905
- 22.10 Los otros elementos del grupo 4A: Si, Ge, Sn y Pb 905  
Características generales de los elementos del grupo 4A 905 Presencia en la naturaleza y preparación del silicio 906 Silicatos 906 Vidrio 908 Silicones 909
- 22.11 Boro 909  
*Resumen y términos clave 911 Ejercicios 913 Ejercicios con el CD-ROM 917*



- 
- Química y vida Nitritos en los alimentos 894  
 Química y vida Arsénico en el agua potable 900  
 La química en acción Fibras de carbono y materiales compuestos 902

## 23 Metales y metalurgia 918

---



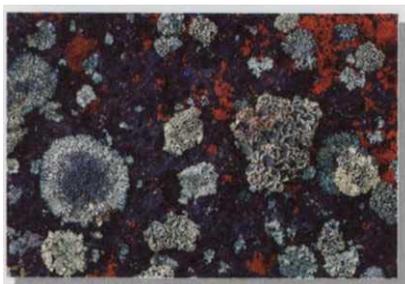
- 23.1 Presencia de los metales y su distribución en la naturaleza 920  
 Minerales 920 Metalurgia 921
- 23.2 Pirometalurgia 922  
 Pirometalurgia del hierro 923 Formación del acero 924
- 23.3 Hidrometalurgia 925  
 Hidrometalurgia del aluminio 925
- 23.4 Electrometalurgia 926  
 Electrometalurgia del sodio 926 Electrometalurgia del aluminio 927  
 Electrorrefinación del cobre 928
- 23.5 El enlace metálico 930  
 Propiedades físicas de los metales 930 Modelo de mar de electrones del  
 enlace metálico 930 Modelo de orbitales moleculares para los metales 931
- 23.6 Aleaciones 933 Compuestos  
 intermetálicos 935
- 23.7 Metales de transición 936  
 Propiedades físicas 936 Configuraciones electrónicas y estados de  
 oxidación 937 Magnetismo 939
- 23.8 Química de algunos metales de transición 940  
 Cromo 940 Hierro 940 Cobre 941
- Resumen y términos clave 943 Ejercicios 944 Ejercicios con el CD-ROM 947*

- 
- Una perspectiva más detallada Charles M. Hall 928  
 Una perspectiva más detallada Aislantes y semiconductores 932  
 Una perspectiva más detallada Aleaciones con memoria de forma 935

## 24 Química de los compuestos de coordinación 948

---

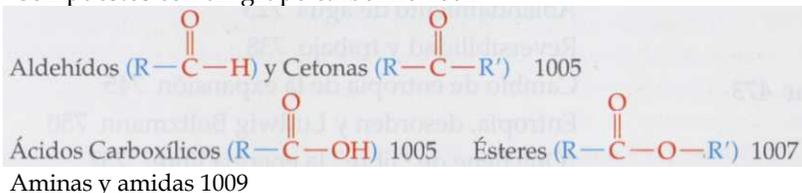
- 24.1 Complejos metálicos 950  
 El desarrollo de la química de coordinación: teoría de Werner 950  
 Enlace metal-ligando 952 Cargas, números de coordinación  
 y geometrías 952
- 24.2 Ligandos con más de un átomo donador 954  
 Metales y quelatos en los sistemas vivos 956
- 24.3 Nomenclatura de la química de coordinación 960
- 24.4 Isomería 961  
 Isomería estructural 962 Estereoisomería 962
- 24.5 Color y magnetismo 966  
 Color 966 Magnetismo 968
- 24.6 Teoría del campo cristalino 968  
 Configuraciones electrónicas en complejos octaédricos 971 Complejos  
 tetraédricos y cuadrados planos 972
- Resumen y términos clave 975 Ejercicios 976 Ejercicios con el CD-ROM 981*



- 
- Una perspectiva más detallada Entropía y el efecto del quelato 956  
 Química y vida La batalla por el hierro en los sistemas vivos 959  
 Una perspectiva más detallada Color por transferencia de carga 974

## 25 Química de la vida: química orgánica y biológica 982

- 25.1 Algunas características generales de las moléculas orgánicas 984  
Estructura de las moléculas orgánicas 984 Estabilidad de las sustancias orgánicas 984 Estabilidad y propiedades ácido-base de las sustancias orgánicas 985
- 25.2 Introducción a los hidrocarburos 986
- 25.3 Alcanos 987  
Estructura de los alcanos 988 Isómeros estructurales 988 Nomenclatura de alcanos 989 Cicloalcanos 992 Reacciones de los alcanos 994
- 25.4 Hidrocarburos insaturados 994  
Alquenos 994 Alquinos 996 Reacciones de adición de alquenos y alquinos 997 Mecanismo de las reacciones de adición 998 Hidrocarburos aromáticos 1000
- 25.8 Grupos funcionales: alcoholes y éteres 1001  
Alcoholes ( $R-OH$ ) 1003 Éteres ( $R-O-R'$ ) 1004
- 25.9 Compuestos con un grupo carbonilo 1004



- 25.5 Quiralidad en química orgánica 1009
- 25.6 Introducción a la bioquímica 1011
- 25.7 Proteínas 1012  
Aminoácidos 1012 Polipéptidos y proteínas 1013 Estructura de las proteínas 1015
- 25.10 Carbohidratos 1017  
Disacáridos 1018 Polisacáridos 1019
- 25.11 Ácidos nucleicos 1020  
*Resumen y términos clave 1025 Ejercicios 1026 Ejercicios con el CD-ROM 1033*

La química en acción Gasolina 992  
La química en acción Descubrimiento accidental del Teflón<sup>MR</sup> 998  
Una perspectiva más detallada Estabilización aromática 1001  
Química y vida Orígenes de la quiralidad en los sistemas vivos 1016  
Estrategias en química ¿Qué sigue ahora? 1025

## Apéndices

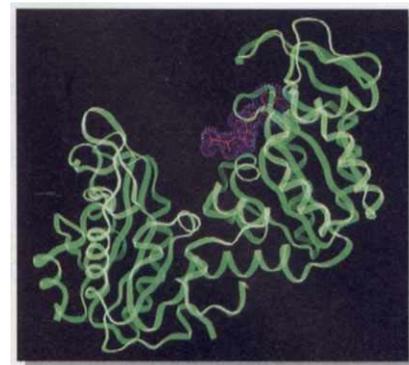
- A Operaciones matemáticas 1034
- B Propiedades del agua 1040
- C Magnitudes termodinámicas de una selección de sustancias a 298.15 K(25°C) 1041
- D Constantes de equilibrio en disoluciones acuosas 1044
- E Potenciales estándar de reducción a 25° C 1046

Respuestas a los ejercicios seleccionados A-1

Glosario G-1

Créditos de fotografías P-1

Índice I-1



# Aplicaciones químicas y ensayos



## La química en acción

La química y la industria química 4  
La química en las noticias 18  
El CO<sub>2</sub> y el efecto invernadero 98  
Antiácidos 127  
El automóvil híbrido 185  
Los explosivos y Alfred Nobel 304  
Colorantes orgánicos 353  
Tuberías de gas 382  
Separaciones de gases 392  
Extracción con fluidos supercríticos 424  
Pantallas de cristal líquido 455  
Reciclaje de plásticos 458  
Hacia el automóvil de plástico 462  
Alcance de las torres para telefonía celular 473  
Recubrimientos de diamante 476  
Bromuro de metilo en la atmósfera 542  
Convertidores catalíticos 559  
El proceso Haber 579  
Control de las emisiones de óxido nítrico 603 Aminas  
y clorhidratos de amina 640 Fibras de carbono y  
materiales compuestos 902 Gasolina 992  
Descubrimiento accidental del Teflón<sup>MR</sup> 998

La ecuación de Clausius-Clapeyron 427  
Difracción de rayos X por cristales 436  
Buckybola 439 Hidratos 490  
Soluciones ideales con dos o más componentes  
volátiles 503  
Propiedades coligativas de las disoluciones  
de electrólitos 511  
Uso de métodos espectroscópicos para medir  
velocidades de reacción 532  
Limitaciones de los productos de solubilidad 682  
El metano como gas de invernadero 717  
Ablandamiento de agua 723  
Reversibilidad y trabajo 738  
Cambio de entropía de la expansión 745  
Entropía, desorden y Ludwig Boltzmann 750  
¿Qué tiene de "libre" la energía libre? 757  
La aurora de la era atómica 852  
Charles M. Hall 928  
Aislantes y semiconductores 932  
Aleaciones con memoria de forma 935  
Entropía y el efecto del quelato 956  
Color por transferencia de carga 974  
Estabilización aromática 1001



## Una perspectiva más detallada

El método científico 13  
Fuerzas básicas 42  
El espectrómetro de masas 45  
Glenn Seaborg y la historia del seaborgio 49  
El aura del oro 133  
Energía, entalpia y trabajo *P-V* 164  
Medición y el principio de incertidumbre 212  
Pruebas experimentales del espín de los electrones 219  
Cálculo de energías de red: el ciclo Born-Haber 280  
Números de oxidación, cargas formales y cargas  
parciales reales 294  
La ecuación del gas ideal 389  
Tendencias en los puentes de hidrógeno 416



## Química y vida

Elementos necesarios para los organismos vivos 55  
Regulación de la temperatura del cuerpo humano 173  
Espín nuclear e imágenes por resonancia magnética 220  
El tamaño de los iones es importante 245  
El inusitado desarrollo de los fármacos de litio 259  
La química de la visión 342  
Presión arterial 370  
Vitaminas solubles en grasas y en agua 494  
Gases de la sangre y buceo profundo 496  
Anemia drepanocítica 515  
Fijación de nitrógeno y nitrogenasa 561  
Comportamiento anfótero de los aminoácidos 649  
La sangre como disolución amortiguadora 669

Hundimientos 684  
Caries dental y fluoruración 688  
Entropía y vida 747  
Cómo impulsar las reacciones no espontáneas 765  
Latidos cardiacos y electrocardiografía 804  
Aplicaciones médicas de los radiotrazadores 848  
Radioterapia 857  
Nitritos en los alimentos 894  
Arsénico en el agua potable 900  
La batalla por el hierro en los sistemas vivos 959  
Orígenes de la quiralidad en los sistemas vivos 1016



### **Estrategias en química**

Cómo estimar las respuestas 25  
La importancia de la práctica 28  
Reconocimiento de patrones 56  
Resolución de problemas 85  
Análisis de reacciones químicas 134  
Empleo de la entalpia como guía 168  
Cálculos en los que intervienen muchas variables 377  
¿Qué sigue ahora? 1025



**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**SISTEMA DE BIBLIOTECAS**

Clasificación:   
  
  
 Vol. y/o Copia:   
 Apellido Autor: \_\_\_\_\_  
 Título: \_\_\_\_\_  
 Sala:  Domicilio:   
 N° Carnet (RUN): \_\_\_\_\_  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

**SE SOLICITA LLENAR LA FICHA  
CON TODOS LOS DATOS SOLICITADOS  
Y CON LETRA LEGIBLE O IMPRENTA**



**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**SISTEMA DE BIBLIOTECAS**

Clasificación:   
  
  
 Vol. y/o Copia:   
 Apellido Autor: \_\_\_\_\_  
 Título: \_\_\_\_\_  
 Sala:  Domicilio:   
 N° Carnet (RUN): \_\_\_\_\_  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

**SE SOLICITA LLENAR LA FICHA  
CON TODOS LOS DATOS SOLICITADOS  
Y CON LETRA LEGIBLE O IMPRENTA**



**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**SISTEMA DE BIBLIOTECAS**

Clasificación:   
  
  
 Vol. y/o Copia:   
 Apellido Autor: \_\_\_\_\_  
 Título: \_\_\_\_\_  
 Sala:  Domicilio:   
 N° Carnet (RUN): \_\_\_\_\_  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

**SE SOLICITA LLENAR LA FICHA  
CON TODOS LOS DATOS SOLICITADOS  
Y CON LETRA LEGIBLE O IMPRENTA**



**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**SISTEMA DE BIBLIOTECAS**

Clasificación:   
  
  
 Vol. y/o Copia:   
 Apellido Autor: \_\_\_\_\_  
 Título: \_\_\_\_\_  
 Sala:  Domicilio:   
 N° Carnet (RUN): \_\_\_\_\_  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

**SE SOLICITA LLENAR LA FICHA  
CON TODOS LOS DATOS SOLICITADOS  
Y CON LETRA LEGIBLE O IMPRENTA**