

# QUÍMICA GENERAL

TERCERA EDICIÓN  
(Segunda edición en español)

**Kenneth W. Whitten**

Universidad de Georgia, Athenas, U.S.A.

**Kenneth D. Gailey**

Exp. Prof. de la Universidad de Georgia, Athenas, U.S.A.

**Raymond E. Davis**

Universidad de Texas, Austin, U.S.A.

**TRADUCCIÓN:**

María Teresa Aguilar Ortega

Químico, Facultad de Química, UNAM

Profesora de Inglés, Centro de Lenguas, Universidad Anáhuac

**REVISIÓN TÉCNICA:**

Rosa María González Muradas

Q.F.B. Facultad de Química, UNAM

Profesora de asignatura, Depto. de Química Orgánica y Nuclear, UNAM

**McGRAW-HILL**

MÉXICO • BOGOTÁ • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA • LISBOA  
MADRID • NUEVA YORK • PANAMÁ • SAN JUAN • SANTIAGO • SAO PAULO  
AUCKLAND • HAMBURGO • LONDRES • MILÁN • MONTREAL • NUEVA DELHI  
PARIS • SAN FRANCISCO • SINGAPUR • ST. LOUIS  
SIDNEY • TOKIO • TORONTO

Gerente de producto: Ricardo del Bosque Alayón  
Supervisor de traducción y corrección de estilo: César Suárez Azueta  
Supervisor de producción: Zeferino García García

## QUÍMICA GENERAL

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra  
por cualquier medio, sin autorización escrita del editor.

DERECHOS RESERVADOS © 1992, respecto a la segunda edición en español por  
McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S. A. de C. V.

Atacomulco 499-501, Fracc. Ind. San Andrés Atoto,  
53500 Naucalpan de Juárez, Edo. de México

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial, Reg. Num. 1890

ISBN 968-422-985-2  
(ISBN 968-422-291-1 primera edición)

Traducido de la tercera edición en inglés de  
GENERAL CHEMISTRY  
Copyright © MCMLXXX, by SAUNDERS COLLEGE PUBLISHING, a division of Holt,  
Rinehart and Winston, Inc.

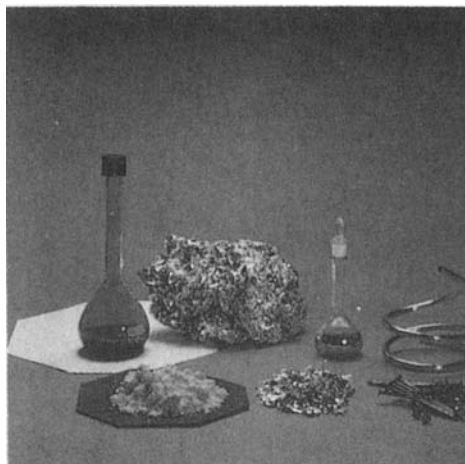
ISBN 0-03-012818-8

1234567890    ING-91    9087654321  
Impreso en México    Printed in Mexico

Esta obra se terminó de  
imprimir en diciembre de 1991  
en Litografía Ingramex  
Centeno No. 162-1  
Col. Granjas Esmeralda  
Delegación Iztapalapa  
09810 México, D.F.

Se tiraron 6000 ejemplares

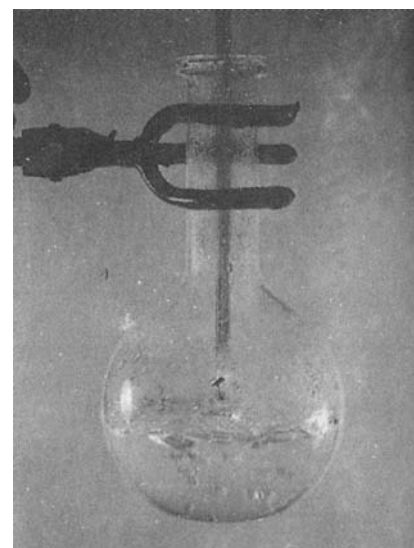
# RESUMEN DEL CONTENIDO

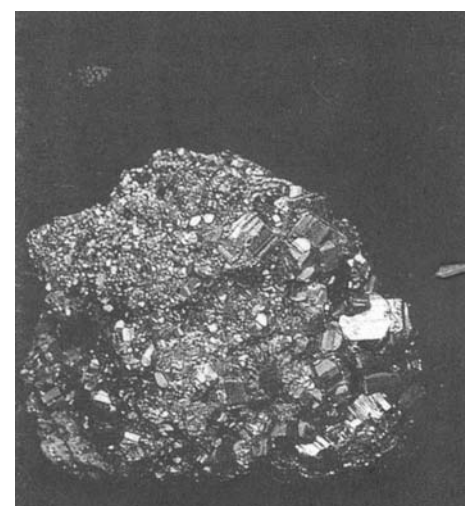
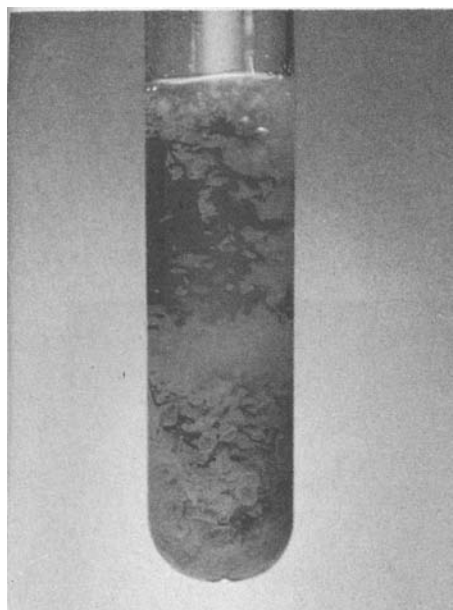


1	Los fundamentos de la química	1
2	Fórmulas químicas y composición estequiométrica	34
3	Ecuaciones químicas y estequiometría de las reacciones	59
4	La estructura de los átomos	86
5	Periodicidad química	125
6	Enlace químico y nomenclatura inorgánica	145
7	Estructura molecular y teorías del enlace covalente	176
8	Los orbitales moleculares en el enlace químico	206
9	Reacciones químicas: un estudio sistemático	223
10	Los gases y la teoría cinética molecular	259
11	Líquidos y sólidos	296
12	Soluciones	340
13	Ácidos, bases y sales	375
14	Reacciones de óxido-reducción	409
15	Termodinámica química	430
16	Cinética química	467
17	Equilibrio químico	497
18	Equilibrios iónicos I: ácidos y bases	527
19	Equilibrios iónicos II: hidrólisis	565
20	Equilibrio iónico III: el principio del producto de solubilidad	580
21	Electroquímica	600
22	Metales y metalurgia	642
23	Los metales representativos	662
24	Elementos no metálicos, parte I: gases nobles y el grupo VIIA	679
25	Elementos no metálicos, parte II: elementos del grupo VIA	697
26	Elementos no metálicos, parte III: elementos del grupo VA	712
27	Elementos no metálicos, parte IV: carbono, silicio y boro 732	
28	Los metales de transición	753
29	Compuestos de coordinación	770
30	Química nuclear	801
31	Química orgánica I: hidrocarburos	831
32	Química orgánica II: grupos funcionales	857

# CONTENIDO

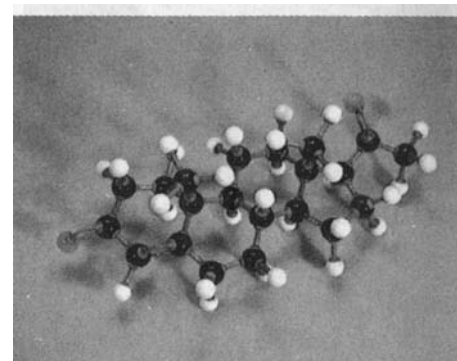
<b>1</b>	<b>LOS FUNDAMENTOS DE LA QUÍMICA</b>	<b>1</b>
1-1	Materia y energía	2
1-2	Estados de la materia	4
1-3	Propiedades químicas y físicas	5
1-4	Cambios químicos y físicos	6
1-5	Sustancias, compuestos, elementos y mezclas	7
1-6	Separación de mezclas	11
1-7	Las mediciones en química	13
1-8	Unidades de medición	14
1-9	Cifras significativas	17
1-10	Método del factor unitario (análisis dimensional)	20
1-11	Densidad y gravedad específica	23
1-12	Calor y temperatura	25
1-13	Transferencia de calor y medición de calor	27
<b>2</b>	<b>FÓRMULAS QUÍMICAS Y COMPOSICIÓN ESTEQUIOMETRICA</b>	<b>34</b>
2-1	Átomos y moléculas	35
2-2	Fórmulas químicas	37
2-3	Iones y compuestos iónicos	39
2-4	Pesos atómicos	41
2-5	La mol	41
2-6	Pesos fórmula, pesos moleculares y moles	44
2-7	Composición porcentual y fórmulas de compuestos	48
2-8	Deducción de las fórmulas a partir de la composición elemental	49
2-9	Determinación de fórmulas moleculares	50
2-10	Pureza de la muestras	53
<b>3</b>	<b>ECUACIONES QUÍMICAS Y ESTEQUIOMETRÍA DE LAS REACCIONES</b>	<b>59</b>
3-1	Reacciones químicas	60
3-2	Tipos de reacciones que se realizan a partir de ecuaciones químicas	62
3-3	El concepto del reactivo limitante	65
3-4	Rendimientos porcentuales a partir de las reacciones químicas	67
3-5	Concentraciones de soluciones	68
3-6	Dilución de soluciones	73
3-7	Empleo de soluciones en reacciones químicas	74



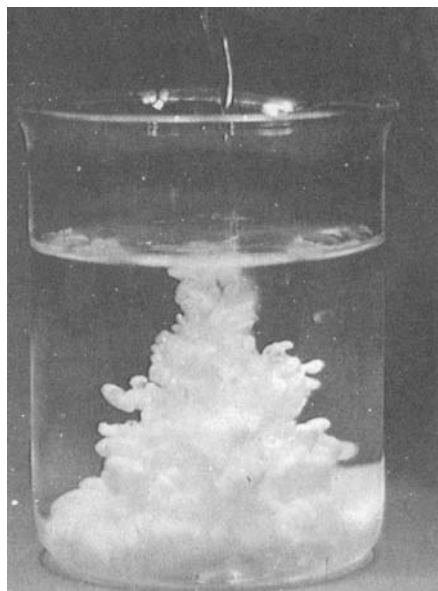


<b>4</b>	<b>LA ESTRUCTURA DE LOS ÁTOMOS</b>	<b>86</b>
	<b>Partículas subatómicas</b>	<b>87</b>
4-1	Partículas fundamentales	87
4-2	El descubrimiento del electrón	88
4-3	Rayos canal y protones	90
4-4	Rutherford y el átomo nuclear; número atómico	91
4-5	Neutrones	93
4-6	Número de masa e isótopos	93
4-7	Espectrometría de masa y abundancia isotópica	94
4-8	La escala de pesos atómicos y los pesos atómicos	97
	<b>Estructuras electrónicas de los átomos</b>	<b>99</b>
4-9	Radiación electromagnética	99
4-10	Efecto fotoeléctrico	102
4-11	Naturaleza ondulatoria del electrón	103
4-12	Espectros atómicos y el átomo de Bohr	103
4-13	Descripción del átomo según la mecánica cuántica	106
4-14	Números cuánticos	108
4-15	Orbitales atómicos	109
4-16	Configuraciones electrónicas	113
<b>5</b>	<b>PERIODICIDAD QUÍMICA</b>	<b>125</b>
5-1	La tabla periódica	126
5-2	Representación de los elementos según la fórmula puntual de Lewis	131
	<b>Propiedades periódicas</b>	<b>131</b>
5-3	Radio atómico	131
5-4	Energía de ionización	132
5-5	Afinidad electrónica	136
5-6	Radios iónicos	137
5-7	Electronegatividad	139
5-8	Metales, no metales y metaloides	140
<b>6</b>	<b>ENLACE QUÍMICO Y NOMENCLATURA INORGÁNICA</b>	<b>145</b>
	<b>Enlace iónico</b>	<b>147</b>
6-1	Formación de compuestos iónicos	147
6-2	Estructuras de compuestos iónicos	151
	<b>Enlace covalente</b>	<b>151</b>
6-3	Enlace covalente polar y no polar	153
6-4	Momentos dipolares	154
6-5	Fórmulas puntuales de Lewis para moléculas e iones poliatómicos	156

6-6	Regla del octeto	156
6-7	Resonancia	160
6-8	Limitaciones de la regla del octeto para las fórmulas de Lewis	163
<b>Introducción a los nombres de compuestos inorgánicos</b>		<b>166</b>
6-9	Números de oxidación	166
6-10	Manera de nombrar compuestos binarios	168
<b>7</b>	<b>ESTRUCTURA MOLECULAR Y TEORÍAS DEL ENLACE COVALENTE</b>	<b>176</b>
7-1	Teoría de la repulsión del par de electrones en la capa de valencia (RPECV)	178
7-2	Teoría del enlace de valencia (EV)	178
7-3	Moléculas AB <sub>2</sub> sin pares de electrones no-compartidos en moléculas A-lineales	180
7-4	Moléculas AB <sub>3</sub> sin pares de electrones no-compartidos en moléculas A-plano triangulares	182
7-5	Moléculas AB <sub>3</sub> sin pares de electrones no-compartidos en moléculas A-tetraédricas	184
7-6	Moléculas AB <sub>3</sub> con un par de electrones no-compartidos en moléculas A-piramidales	186
7-7	Moléculas AB <sub>2</sub> con dos pares de electrones no-compartidos en moléculas A-angulares	184
7-8	Moléculas AB con tres pares de electrones no-compartidos en moléculas A-lineales	190
7-9	Moléculas AB <sub>3</sub> sin pares de electrones no-compartidos en moléculas A-bipiramidales trigonales	191
7-10	Moléculas AB <sub>6</sub> sin par de electrones no-compartidos en moléculas A-octaédricas	193
7-11	Compuestos que contienen enlaces dobles	194
7-12	Compuestos que contienen enlace triple	196
7-13	Resumen de geometrías moleculares y electrónicas	197
7-14	Geometrías de iones poliatómicos	197
7-15	Resumen	197
<b>8</b>	<b>LOS ORBITALES MOLECULARES EN EL ENLACE QUÍMICO</b>	<b>206</b>
8-1	Orbitales moleculares	207
8-2	Diagramas de niveles de energía de los orbitales moleculares	210
8-3	Orden de enlace y estabilidad de enlace	210
8-4	Moléculas diatómicas homonucleares	211
8-5	Moléculas diatómicas heteronucleares	215
8-6	Deslocalización y formas de los orbitales moleculares	217
<b>9</b>	<b>REACCIONES QUÍMICAS: UN ESTUDIO SISTEMÁTICO</b>	<b>223</b>
9-1	Soluciones acuosas—Introducción	225
<b>Clasificación de las reacciones químicas</b>		<b>229</b>
9-2	Reacciones de combinación	229



9-3	Descripción de reacciones en soluciones acuosas	231
9-4	Reacciones de desplazamiento	233
9-5	Reacciones de descomposición	235
9-6	Reacciones de metátesis	236
9-7	Reacciones de óxido-reducción—Introducción	238



<b>Reacciones químicas y periodicidad</b>	<b>240</b>	
9-8	El hidrógeno y los hidruros	240
9-9	El oxígeno y los óxidos	244

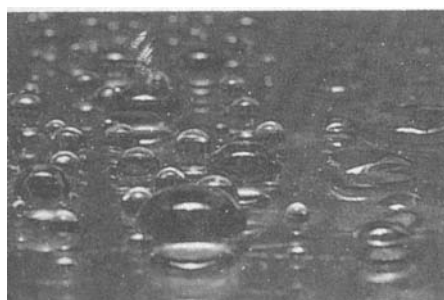
## 10 LOS GASES Y LA TEORÍA CINÉTICA MOLECULAR 259

10-1	Comparación de sólidos, líquidos y gases	260
10-2	Composición de la atmósfera y algunas propiedades comunes de los gases	261
10-3	Presión	262
10-4	Ley de Boyle: la relación entre el volumen y la presión	264
10-5	Ley de Charles: relación entre el volumen y la temperatura; escala de temperaturas absolutas	266
10-6	Temperatura y presión estándar	268
10-7	Ecuación combinada de las leyes de los gases	268
10-8	Densidades de los gases y volumen molar estándar	270
10-9	Resumen de las leyes de los gases—ecuación de los gases ideales	271
10-10	Determinación de pesos moleculares y fórmulas moleculares de sustancias gaseosas	273
10-11	Ley de Dalton de las presiones parciales	276
10-12	La teoría cinética molecular	279
10-13	Ley de Graham: difusión y efusión de los gases	281
10-14	Gases reales—desviaciones de la idealidad	284

<b>Estequiometría en reacciones en las que participan gases</b>	<b>286</b>	
10-15	Ley de Gay-Lussac de los volúmenes de combinación	286
10-16	Relaciones de masa-volumen en reacciones en las que participan gases	288

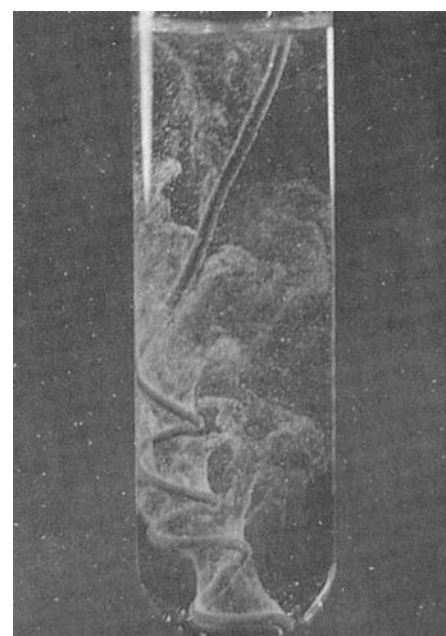
## 11 LÍQUIDOS Y SÓLIDOS 296

11-1	Descripción de líquidos y sólidos según la cinética molecular	297
11-2	Atracciones intermoleculares y cambios de fase	299



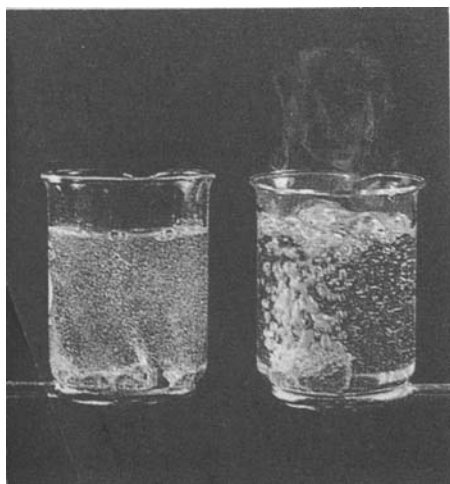
<b>El estado líquido</b>	<b>304</b>	
11-3	Viscosidad	304
11-4	Tensión superficial	305
11-5	Acción capilar	305
11-6	Evaporación	306
11-7	Presión de vapor	307
11-8	Puntos de ebullición y destilación	308
11-9	Transferencia de calor en líquidos	310

El estado sólido	313
11-10 Punto de fusión	313
11-11 Transferencia de calor en sólidos	314
11-12 Sublimación y presión de vapor de los sólidos	315
11-13 Diagramas de fase (P contra $T$ )	316
11-14 Sólidos amorfos y sólidos cristalinos	318
11-15 Estructuras de los cristales	320
11-16 Enlaces en sólidos	324
11-17 Teoría de banda de los metales	329
12 SOLUCIONES	340
El proceso de disolución	342
12-1 Espontaneidad del proceso de disolución	342
12-2 Disolución de sólidos en líquidos	343
12-3 Disolución de líquidos en líquidos (miscibilidad)	346
12-4 Disolución de gases en líquidos	347
12-5 Velocidades de disolución y saturación	348
12-6 Efecto de la temperatura en la solubilidad	350
12-7 Efecto de la presión en la solubilidad	351
12-8 Molalidad y fracción molar	351
Propiedades coligativas de las soluciones	353
12-9 Abatimiento de la presión de vapor y la ley de Raoult	353
12-10 Destilación fraccionada	354
12-11 Elevación del punto de ebullición	355
12-12 Abatimiento del punto de congelación	356
12-13 Determinación del peso molecular por abatimiento del punto de congelación	357
12-14 Disociación de electrólitos y propiedades coligativas	358
12-15 Presión de la membrana osmótica	360
12-16 Purificación de agua por osmosis inversa	364
Coloides	364
12-17 Efecto Tyndall	365
12-18 El fenómeno de adsorción	366
12-19 Coloides hidrofílicos e hidrofóbicos	367
13 ÁCIDOS, BASES Y SALES	375
13-1 La teoría de Arrhenius	376
13-2 El ion hidrógeno hidratado	377
13-3 La teoría de Brønsted-Lowry	378
13-4 Propiedades de soluciones acuosas de ácidos y bases	380
13-5 Fuerzas de ácidos binarios	381
13-6 Reacciones de ácidos y bases	383
13-7 Sales ácidas y sales básicas	385
13-8 Nomenclatura de ácidos ternarios y sus sales	386
13-9 Fuerzas de los ácidos ternarios y anfoterismo	388
13-10 La preparación de ácidos	390
13-11 La preparación de bases solubles fuertes	391
13-12 La teoría de Lewis	392

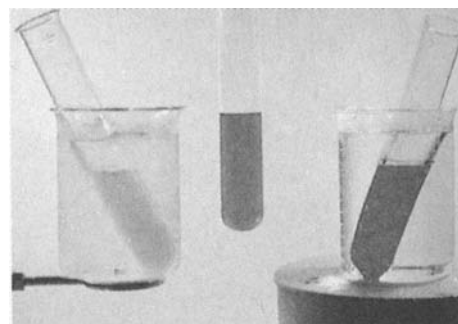




<b>Concentraciones y reacciones acuosas ácido/base</b>	<b>394</b>
13-13 Cálculos de molaridad	394
13-14 Estandarización de soluciones y titulaciones ácido-base: procedimientos	396
13-15 Estandarización de soluciones y titulaciones ácido-base: cálculos	398
<b>14 REACCIONES DE ÓXIDO-REDUCCIÓN</b>	<b>409</b>
14-1 Conceptos fundamentales	410
<b>Balaceo de ecuaciones de óxido-reducción</b>	<b>413</b>
14-2 Método del cambio en el número de oxidación	413
14-3 Adición de H <sup>+</sup> , OH <sup>-</sup> o H <sub>2</sub> O para balancear oxígeno o hidrógeno	415
14-4 Método del ion-electrón (método de la semirreacción)	418
<b>Titulaciones rédox</b>	<b>421</b>
14-5 Método de la mol y soluciones molares de agentes oxidantes o reductores	421
14-6 Pesos equivalentes y soluciones normales de agentes oxidantes y reductores	424
<b>15 TERMODINÁMICA QUÍMICA</b>	<b>430</b>
15-1 La primera ley de la termodinámica	431
15-2 Algunos términos termodinámicos	433
15-3 Cambios de energía interna, <i>AE</i>	434
15-4 Calorimetría	436
15-5 Cambio de entalpia, <i>AH</i>	439
15-6 Entalpias molares estándar de formación, <i>AH<sup>o</sup><sub>f</sub></i>	439
15-7 Ley de Hess	441
15-8 Energía de enlace	444
15-9 El ciclo de Born-Haber	447
15-10 La segunda ley de la termodinámica	449
15-11 Entropías, <i>S</i>	449
15-12 Cambio de energía libre, <i>AG</i>	453
<b>16 CINÉTICA QUÍMICA</b>	<b>467</b>
16-1 Teoría de colisiones de las velocidades de reacción	468
16-2 Teoría del estado de transición	470
<b>Factores que afectan las velocidades de reacción</b>	<b>472</b>
16-3 Naturaleza de los reactivos	472
16-4 Concentración de los reactivos	472
16-5 Temperatura	479
16-6 Catalizadores	480
16-7 Mecanismos de reacción y expresión de la ley de velocidad	486
16-8 Ecuación de velocidad integrada: vida media de un reactivo	489



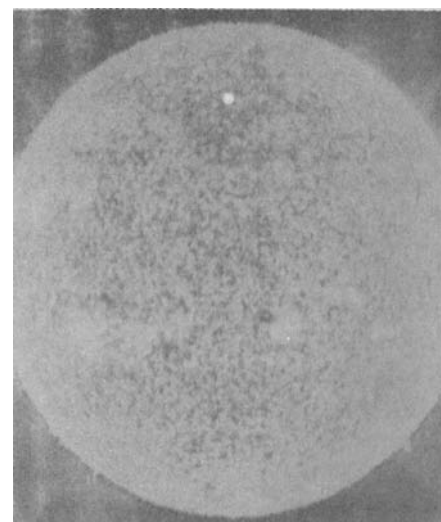
<b>17</b>	<b>EQUILIBRIO QUÍMICO</b>	<b>497</b>
17-1	Conceptos fundamentales	498
17-2	La constante de equilibrio	500
17-3	El cociente de reacción	503
17-4	Aplicaciones de la constante de equilibrio, $K_c$	504
17-5	Factores que afectan al equilibrio	507
17-6	Aplicación de tensión en un sistema en equilibrio	513
17-7	Presiones parciales y la constante de equilibrio	516
17-8	Relación entre $K_p$ y $K_c$	517
17-9	Equilibrios heterogéneos	517
17-10	Relación entre $\Delta G^\circ$ y la constante de equilibrio	518
17-11	Evaluación de las constantes de equilibrio a diferentes temperaturas	521
<b>18</b>	<b>EQUILIBRIOS IÓNICOS I: ÁCIDOS Y BASES</b>	<b>527</b>
18-1	Electrólitos fuertes	528
18-2	La autoionización del agua	529
18-3	La escala de pH	531
18-4	Constantes de ionización para ácidos y bases débiles monopróticas	534
18-5	Indicadores ácido-base	542
18-6	Curvas de titulación ácido fuerte/base fuerte	543
18-7	El efecto del ion común y las soluciones amortiguadoras	546
18-8	Acción amortiguadora	550
18-9	Preparación de soluciones amortiguadoras	553
18-10	Ácidos polipróticos	555
<b>19</b>	<b>EQUILIBRIOS IÓNICOS II: HIDRÓLISIS</b>	<b>565</b>
19-1	Sales de bases fuertes solubles y ácidos fuertes	567
19-2	Sales de bases fuertes y ácidos débiles	567
19-3	Sales de bases débiles y ácidos fuertes	570
19-4	Sales de bases débiles y ácidos débiles	571
19-5	Curvas de titulación ácido débil/base fuerte	572
19-6	Hidrólisis de cationes pequeños con carga elevada	575
<b>20</b>	<b>EQUILIBRIO IÓNICO III: EL PRINCIPIO DEL PRODUCTO DE SOLUBILIDAD</b>	<b>580</b>
20-1	Constantes del producto de solubilidad	581
20-2	Determinación de las constantes del producto de solubilidad	582
20-3	Aplicaciones de las constantes del producto de solubilidad	584
20-4	Precipitación fraccionada	588
20-5	Equilibrios simultáneos de compuestos poco solubles	591
20-6	Disolución de precipitados	593
<b>21</b>	<b>ELECTROQUÍMICA</b>	<b>600</b>
21-1	Conductividad eléctrica	602
21-2	Electrodos	602



Celdas	electrolíticas	602
21-3	La electrólisis de cloruro de sodio fundido (la celda de Downs)	603
21-4	Electrólisis de cloruro de sodio acuoso	604
21-5	La electrólisis de sulfato de sodio acuoso	605
21-6	Ley de Faraday de electrólisis	606
21-7	Determinación del estado de oxidación (carga de un ion) mediante electrólisis	608
21-8	Refinación electrolítica y electroplateado de metales	609
Celdas voltaicas o galvánicas		611
21-9	Construcción de celdas voltaicas simples	611
21-10	La celda zinc-cobre	612
21-11	La celda cobre-plata	613
Potenciales estándar del electrodo		615
21-12	El electrodo estándar de hidrógeno	615
21-13	La celda zinc-EHE	615
21-14	La celda cobre-EHE	616
21-15	La serie electromotriz (serie de actividades) de los elementos	617
21-16	Aplicaciones de la serie electromotriz	619
21-17	Potenciales de elec <sup>o</sup> do para otras semirreacciones	610
21-18	Corrosión	622
21-19	Protección contra la corrosión	623
Efecto de las concentraciones (o presiones parciales) sobre los potenciales del electrodo		624
21-20	La ecuación de Nernst	624
21-21	Relación de $E^o$ con $AG^o$ y $K$	627
Celdas voltaicas primarias		631
21-22	La celda seca (celda de Leclanché)	631
Celdas voltaicas secundarias		632
21-23	El acumulador de plomo	632
21-24	La celda de níquel-cadmio (nicad)	634
21-25	La celda combustible de hidrógeno-oxígeno	634
22	<b>METALES Y METALURGIA</b>	642
Metales		643
22-1	Abundancia de los metales	647
Metalurgia		
22-2	Tratamiento de los minerales	
22-3	Reducción a metales libres	649
22-4	Refinación o purificación de metales	650



Metalurgias de metales específicos	652
22-5 Aluminio	652
22-6 Hierro	653
22-7 Cobre	656.
22-8 Oro	657
22-9 Magnesio	657
22-10 Utilización y conservación de los recursos metálicos	658
23 LOS METALES REPRESENTATIVOS	662
Los metales alcalinos (grupo IA)	663
23-1 Metales del grupo IA: propiedades y abundancia	663
23-2 Reacciones de los metales del grupo IA	665
23-3 Aplicaciones de los metales del grupo IA y sus compuestos	666
Los metales alcalinotérreos (grupo HA)	667
23-4 Metales del grupo IIA: propiedades y abundancia	667
23-5 Reacciones de los metales del grupo IIA	668
23-6 Aplicaciones de los metales del grupo IIA y sus compuestos	670
Los metales de postransición	671
23-7 Tendencias periódicas—grupos IIIA y IVA	672
23-8 Aluminio	674
23-9 Estaño, plomo y bismuto	675
24 ELEMENTOS NO METÁLICOS, PARTE I: GASES NOBLES Y EL GRUPO VIIA	679
Los gases nobles (grupo 0)	680
24-1 Abundancia, manera de aislarlos y aplicaciones	680
24-2 Propiedades físicas	681
24-3 Propiedades químicas	682
24-4 Compuestos de xenón	682
Los halógenos (grupo VIIA)	683
24-5 Propiedades de los halógenos	684
24-6 Abundancia, producción y aplicaciones	685
24-7 Reacciones de los halógenos libres	687
24-8 Interhalógenos	688
24-9 Los halogenuros de hidrógeno	689
24-10 Preparación de los halogenuros de hidrógeno	689
24-11 Soluciones acuosas de halogenuros de hidrógeno (ácidos alhídricos)	690
24-12 Halogenuros de otros elementos	691
24-13 Oxiácidos de los halógenos	691
25 ELEMENTOS NO METÁLICOS, PARTE II: ELEMENTOS DEL GRUPO VIA	697
Azufre, selenio y telurio	698
25-1 Abundancia, propiedades y aplicaciones de los elementos	699



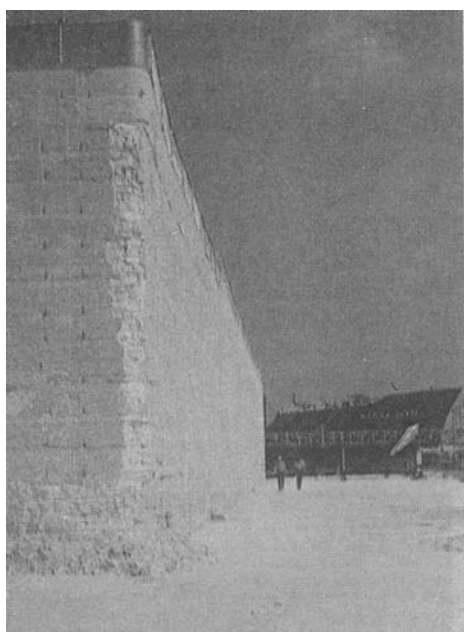
25-2	Reacciones de los no metales del grupo VIA	700
25-3	Hidruros de los elementos del grupo VIA	700
25-4	Soluciones acuosas de los hidruros del grupo VIA	702
25-5	Reacciones de los hidruros del grupo VIA	702
25-6	Sulfuros metálicos y compuestos análogos	703
25-7	Halogenuros de los elementos del grupo VIA	703

### **Óxidos del grupo VIA** **704**

25-8	Dióxidos del grupo VIA: $\text{SO}_2$ , $\text{SeO}_2$ y $\text{TeO}_2$	704
25-9	Trióxidos del grupo VIA: $\text{SO}_3$ , $\text{SeO}_3$ y $\text{TeO}_3$	706

### **Oxiácidos de azufre, selenio y telurio** **707**

25-10	Ácidos sulfuroso, selenoso y teluroso	707
25-11	Ácidos sulfúrico, selénico y telúrico	708
25-12	Ácido tiosulfúrico y tiosulfatos	710



## **26 ELEMENTOS NO METÁLICOS, PARTE III: ELEMENTOS DEL GRUPO VA** **712**

### **Nitrógeno** **714**

26-1	Abundancia, propiedades e importancia	714
26-2	El ciclo del nitrógeno	714
26-3	Producción y estados de oxidación del nitrógeno	715

### **Compuestos nitrogenados con hidrógeno** **716**

26-4	Amoniaco y sales de amonio	716
26-5	Aminas	718
26-6	Hidrazina	718

### **Óxidos de nitrógeno** **718**

26-7	Óxido de dinitrógeno (estado de oxidación + 1)	719
26-8	Óxido de nitrógeno (estado de oxidación + 2)	719
26-9	Trióxido de dinitrógeno (estado de oxidación + 3)	720
26-10	Dióxido de nitrógeno y tetraóxido de dinitrógeno (estado de oxidación + 4)	720
26-11	Pentaóxido de dinitrógeno (estado de oxidación + 5)	721
26-12	Óxidos de nitrógeno y niebla fotoquímica	721

### **Algunos oxiácidos del nitrógeno y sus sales** **722**

26-13	Ácido nitroso (estado de oxidación +3)	722
26-14	Ácido nítrico (estado de oxidación +5)	723
26-15	$\text{NaNO}_2$ y $\text{NaNO}_3$ como aditivos alimenticios	724

### **Fósforo y arsénico** **725**

26-16	Fósforo: abundancia, producción y aplicaciones	725
26-17	Arsénico	725
26-18	Alótropos del fósforo y el arsénico	726
26-19	Fosfina y arsina	726

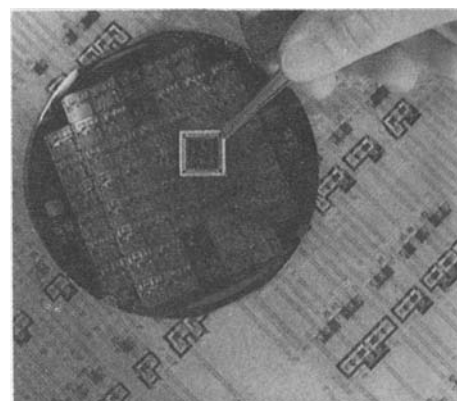
26-20 Halogenuros de fósforo y arsénico	727
26-21 Óxidos y ácidos de fósforo y arsénico	728

**27 ELEMENTOS NO METÁLICOS, PARTE IV:  
CARBONO, SILICIO Y BORO 732**

<b>Carbono</b>	<b>734</b>
27-1 Abundancia del carbono	734
27-2 Reacciones del carbono	736
27-3 Óxidos de carbono	737
27-4 Ácido carbónico y carbonatos	739
27-5 Tetrahalogenuros de carbono	741

<b>Silicio</b>	<b>741</b>
27-6 Producción y aplicaciones del silicio	742
27-7 Propiedades químicas del silicio	742
27-8 Halogenuros de silicio	743
27-9 Dióxido de silicio (sílice)	743
27-10 Silicatos y ácidos silícicos	744
27-11 Silicatos naturales	744
27-12 Silicones	746

<b>Boro</b>	<b>747</b>
27-13 Ácidos bóricos y óxido de boro	747
27-14 Boro elemental	747
27-15 Enlaces de tres centros con dos electrones	748
27-16 Hidruros de boro (boranos)	748
27-17 Haluros de boro	751



**28 LOS METALES DE TRANSICIÓN 753**

<b>Los metales de transición-d</b>	<b>755</b>
28-1 Propiedades generales	755
28-2 Configuraciones electrónicas y estados de oxidación	755
28-3 Clasificación en subgrupos	757
28-4 Color	758
28-5 Tendencias en las propiedades físicas	759
28-6 Óxidos e hidróxidos de manganeso	762
28-7 Óxidos e hidróxidos de cromo	764
28-8 Metales de transición como catalizadores	766

**Las tierras raras (metales de transición-f) 766**

**29 COMPUESTOS DE COORDINACIÓN 770**

29-1 Compuestos de coordinación	771
29-2 Complejos animados	773
29-3 Términos importantes	775
29-4 Nomenclatura	776
29-5 Estructuras	778

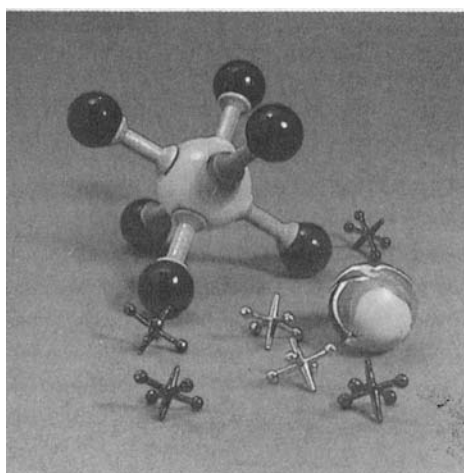
<b>Isomerismo en compuestos de coordinación</b>	<b>780</b>
29-6 Isómeros estructurales	780
29-7 Estereoisómeros	782



<b>Enlace en compuestos de coordinación</b>	<b>786</b>
29-8 Teoría del enlace valencia	786
29-9 Teoría del campo cristalino	791
29-10 El color y la serie espectroquímica	794
29-11 Energía de estabilización del campo cristalino	796

### **30 QUÍMICA NUCLEAR 801**

30-1 El núcleo	803
30-2 Relación neutrón-protón y estabilidad nuclear	803
30-3 Estabilidad nuclear y energía de enlace	804
30-4 Desintegración radiactiva	807
30-5 Núcleos por encima de la banda de estabilidad	808
30-6 Núcleos por debajo de la banda de estabilidad	809
30-7 Núcleos con número atómico mayor de 82	809
30-8 Detección de radiaciones	809
30-9 Velocidad de desintegración y vida media	811
30-10 Series de desintegración	813
30-11 Aplicaciones de los radionúclidos	813
30-12 Transmutaciones artificiales de los elementos	818
30-13 Fisión y fusión nuclear	821
30-14 La bomba atómica (fisión)	823
30-15 Reactores nucleares (fisión)	824
30-16 Energía de fusión nuclear (termonuclear)	827



### **31 QUÍMICA ORGÁNICA I: HIDROCARBUROS 831**

<b>Hidrocarburos saturados</b>	<b>833</b>
31-1 Los aléanos	833
31-2 Nomenclatura de los hidrocarburos saturados	837
31-3 Conformaciones	838
31-4 Propiedades químicas de los aléanos	839
31-5 Reacciones de sustitución	839
31-6 Oxidación de los aléanos	841
31-7 Petróleo	842

<b>Hidrocarburos no saturados</b>	<b>843</b>
31-8 Los alquenos (olefinas)	843
31-9 Reacciones de los alquenos	845
31-10 Oxidación de los alquenos	847
31-11 Los alquinos	848

<b>Hidrocarburos aromáticos</b>	<b>849</b>
31-12 Benceno	849
31-13 Otros hidrocarburos aromáticos	850
31-14 Reacciones de los hidrocarburos aromáticos	852

## 32 QUÍMICA ORGÁNICA II: GRUPOS FUNCIONALES 857

### Alcoholes y fenoles 858

32-1 Nomenclatura de alcoholes y fenoles	859
32-2 Propiedades físicas de alcoholes y fenoles	861
32-3 Preparación de algunos alcoholes	861
32-4 Reacciones de alcoholes y fenoles	862

### Ácidos carboxílicos 864

32-5 Nomenclatura, estructura y fuerza de los ácidos carboxílicos	864
---	-----

### Algunos derivados de los ácidos carboxílicos 867

32-6 Haluros de acilo (haluros ácidos)	867
32-7 Esteres	868
32-8 Poliésteres	871

### Aminas 872

32-9 Estructura y nomenclatura de las aminas	872
32-10 Reacciones de las aminas	874

### Amidas 874

32-11 Preparación, estructura y nomenclatura de las amidas	874
--	-----

### Aldehidos y cetonas 876

32-12 Estructura y nomenclatura de aldehidos y cetonas	876
32-13 Preparación de aldehidos y cetonas	879

### Éteres 879

Apéndice A Algunas operaciones matemáticas	A.2
--	-----

Apéndice B Configuraciones electrónicas de los átomos de los elementos	A.7
--	-----

Apéndice C Unidades, equivalencias y factores de conversión de uso frecuente	A.10
--	------

Apéndice D Constantes físicas	A.13
-------------------------------	------

Apéndice E Algunas constantes físicas para el agua y algunas sustancias comunes	A.14
---	------

Apéndice F Constantes de ionización para ácidos débiles a 25° C	A.16
---	------

Apéndice G Constantes de ionización para bases débiles a 25° C	A.17
--	------

Apéndice H Constantes del producto de solubilidad para algunos compuestos inorgánicos a 25° C	A.18
---	------

Apéndice I Constantes de disociación para algunos iones complejos	A.20
---	------

Apéndice J Potenciales estándar de reducción en solución acuosa a 25° C	A.21
---	------

Apéndice K Algunos valores termodinámicos	A.24
---	------

Apéndice L Respuestas para los ejercicios de números pares	A. 26
--	-------

Créditos de ilustraciones y tablas	A.33
------------------------------------	------

índice	1.1
--------	-----

