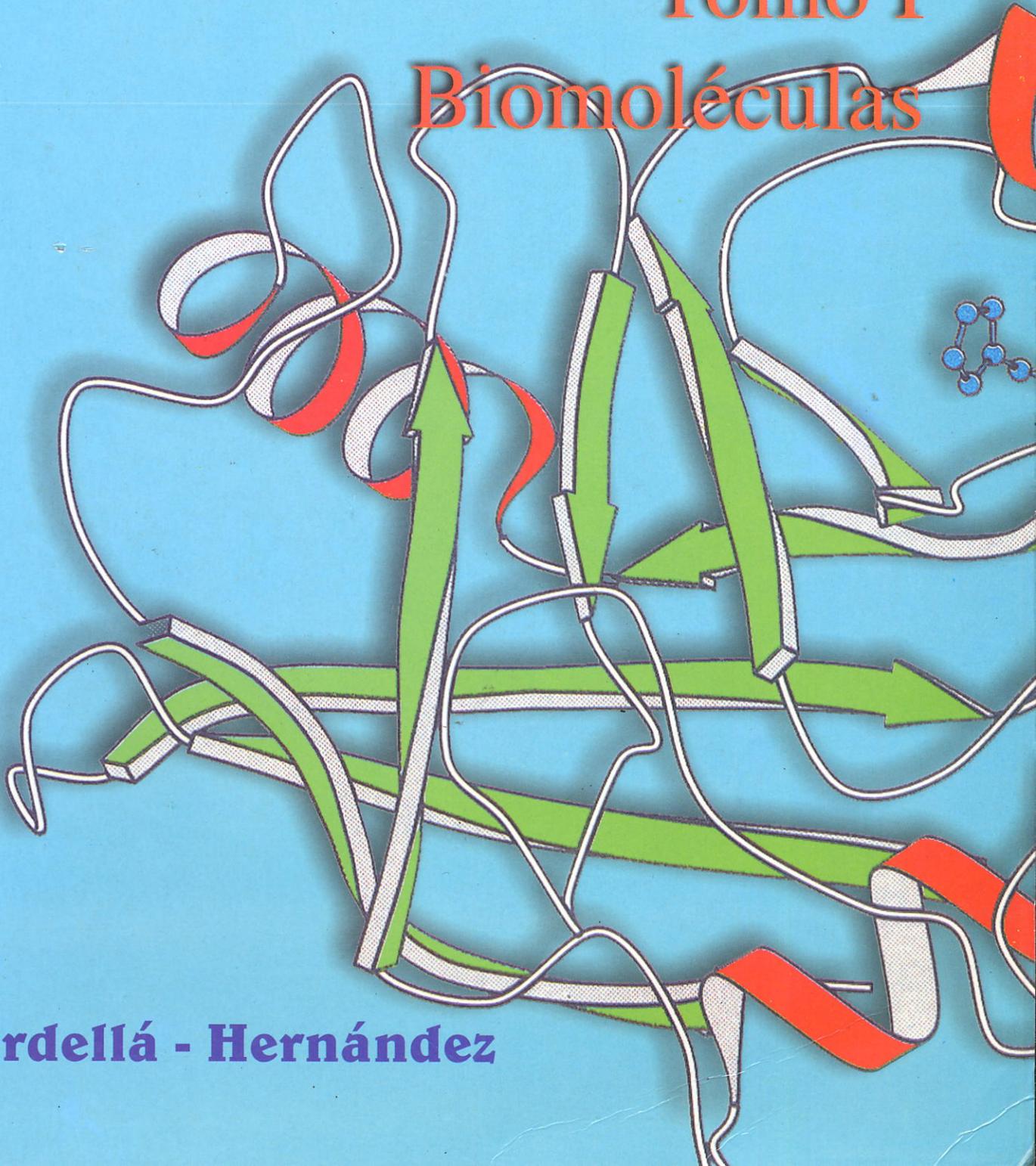


# BIOQUÍMICA MÉDICA

Tomo I

Biomoléculas



**Cardellá - Hernández**

## PRÓLOGO

**L**a bioquímica es una ciencia que se ha desarrollado con un ritmo muy acelerado en el presente siglo. Los logros alcanzados en los últimos años en el conocimiento de esta ciencia han influido decisivamente en el progreso de numerosas ramas científicas afines, en particular en las biomédicas. Muchos hallazgos de la bioquímica han incidido directa o indirectamente en la teoría y la práctica médica; por ello resulta imprescindible el dominio de los aspectos fundamentales de esta disciplina por parte de médicos, estomatólogos, licenciados en enfermería, y en general por todo el personal profesional relacionado con la asistencia, docencia e investigación en el campo de las ciencias médicas.

El texto fue elaborado teniendo en cuenta los intereses de las diferentes especialidades de las ciencias médicas. De igual modo, éste puede ser de utilidad a estudiantes de cualquier otra carrera biológica. En el Tomo IV se tratan, además, algunos aspectos especializados de la bioquímica de interés clínico actual, lo que permite a estudiantes de años superiores y graduados de las diferentes ramas de las ciencias médicas complementar y aplicar conocimientos adquiridos al cursar las ciencias básicas.

Nuestros propósitos son contribuir a mejorar la comprensión de la disciplina Bioquímica y destacar su importancia en la formación de profesionales de las especialidades médicas. Corresponde principalmente a nuestros estudiantes evaluar en qué medida ello se ha logrado.

**Los autores**

# CONTENIDO

## PRESENTACIÓN

## SECCIÓN I. INTRODUCCIÓN A LA BIOQUÍMICA

### INTRODUCCIÓN A LA SECCIÓN 1

#### CAPÍTULO 1. La ciencia bioquímica 3

- Surgimiento y desarrollo de la bioquímica 3
  - Raíces y surgimiento de la bioquímica 4
  - Desarrollo y perspectiva de la bioquímica 6
- Aportes de la bioquímica a otras ciencias biológicas 6
- Aplicación de la bioquímica a las ciencias médicas 9
- Objeto de estudio de la bioquímica 12
- Resumen 12
- Ejercicios 13

#### CAPÍTULO 2. La disciplina Bioquímica 15

- La disciplina Bioquímica en el plan de estudio del profesional de las ciencias médicas 15
- Categorías, principios y conceptos generales 16
- Método de estudio de la bioquímica 19
- Resumen 20
- Ejercicios 20

#### CAPÍTULO 3. La materia viva 21

- La materia viva como producto de la evolución de la materia inorgánica 21
- Origen y evolución de la materia viva 26
  - Formación de las primeras moléculas biógenas 27
  - Formación de biomoléculas sencillas 28
  - Formación de las primeras macromoléculas 29
  - Formación de las primeras estructuras vivas 32
  - Evolución de las células primitivas 33

- Teorías evolucionistas 34
- Evidencias en favor de la evolución de las especies 36
- Resumen 36
- Ejercicios 37

#### CAPÍTULO 4. Formas básicas de organización de la materia viva 39

- Célula procariota 39
- Célula eucariota 40
- Virus 41
- Protoplasma 41
  - Funciones del protoplasma 42
- Organización de una célula eucariota tipo 43
- Organismos pluricelulares 44
- Unión intercelular 46
- Comunicación intercelular 47
- Resumen 48
- Ejercicios 49

#### RESUMEN DE LA SECCIÓN 50

## SECCIÓN II. ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LAS BIOMOLÉCULAS

### INTRODUCCIÓN A LA SECCIÓN 53

#### CAPÍTULO 5. Introducción al estudio de las biomoléculas 55

- El agua en los organismos vivos 55
- Sustancias orgánicas en la materia viva 58
- Composición elemental y características generales de las biomoléculas 58

- Átomos en las biomoléculas 58
  - Átomo de carbono 59
- Enlaces químicos 60
  - Enlace iónico 60
  - Enlace covalente 60
- Interacciones débiles 62
  - Puente de hidrógeno 62
  - Interacciones hidrofóbicas 62
  - Interacciones electrostáticas 63
  - Fuerzas de Van der Waals 63
- Hidrocarburos 63
  - Hidrocarburos alifáticos 63
  - Hidrocarburos cíclicos 65
- Agrupaciones o grupos funcionales en las biomoléculas 67
  - Grupo hidroxilo 67
  - Grupo carbonilo 68
  - Grupo carboxilo 68
  - Grupo sulfhidrilo 69
  - Grupo amino 69
  - Amidas 70
- Agrupaciones atómicas derivadas 70
  - Hemiacetales 70
  - Acetales 70
  - Ésteres 71
  - Enlace éter 72
  - Tioésteres 72
  - Enlace amida 72
  - Anhídrido de ácido 72
- Isomería 73
  - Isomería estructural 73
  - Isomería espacial 74
- Conformaciones distintas de las moléculas 77
- Sistemas dispersos 77
- Formas de expresar la concentración 78
- Resumen 79
- Ejercicios 80

## **CAPÍTULO 6. Aminoácidos 85**

- Concepto y características generales 85
- Estructura de los aminoácidos que constituyen las proteínas 86
- Clasificación de los aminoácidos 90
- Propiedades físicas de los aminoácidos 91
  - Propiedades ópticas de los aminoácidos. Series estéricas L y D 91
  - Propiedades eléctricas de los aminoácidos 92
- Especies iónicas de los aminoácidos 94
- Importancia de los grupos en la cadena R de los aminoácidos 99
- Reacciones químicas de los aminoácidos 100
  - Reacción de la ninhidrina 100
  - Formación del enlace peptídico 100
- Resumen 102
- Ejercicios 102

## **CAPÍTULO 7. Monosacáridos 105**

- Concepto y clasificación 105
  - Monosacáridos simples 105
  - Interconversiones entre aldosas y cetosas 107
  - Formas cíclicas de los monosacáridos: el hemiacetal 108
  - Anómeros alfa y beta 110
  - Monosacáridos derivados 112
- Derivados glicosídicos 115
- Carácter reductor 116
- Funciones de los monosacáridos 116
- Resumen 116
- Ejercicios 117

## **CAPÍTULO 8. Nucleótidos 119**

- Concepto 119
- Clasificación 120
  - Según la base nitrogenada 120
  - Según el tipo de azúcar 121
  - Según el número de fosfatos 121
- Nucleósidos 121
- Nomenclatura 121
- Propiedades físico-químicas de los nucleótidos 122
  - Carácter hidrofílico 122
  - Propiedades ácido-básicas 122
  - Tautomería 123
  - Absorción de la luz ultravioleta 123
- Otras características químicas y estructurales de los nucleótidos 123
- Funciones de los nucleótidos 124
- Resumen 125
- Ejercicios 125

## **CAPÍTULO 9. Características generales de las macromoléculas 127**

- Características generales 128
  - Elevado peso molecular 128
  - Carácter polimérico 129
  - Carácter uniforme 129
  - Carácter lineal 129
  - Carácter tridimensional 130
  - Carácter informacional 135
  - Tendencia a la agregación 137
  - Relación estructura-función 137
- Propiedades generales 137
  - Difusión 138
  - Diálisis 138
  - Sedimentación 139
  - Visualización 140
  - Hidrólisis 140
  - Difracción de rayos X 140
- Métodos empleados en el estudio de las macromoléculas 141

Obtención de la macromolécula	142
Separación de la macromolécula	142
Criterios de pureza	144
Caracterización de la macromolécula	144
Una incógnita	145
Resumen	145
Ejercicios	146
<b>CAPÍTULO 10. Polisacáridos</b>	<b>149</b>
Oligosacáridos	149
Disacáridos	150
Importancia de los disacáridos	151
Glicoproteínas	152
Glicoesfingolípidos	153
Polisacáridos	153
Homopolisacáridos	153
Heteropolisacáridos	156
Resumen	160
Ejercicios	161
<b>CAPÍTULO 11. Estructura de los ácidos nucleicos</b>	<b>163</b>
Tipos y funciones	163
ADN como material genético	164
Estructura primaria de los ADN	165
Conformación de los nucleótidos	167
Relación base pentosa	167
Conformación de la pentosa	168
Relación pentosa fosfato	169
Estructura secundaria de los ADN	169
Accidentes en la doble hélice	172
ADN	174
Otras estructuras del ADN	174
Estabilidad de la doble hélice	175
ADN superenrollado	177
Desnaturalización del ADN	177
Formas de presentación del ADN	178
ADN virales	178
Plásmidos	179
ADN mitocondrial	179
Cromosoma bacteriano	180
Cromosoma eucarionte	180
Métodos empleados en el estudio del ADN	180
Obtención del ADN	181
Separación de los ADN	181
Localización de ADN específicos	182
Estructura general de los ácidos ribonucleicos	183
ARN de transferencia	187
ARN ribosomal	189
ARN mensajero	190
ARN pequeños	191
Métodos empleados para el estudio de los ARN	191
ARN como material genético	192
Resumen	192
Ejercicios	193

<b>CAPÍTULO 12. Proteínas</b>	<b>195</b>
Péptidos y proteínas	195
Estructura de los péptidos	195
Funciones biológicas	197
Importancia biomédica	197
Proteínas	198
Clasificación de las proteínas	198
Estructura primaria	199
Organización tridimensional	202
Estructura secundaria	202
Estructura terciaria	206
Estructura cuaternaria	211
Relación estructura-función de las proteínas	211
Desnaturalización	211
Proteínas alostéricas	212
Propiedades físico-químicas de las proteínas	213
Electroforesis	214
Aspectos estructurales de algunas proteínas fibrosas	215
Alfa-queratomas	215
Triple hélice o tropocolágena	215
Resumen	217
Ejercicios	217

<b>CAPÍTULO 13. Estructura de los lípidos</b>	<b>219</b>
Concepto y clasificación	219
Función biológica	220
Ácidos grasos	221
Propiedades físicas de los ácidos grasos	226
Propiedades químicas de los ácidos grasos	226
Ceras	228
Acilgliceroles	228
Fosfátidos de glicerina o glicerofosfátidos	229
Funciones de los fosfátidos de glicerina	229
Esfingolípidos	232
Funciones de los esfingolípidos	234
Terpenos	234
Esteroides	235
Resumen	238
Ejercicios	238

## RESUMEN DE LA SECCIÓN 241

## SECCIÓN III. BIOCATALIZADORES

### INTRODUCCIÓN A LA SECCIÓN 242

<b>CAPÍTULO 14. Reacciones químicas y catalizadores</b>	<b>245</b>
Reacciones químicas	245
Energética de las reacciones químicas	246

Energía libre 248  
Reacciones acopladas 251  
Velocidad de reacción 253  
Orden de reacción 254  
Reversibilidad y equilibrio 256  
Energía de activación 259  
Catalizadores 261  
Resumen 262  
Ejercicios 263

## **CAPÍTULO 15. Enzimas y centro activo 265**

Biocatalizadores 265  
Mecanismo básico de acción de las enzimas 266  
Centro activo 267  
Formación del complejo enzima-sustrato 269  
Mecanismo de la catálisis 270  
Modificaciones de centro activo 272  
Especificidad de las enzimas 272  
Centro activo de la quimotripsina y la tripsina 273  
Clasificación y nomenclatura de las enzimas 276  
Resumen 281  
Ejercicios 282

## **CAPÍTULO 16. Cinética enzimática 283**

Condiciones para los estudios cinéticos 283  
Efecto de la concentración de enzima 284  
Efecto de la concentración de sustrato 285  
Efecto de la concentración de cofactores 291  
Efecto del pH 291  
Efecto de la temperatura 292  
Efecto de los activadores 292  
Efecto de los inhibidores 293  
Resumen 295  
Ejercicios 296

## **CAPÍTULO 17. Regulación de la actividad enzimática 299**

Formas básicas de la regulación enzimática 299  
Componentes de un sistema de regulación 300  
Regulación alostérica 301  
    Modelo simétrico o concertado 302  
    Modelo secuencial 304  
    Características generales de las enzimas alostéricas 305  
Modificación covalente 306  
    Modificación por fosforilación desfosforilación 307  
    Modificación por adenilación desadenilación 310  
    Otros tipos de modificaciones 311  
Fenómeno de amplificación 311  
Otros mecanismos de regulación 312

Proteólisis limitada 312  
Variación en el estado de agregación 312  
Interacción proteína-proteína 313  
Translocación de enzimas 314  
Cambios en la especificidad 314  
Isoenzimas 316  
Resumen 317  
Ejercicios 318

## **CAPÍTULO 18. Organización de las enzimas 321**

Citotopografía de las enzimas 321  
Formas básicas de existencia de las enzimas 322  
    Enzimas simples 323  
    Complejos multienzimáticos 323  
    Enzimas multifuncionales 324  
Enzimas unidas a membranas 324  
    Asociación enzimas-proteínas 326  
Fenómeno de canalización 327  
Asociaciones supraenzimáticas 328  
Topografía de las enzimas 329  
Resumen 330  
Ejercicios 331

## **CAPÍTULO 19. Cofactores enzimáticos 333**

Tipos de cofactores 333  
Formas de actuar los cofactores inorgánicos 334  
Formas de actuar las coenzimas 334  
Coenzimas y vitaminas 335  
    Piridín nucleótidos 335  
    Flavín nucleótidos 337  
    Ácido lipoico 338  
    Glutación 339  
    Porfirinas 339  
    Biotina 340  
    Pirofosfato de tiamina 341  
    Ácido tetrahidrofólico 342  
    S-adenosil-metionina 343  
    Coenzima A 343  
    Fosfato de piridoxal 344  
    Coenzima B<sub>12</sub> (5'-adenosil-cobalamina) 346  
Nucleósidos trifosfatados 347  
Resumen 349  
Ejercicios 350

## **RESUMEN DE LA SECCIÓN 351**

## **BIBLIOGRAFÍA 353**

## **ÍNDICE ALFABÉTICO 355**

## PRESENTACIÓN

**L**a bioquímica es una ciencia relativamente nueva, pero ha tenido un desarrollo vertiginoso en las últimas décadas de este siglo; las ciencias médicas se han beneficiado con los aportes que ésta les ha brindado.

La materia viva se formó a partir de la inorgánica, durante un largo proceso evolutivo, y aunque muchos elementos se encuentran formando parte de ambas materias, la composición relativa de éstos y su organización molecular son diferencias fundamentales entre ellas. Las moléculas características de la materia viva son las biomoléculas.

El esclarecimiento de la relación entre la composición y la conformación de las biomoléculas, en especial de las macromoléculas, ha permitido mejor comprensión de su relación estructura-función; todo ello ha contribuido a esclarecer el carácter informacional que éstas poseen, en el cual se fundamentan sus funciones específicas.

En los capítulos de este primer tomo se tiene como objetivo proveer al lector de los conocimientos básicos relacionados con la materia viva y su composición, haciendo énfasis en la relación estructura-función de las biomoléculas, como un requisito indispensable para el estudio posterior de otros temas de la bioquímica. Sólo un conocimiento profundo de la estructura y función de todas las biomoléculas, aportará al lector las bases moleculares necesarias para adentrarse en el estudio de todos y cada uno de los diferentes procesos bioquímicos que caracterizan a los organismos vivos.