

FISIOLOGÍA ANIMAL

Volumen 1

Coordinación:
Teresa Pagés
Josefina Blasco
Luis Palacios

Autores:
Vicente Alfaro, Josefina Blasco, Teresa Carbonell, Joaquim Gutiérrez,
Isabel Navarro, Teresa Pagés, Luis Palacios, Jesús Palomeque, Josep Planas,
Miquel Riera, M. Puy Sáiz, J. Ramón Torrella, Ginés Viscor

Departament de Fisiologia



TEXTOS DOCENTS

258

FISIOLOGÍA ANIMAL

Coordinación:

Teresa Pagés

Josefina Blasco

Luis Palacios

Autores:

Vicente Alfaro, Josefina Blasco, Teresa Carbonell, Joaquim Gutiérrez,
Isabel Navarro, Teresa Pagés, Luis Palacios, Jesús Palomeque, Josep Planas,
Miquel Riera, M. Puy Sáiz, J. Ramón Torrella, Ginés Viscor

Diseño material gráfico:

Rosa Marín Ribas

Departament de Fisiologia

Publicacions i Edicions



UNIVERSITAT DE BARCELONA



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	XXII
CONCEPTO	XXV
PARTES DE LA FISIOLOGIA.....	XXIX
OBJETIVOS Y PLAN DOCENTE	XXXIII
GENERALIDADES DE LA FISIOLÓGÍA ANIMAL.....	3
TEMA I	4
1 LA FISIOLOGIA ANIMAL. SISTEMAS FISIOLÓGICOS. FUNCIONES, MECANISMOS Y ADAPTACIONES.....	4
1.1 Características	4
1.2 La Fisiología Animal y la unidad funcional. Sistemas fisiológicos	4
1.3 Funciones, mecanismos y adaptaciones	5
1.4 Sumario de los aspectos primordiales que caracterizan a la Fisiología Animal	6
BIBLIOGRAFÍA.....	7
CUESTIONES.....	7
TEMA II.....	9
2 CONCEPTO DE MEDIO INTERNO. CONTROL FISIOLÓGICO.	9

2.1	<i>El medio interno</i>	9
2.2	<i>La estabilidad del medio interno y su control</i>	10
2.3	<i>Sistemas de control</i>	10
2.4	<i>Circuitos de control</i>	11
2.5	<i>Sistemas de control fisiológico: elementos y estructura general</i>	11
BIBLIOGRAFÍA		12
CUESTIONES		12
EXCITABILIDAD ELÉCTRICA CELULAR Y SU TRANSMISIÓN		15
TEMA III		17
3 EL POTENCIAL DE MEMBRANA. POTENCIALES DE REPOSO. POTENCIALES ELECTROTONICO Y LOCAL		17
3.1	<i>Introducción</i>	17
3.2	<i>El potencial de Nernst</i>	17
3.3	<i>El potencial de membrana</i>	18
3.4	<i>El potencial electrotónico</i>	20
3.5	<i>El potencial local</i>	21
BIBLIOGRAFÍA		21
CUESTIONES		22
TEMA IV		29
4 LOS TEJIDOS EXCITABLES. EL POTENCIAL DE ACCIÓN: ORIGEN Y PROPAGACIÓN		29
4.1	<i>Introducción</i>	29
4.2	<i>Fases y bases iónicas del potencial de acción</i>	29
4.3	<i>Características del potencial de acción</i>	30
4.4	<i>Canales dependientes de voltaje</i>	30
4.5	<i>Tipos de potenciales de acción</i>	31

4.6	<i>Propagación del potencial de acción.....</i>	31
BIBLIOGRAFÍA.....		32
CUESTIONES.....		33
TEMA V		35
5	LA TRANSMISIÓN SINÁPTICA. SINAPSIS ELÉCTRICA Y QUÍMICA. INTEGRACIÓN A NIVEL SINÁPTICO.....	35
5.1	<i>La transmisión sináptica.....</i>	35
5.2	<i>Sinapsis eléctrica y química.....</i>	35
5.3	<i>Procesos de la neurotransmisión.....</i>	36
5.4	<i>Integración neuronal.....</i>	37
5.5	<i>Circuitos neuronales</i>	38
5.6	<i>Plasticidad sináptica.....</i>	38
BIBLIOGRAFÍA.....		39
CUESTIONES.....		40
CONTROL NERVIOSO		43
TEMA VI		45
6	ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS NERVIOSOS. EL ARCO REFLEJO	45
6.1	<i>Sistema nervioso: definición y elementos</i>	45
6.2	<i>Funciones básicas del sistema nervioso</i>	46
6.3	<i>Tendencias en la diferenciación funcional del sistema nervioso.....</i>	46
6.4	<i>El arco reflejo</i>	47
6.5	<i>Organización del sistema nervioso en los Vertebrados.....</i>	47
BIBLIOGRAFÍA.....		48
CUESTIONES.....		48

RECEPTORES E INTEGRACIÓN SENSORIAL.....	51
TEMA VII.....	53
7 RECEPTORES. TIPOS Y GENERALIDADES.....	53
7.1 Características generales de la captación de estímulos	53
7.2 Modalidades sensoriales.....	54
7.3 Receptores sensoriales: características generales y tipos.....	54
7.4 Funciones generales de los receptores	54
7.5 Mecanismos de transducción sensorial	55
7.6 Codificación de la información: relación estímulo-respuesta.....	56
7.7 Adaptación sensorial.....	56
7.8 Modulación del umbral sensorial	57
7.9 Control eferente de la recepción sensorial.....	57
7.10 Sistemas emisor-receptor	58
BIBLIOGRAFÍA.....	58
CUESTIONES.....	58
TEMA VIII	61
8 QUIMIORRECEPCIÓN.....	61
8.1 Introducción	61
8.2 Morfología funcional de los quimiorreceptores en invertebrados	62
8.3 Morfología funcional de los quimiorreceptores en vertebrados.....	62
8.4 Vías aferentes e integración.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	63
CUESTIONES.....	64
TEMA IX	67
9 MECANORRECEPCIÓN.....	67

9.1	<i>Definición</i>	67
9.2	<i>Mecanorreceptores simples</i>	68
9.3	<i>Propiocepción</i>	68
9.3.1	Sensilios	68
9.3.2	Receptores articulares	68
9.3.3	Receptores de estiramiento	69
9.3.4	Huso muscular.....	69
9.3.5	Organo tendinoso de Golgi	69
9.4	<i>La célula ciliada</i>	70
9.5	<i>Receptores de aceleración y equilibrio</i>	70
9.5.1	Estatocistos.....	70
9.5.2	Línea lateral.....	70
9.5.3	Laberinto y aparato vestibular.....	70
9.6	<i>Fonorrecepción</i>	71
9.6.1	Órganos cordotonales y timpánicos	71
9.6.2	El oído de los vertebrados	71
9.6.2.1	Oído externo.....	71
9.6.2.2	Oído medio.....	72
9.6.2.3	Oído interno	72
9.6.2.4	Discriminación de frecuencias sonoras	72
9.6.2.5	Integración auditiva.....	73
BIBLIOGRAFÍA		73
CUESTIONES		73
TEMA X		75
10 FOTORRECEPCIÓN. RECEPTORES CILIARES Y RABDOMÉRICOS. SISTEMAS ÓPTICOS. LA RETINA		75
10.1	<i>Naturaleza de la luz</i>	76
10.1.1	Fotosensibilidad	76
10.1.2	Visión	76
10.2	<i>Elementos de un sistema visual</i>	76
10.2.1	Fotorreceptores.....	76
10.2.2	Órgano visual u ojo	76
10.2.3	El sistema visual.....	76
10.3	<i>Tipos de fotorreceptores</i>	77
10.3.1	Fotorreceptores de origen ciliar	77
10.3.2	Fotorreceptores rabdoméricos.....	77

10.4	<i>Tipos de órganos visuales</i>	77
10.4.1	Órganos no procesadores de imágenes	77
10.4.2	Órganos procesadores de imágenes	77
10.4.2.1	Ojo refractario	77
10.4.2.2	Ojo compuesto	78
10.5	<i>Fotoquímica de la visión</i>	78
10.5.1	Pigmentos visuales	78
10.5.2	Fotorreceptores de vertebrados	79
10.5.3	Reacciones de la fotooxidación del pigmento	79
10.5.4	Fototransducción	79
10.5.5	Regeneración del pigmento	79
10.6	<i>Electrofisiología de la retina</i>	79
10.6.1	Capas y células de la retina	79
10.6.2	Procesamiento a nivel de retina	80
10.6.3	Conexiones de los receptores y visión en color	80
10.7	<i>Integración central</i>	80
BIBLIOGRAFÍA		81
CUESTIONES		81
FUNCIÓN MOTORA		83
TEMA XI		85
11 EL MÚSCULO. TIPOS DE MÚSCULO. EXCITACIÓN Y CONTRACCIÓN.		
MECÁNICA DE LA CONTRACCIÓN MUSCULAR		85
11.1	<i>Efectores y sus tipos</i>	85
11.2	<i>Mecanismos productores de motilidad</i>	86
11.3	<i>Funciones biológicas del músculo</i>	86
11.4	<i>Tipos de músculo y de fibras musculares</i>	86
11.5	<i>Características funcionales del músculo estriado y liso</i>	86
11.5.1	Músculo estriado	86
11.5.2	Músculo liso	87
11.6	<i>Fisiología y mecánica del deslizamiento de miofilamentos</i>	87
11.6.1	Estructura del músculo estriado	87
11.6.2	Teoría de los filamentos deslizantes	88
11.6.3	Bases moleculares de la contracción muscular	88
11.6.4	Control de la contracción mediante el Ca^{2+} y las proteínas reguladoras	88

11.7	<i>Uniones neuromusculares</i>	89
11.8	<i>Acoplamiento excitación-contracción</i>	89
11.9	<i>Contracción muscular isotónica e isométrica</i>	89
11.10	<i>Relaciones entre fuerza, potencia, trabajo y velocidad de contracción</i>	90
BIBLIOGRAFÍA		91
CUESTIONES		91
TEMA XII		93
12	CONTROL MOTOR SOMATICO	93
12.1	<i>El sistema motor somático</i>	93
12.2	<i>Componentes funcionales del sistema motor</i>	94
12.3	<i>Centros motores y niveles de función</i>	94
12.4	<i>Bucles de control y vías motoras</i>	95
12.5	<i>El sistema motor de los mamíferos</i>	95
12.5.1	Inervación del músculo esquelético	95
12.5.2	Control reflejo del tono muscular	96
12.5.3	Esquema del eje motor: vías y centros	96
12.5.3.1	Vías motoras.....	96
12.5.3.2	Centros motores	97
BIBLIOGRAFÍA		99
CUESTIONES		99
TEMA XIII		101
13	LA FUNCIÓN AUTÓNOMA	101
13.1	<i>Introducción</i>	101
13.2	<i>Sistema nervioso simpático</i>	101
13.3	<i>Sistema nervioso parasimpático</i>	102
BIBLIOGRAFÍA		103
CUESTIONES		103

CONTROL ENDOCRINO.....	107
TEMA XIV	109
14 MENSAJEROS QUÍMICOS. EJES Y REFLEJOS NEUROENDOCRINOS.....	109
14.1 <i>Introducción</i>	109
14.2 <i>Tipos de mensajeros químicos</i>	109
14.2.1 Clasificación en base a su lugar de origen	110
14.2.2 Clasificación en base a su naturaleza química	110
14.3 <i>Mecanismos de acción hormonal</i>	111
14.4 <i>Arcos reflejos neuroendocrinos</i>	111
14.5 <i>Control central endocrino: el eje hipotálamo-hipófisis</i>	112
BIBLIOGRAFÍA.....	113
CUESTIONES.....	113
TEMA XV	115
15 CONTROL ENDOCRINO DEL CRECIMIENTO Y EL DESARROLLO.....	115
15.1 <i>Introducción</i>	115
15.2 <i>Control endocrino del crecimiento y desarrollo</i>	115
15.2.1 Somatotropina	115
15.2.2 Factores de crecimiento.....	116
15.2.3 Otras hormonas implicadas en el crecimiento	116
15.3 <i>Paratohormona y Calcitonina</i>	117
15.3.1 Paratohormona (PTH)	117
15.3.2 Calcitonina (CT).....	118
15.3.3 Otros reguladores del Calcio	118
15.4 <i>Muda y metamorfosis en vertebrados e invertebrados</i>	118
BIBLIOGRAFÍA.....	118
CUESTIONES.....	119
TEMA XVI	121

16	CONTROL ENDOCRINO DEL METABOLISMO	121
16.1	<i>Introducción</i>	<i>121</i>
16.2	<i>Hormonas reguladoras del metabolismo</i>	<i>121</i>
16.2.1	Las hormonas gastrointestinales	121
16.2.2	Hormonas Pancreáticas	122
16.2.3	Otros factores	122
16.2.4	Glucocorticoides	123
16.2.5	Catecolaminas	123
16.2.6	Hormona de crecimiento	123
16.2.7	Tiroideas.....	123
16.2.8	Esteroides sexuales.....	124
16.3	<i>Ciclos alimenticios y metabólicos.....</i>	<i>124</i>
	BIBLIOGRAFÍA.....	124
	CUESTIONES.....	124
	TEMA XVII.....	127
17	CONTROL ENDOCRINO DE LA REPRODUCCIÓN	127
17.1	<i>Introducción</i>	<i>127</i>
17.2	<i>Niveles de control endocrino de la reproducción</i>	<i>127</i>
17.3	<i>Regulación de la función gonadal por las gonadotropinas</i>	<i>128</i>
17.4	<i>Control endocrino de los ritmos reproductores.....</i>	<i>129</i>
	BIBLIOGRAFÍA.....	129
	CUESTIONES.....	129
	TASA METABÓLICA Y TEMPERATURA CORPORAL	133
	TEMA XVIII	135
18	BALANCE ENERGÉTICO EN LOS ANIMALES. TASA METABÓLICA.	
	INFLUENCIA DE LA TALLA Y LA ACTIVIDAD	135
18.1	<i>Concepto de tasa metabólica</i>	<i>135</i>
18.2	<i>Métodos para determinar la tasa metabólica: calorimetría directa e indirecta</i>	<i>135</i>

18.3	<i>Tasa metabólica basal y tasa metabólica standard</i>	136
18.4	<i>Temperatura y cinética de las actividades biológicas</i>	136
18.5	<i>Balance calórico y mecanismos físicos de transferencia de calor</i>	137
18.6	<i>Factores endógenos y exógenos que inciden en el metabolismo</i>	137
BIBLIOGRAFIA		138
CUESTIONES		138
TEMA XIX		141
19	REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL. POIQUILOTERMIA	141
19.1	<i>Temperatura corporal y procesos de transferencia de calor</i>	141
19.2	<i>Clasificación de los animales según sus relaciones térmicas</i>	141
19.2.1	Animales poiquiloterms y animales homeoterms	141
19.2.2	Animales ectoterms y animales endoterms	141
19.2.3	Animales heteroterms.....	141
19.3	<i>Termopreferendum, temperatura límite y temperatura óptima</i>	141
19.4	<i>Ajustes bioquímicos y celulares</i>	141
19.4.1	Tolerancia a la congelación.....	141
19.4.2	Resistencia a la congelación.....	141
19.4.3	Sobreenfriamiento	141
19.4.4	Descenso del punto de congelación	141
19.4.5	Adaptaciones enzimáticas	141
19.5	<i>Ajustes mediante mecanismos fisiológicos</i>	141
19.6	<i>Ajustes comportamentales</i>	141
19.1	<i>Temperatura corporal y procesos de transferencia de calor</i>	141
19.2	<i>Clasificación de los animales según sus relaciones térmicas</i>	142
19.2.1	Animales poiquiloterms y animales homeoterms	142
19.2.2	Animales ectoterms y animales endoterms	142
19.2.3	Animales heteroterms.....	142
19.3	<i>Termopreferendum, temperatura límite y temperatura óptima</i>	142
19.4	<i>Ajustes bioquímicos y celulares</i>	142
19.4.1	Tolerancia a la congelación.....	142
19.4.2	Resistencia a la congelación.....	143
19.4.3	Sobreenfriamiento	143
19.4.4	Descenso del punto de congelación	143

19.4.5	Adaptaciones enzimáticas	143
19.5	<i>Ajustes mediante mecanismos fisiológicos.....</i>	<i>143</i>
19.6	<i>Ajustes comportamentales.....</i>	<i>144</i>
BIBLIOGRAFÍA.....		144
CUESTIONES.....		144
TEMA XX.....		147
20	HOMEOTERMIA Y HETEROTERMIA	147
20.1	<i>Regulación de la temperatura corporal en homeotermos.....</i>	<i>147</i>
20.2	<i>Termoneutralidad y temperaturas críticas.....</i>	<i>148</i>
20.3	<i>Mecanismos de regulación térmica</i>	<i>148</i>
20.3.1	Aislamiento y su regulación.....	148
20.3.2	Mecanismos de termogénesis y termolisis	149
20.3.2.1	Termogénesis	149
20.3.2.2	Termolisis.....	149
20.3.3	Heterotermia.....	149
20.3.3.1	Heterotermia regional.....	150
20.3.3.2	Heterotermia temporal	150
BIBLIOGRAFÍA.....		150
CUESTIONES.....		151
FUNCIÓN CARDIOVASCULAR.....		153
TEMA XXI		155
21	HEMODINÁMICA.....	155
21.1	<i>Concepto de hemodinámica</i>	<i>155</i>
21.2	<i>Factores que intervienen.....</i>	<i>155</i>
21.3	<i>Tipos funcionales de vasos.....</i>	<i>157</i>
BIBLIOGRAFÍA.....		158
CUESTIONES.....		158

TEMA XXII.....	161
22 SISTEMAS CIRCULATORIOS ABIERTOS Y CERRADOS	161
22.1 <i>Características generales de los sistemas circulatorios abiertos.....</i>	<i>161</i>
22.2 <i>Características del sistema circulatorio de vertebrados</i>	<i>162</i>
22.2.1 Sistema arterial.....	163
22.2.2 Zona capilar.....	163
22.2.3 Sistema venoso.....	163
22.2.4 Sistema linfático.....	164
BIBLIOGRAFIA.....	164
CUESTIONES.....	164
TEMA XXIII	167
23 MECÁNICA Y TRABAJO CARDIACO	167
23.1 <i>El corazón</i>	<i>167</i>
23.2 <i>Tipos de corazones.....</i>	<i>167</i>
23.3 <i>Aspectos mecánicos del ciclo cardiaco y trabajo cardiaco</i>	<i>168</i>
BIBLIOGRAFÍA.....	169
CUESTIONES.....	170
TEMA XXIV.....	173
24 TIPOS DE CORAZONES. EXCITABILIDAD CARDÍACA: CORAZONES NEUROÉNICOS Y MIOGÉNICOS	173
24.1 <i>Latido cardíaco y Potencial de acción.....</i>	<i>173</i>
24.2 <i>Clases de marcapasos.....</i>	<i>173</i>
24.3 <i>Transmisión de la excitación a todo el corazón.....</i>	<i>174</i>
24.4 <i>Potencial marcapasos cardíaco.....</i>	<i>174</i>
24.5 <i>Electrocardiogramas.....</i>	<i>174</i>
BIBLIOGRAFÍA.....	175

CUESTIONES.....	175
TEMA XXV	177
25 REGULACIÓN DE LA CIRCULACIÓN	177
25.1 <i>Importancia del control cardiovascular</i>	<i>177</i>
25.2 <i>Regulación de la actividad cardiaca.....</i>	<i>178</i>
25.2.1 Autorregulación intrínseca	178
25.2.2 Regulación nerviosa	178
25.2.3 Regulación hormonal	179
25.3 <i>Regulación vascular.....</i>	<i>179</i>
25.3.1 Autorregulación local.....	179
25.3.2 Regulación nerviosa.....	179
25.3.3 Regulación hormonal	180
BIBLIOGRAFÍA.....	181
CUESTIONES.....	181
TEMA XXVI.....	183
26 HEMOSTASIS	183
26.1 <i>Definición y características</i>	<i>183</i>
26.2 <i>Mecanismos hemostáticos.....</i>	<i>184</i>
26.2.1 Espasmo	184
26.2.2 Formación de trombos celulares	184
26.2.3 Coagulación.....	185
26.3 <i>Fibrinólisis y anticoagulantes.....</i>	<i>186</i>
BIBLIOGRAFÍA.....	186
CUESTIONES.....	186
FUNCIÓN RESPIRATORIA	189
TEMA XXVII.....	191
27 MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE GASES: DIFUSIÓN Y CONVECCIÓN.	

SUPERFICIES RESPIRATORIAS	191
27.1 <i>La función respiratoria</i>	<i>191</i>
27.2 <i>Procesos físicos de captación y eliminación de gases: difusión, convección, presión parcial y tensión.</i>	<i>192</i>
27.3 <i>Mantenimiento de los gradientes de presión: cascada de oxígeno.....</i>	<i>192</i>
27.4 <i>Características del aire y del agua como medios respiratorios y consecuencias fisiológicas. Gases en el aire y en el agua.....</i>	<i>192</i>
27.5 <i>Tipos de superficies respiratorias.....</i>	<i>193</i>
27.6 <i>Mecanismos respiratorios fundamentales y modalidades básicas de sistemas respiratorios.....</i>	<i>194</i>
27.7 <i>Modelos de intercambio de gases entre superficie respiratoria y sangre</i>	<i>195</i>
BIBLIOGRAFÍA.....	196
CUESTIONES.....	196
TEMA XXVIII	201
28 LA RESPIRACIÓN EN LOS INVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y EN LOS PECES	201
28.1 <i>Respiración sin órganos especializados</i>	<i>201</i>
28.2 <i>Respiración con órganos especializados</i>	<i>201</i>
28.3 <i>Tipos de branquias.....</i>	<i>202</i>
BIBLIOGRAFÍA.....	203
CUESTIONES.....	204
TEMA XXIX.....	207
29 TRANSICIÓN ENTRE LA RESPIRACIÓN ACUÁTICA Y LA AÉREA. LA RESPIRACIÓN TRAQUEAL	207
29.1 <i>Adaptación con éxito a la respiración aérea</i>	<i>207</i>
29.2 <i>Tipos de órganos respiratorios en el medio aéreo.....</i>	<i>207</i>
29.3 <i>Peces de respiración aérea.</i>	<i>208</i>

29.4	<i>Anfibios: respiración cutánea.</i>	208
29.5	<i>Reptiles.</i>	209
29.6	<i>Insectos.</i>	209
29.6.1	La respiración traqueal en los insectos.	209
29.6.2	Respiración cíclica o discontinua.	210
29.6.3	Adaptaciones a la vida acuática.	210
BIBLIOGRAFIA.		211
CUESTIONES.		211
TEMA XXX.		213
30	TIPOS DE PULMÓN. LA FUNCIÓN PULMONAR EN LOS VERTEBRADOS.	213
30.1	<i>Respiración pulmonar.</i>	213
30.2	<i>Modelos de pulmón. Movimientos respiratorios y ventilación en vertebrados. Ventilación por flujo-reflujo y unidireccional.</i>	214
30.3	<i>Volúmenes de intercambio.</i>	215
30.4	<i>Mecánica pulmonar. Elasticidad, adaptabilidad y trabajo ventilatorio.</i>	216
30.5	<i>La función pulmonar. Ajuste de la relación ventilación-perfusión.</i>	217
	<i>Eficiencia de la ventilación.</i>	217
BIBLIOGRAFÍA.		218
CUESTIONES.		218
TEMA XXXI.		223
31	EL TRANSPORTE DE OXÍGENO Y DE ANHÍDRIDO CARBÓNICO EN LOS TEJIDOS CORPORALES.	223
31.1	<i>Características generales del transporte de oxígeno.</i>	223
31.2	<i>Tipos de pigmentos respiratorios.</i>	224
31.2.1	No porfirínicos.	224
31.2.2	Porfirínicos.	224
31.3	<i>Estructura funcional de los hemopigmentos: hemoglobina y mioglobina.</i>	225
31.3.1	Tipos de hemoglobinas.	225
31.3.2	Curva de disociación Hb-O ₂ .	225

31.4	<i>Factores que modifican la afinidad: efectores alostéricos de la hemoglobina</i>	226
31.5	<i>Características del transporte de CO₂ por sangre</i>	227
31.6	<i>Transporte combinado de O₂ y CO₂ por sangre</i>	228
BIBLIOGRAFÍA.....		229
CUESTIONES.....		229
TEMA XXXII.....		230
32	REGULACIÓN DE LA RESPIRACIÓN	230
32.1	<i>Importancia del control ventilatorio</i>	230
32.2	<i>Estímulos de control.....</i>	230
32.3	<i>Regulación de la ventilación en mamíferos</i>	231
32.3.1	<i>Marcapasos ventilatorios.....</i>	232
32.3.2	<i>Centros reguladores.....</i>	232
32.3.2.1	<i>Modulación mecánica</i>	232
32.3.2.2	<i>Modulación química.....</i>	233
BIBLIOGRAFÍA.....		233
CUESTIONES.....		233
ALIMENTACIÓN Y DIGESTIÓN.....		235
TEMA XXXIII		237
33	ALIMENTACIÓN. TIPOS DE NUTRICIÓN Y DE ALIMENTOS. REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS. CAPTACIÓN DE ALIMENTOS.....	237
33.1	<i>Alimentación</i>	237
33.2	<i>Requerimientos nutritivos</i>	238
33.3	<i>Nutrientes esenciales.....</i>	238
33.4	<i>Toxicidad.....</i>	239
33.5	<i>Captación de alimentos.....</i>	240
33.6	<i>Tratamiento mecánico y químico</i>	240
BIBLIOGRAFÍA.....		241

CUESTIONES.....	241
TEMA XXXIV.....	243
34 FUNCIÓN DIGESTIVA. ASPECTOS MECÁNICOS, QUÍMICOS Y ABSORCIÓN	243
34.1 <i>Función digestiva.....</i>	243
34.2 <i>Estructura del tracto digestivo.....</i>	244
34.3 <i>Secrecions del sistema digestivo</i>	244
34.4 <i>Absorción</i>	246
34.5 <i>Motilidad del tracto digestivo</i>	247
BIBLIOGRAFÍA.....	247
CUESTIONES.....	247
TEMA XXXV	249
35 CONTROL DE LA DIGESTIÓN.....	249
35.1 <i>Evolución de la coordinación de las actividades digestivas.....</i>	249
35.2 <i>Regulación intrínseca.....</i>	249
35.3 <i>Regulación extrínseca</i>	250
35.3.1 <i>Secretagogos</i>	250
35.3.2 <i>Control nervioso.....</i>	250
35.3.3 <i>Hormonas gastrointestinales</i>	251
BIBLIOGRAFÍA.....	252
CUESTIONES.....	252
EXCRECIÓN, EQUILIBRIOS HIDROSALINO Y ÁCIDO-BASE.....	255
TEMA XXXVI.....	257
36 LA EXCRECIÓN DE LOS PRODUCTOS NITROGENADOS	257
36.1 <i>Mecanismos de excreción</i>	257

36.2	<i>Catabolismo de los principales productos nitrogenados</i>	258
36.2.1	Proteínas.....	258
36.2.1.1	Formación de amoníaco.....	258
36.2.1.2	Formación de urea.....	258
36.2.2	Ácidos nucleicos.....	258
36.2.2.1	Formación de las bases nitrogenadas.....	258
36.2.2.2	Degradación de las purinas.....	258
36.3	<i>Formas de eliminación del nitrógeno</i>	258
36.3.1	Organismos amoniotéticos.....	259
36.3.2	Organismos ureotéticos.....	259
36.3.3	Organismos uricotéticos.....	259
36.3.4	Otros productos.....	259
BIBLIOGRAFÍA.....		259
CUESTIONES.....		260
TEMA XXXVII.....		263
37	ORGANOS Y TEJIDOS DE EXCRECIÓN. TIPOS DE EXCRECIÓN.....	263
37.1	<i>Órganos de excreción</i>	263
37.2	<i>Órganos de excreción en invertebrados</i>	264
37.3	<i>Órganos de excreción en Vertebrados</i>	265
BIBLIOGRAFÍA.....		267
CUESTIONES.....		267
TEMA XXXVIII.....		269
38	REGULACION HIDROSALINA.....	269
38.1	<i>Aspectos generales</i>	269
38.2	<i>Osmorregulación en ambientes acuáticos</i>	270
38.2.1	Animales de agua dulce.....	270
38.2.2	Animales marinos.....	270
38.3	<i>Osmorregulación en ambientes terrestres</i>	271
BIBLIOGRAFIA.....		271

CUESTIONES.....	272
TEMA XXXIX.....	275
39 EL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE.....	275
39.1 <i>Homeostasis ácido-base.....</i>	275
39.2 <i>Sistemas amortiguadores</i>	276
39.2.1 Sistema CO ₂ -bicarbonato	276
39.2.2 Sistema tampón del fosfato	277
39.2.3 Sistema tampón de las proteínas	277
39.3 <i>Interacción entre pares amortiguadores.....</i>	277
39.4 <i>Alteraciones y compensaciones ácido-base</i>	278
39.4.1 Alteraciones de la PCO ₂	278
39.4.2 Alteraciones de otras variables.....	278
39.5 <i>Equilibrio ácido-base y medio ambiente.....</i>	279
39.6 <i>Equilibrio ácido-base y temperatura corporal</i>	279
BIBLIOGRAFIA.....	279
CUESTIONES.....	279

CONCEPTO

QUÉ ES LA FISIOLOGÍA

La Fisiología Animal trata sobre el modo en que se llevan a cabo todas las funciones de los animales (alimentación, reproducción, etc.) y en qué manera se mantienen vivos, sobre cómo el organismo vivo se adapta a las condiciones del medio ambiente y, finalmente, cómo se integran y regulan todas estas funciones en un organismo que funcione normalmente.

Se estudiarán, de una manera comparada, los problemas fisicoquímicos básicos a los cuales se enfrentan los animales y las diferentes soluciones funcionales que desarrollan. Especialmente se tomará en consideración una visión integral de los sistemas fisiológicos, bajo la perspectiva de la teoría general de sistemas y se analizarán las interrelaciones. No sólo se pretende, como objetivo, transmitir datos y conocimientos, sino incentivar al alumno y por esto se plantearán problemas actuales en el ámbito de la disciplina y se examinarán las perspectivas de progreso en la obtención de respuestas y en el planteamiento de nuevos interrogantes.

El desarrollo histórico de la ciencia ha llevado a un derrumbamiento de las barreras existentes entre los distintos campos científicos, haciéndose evidente la estructuración de la materia en niveles progresivos de organización que serán estudiados por distintas disciplinas científicas. Los avances en el estudio de las características específicas de funcionamiento de los distintos grupos de animales permiten establecer similitudes y diferencias en las funciones, lo que da paso a una visión integradora y coordinadora de los mecanismos fisiológicos, desarrollándose así una Fisiología Animal Comparada.

La Fisiología es una ciencia experimental, lo que no excluye la posibilidad de realizar desarrollos teóricos sobre bases empíricas, por otra parte, la complejidad de los fenómenos vitales hace necesarios para su estudio el concurso de conocimientos aportados por otras ciencias lo que le confiere un carácter sintético y de amplia base interdisciplinaria.

En razón a esta base interdisciplinaria, es patente una tendencia a la especialización de la Fisiología hacia distintas áreas. Por ejemplo, en relación con la Ecología o la Etología, la Fisiología Ambiental o Ecológica que atiende a la naturaleza y mecanismos de las respuestas fisiológicas ante variaciones de factores ambientales, considerando al animal como un sistema abierto en equilibrio dinámico con su entorno, o la Fisiología Etológica, que considera las respuestas iniciales del organismo como unidad ante estímulos o cambios ambientales, las cuales suelen ser, generalmente, de comportamiento.

Actualmente la Fisiología es una ciencia madura que se apoya fundamentalmente en la Bioquímica y Biología Molecular y en la Biofísica.

La Fisiología Celular se ha convertido en uno de los pilares fundamentales del conocimiento fisiológico, ya que una buena parte de la investigación fisiológica actual se centra en el estudio de los procesos que ocurren a nivel celular como los mecanismos básicos responsables de la transmisión sináptica, la interacción de los mensajeros químicos con las moléculas receptoras, los mecanismos enzimáticos que controlan la homeostasis celular, etc.

El conocimiento progresivo del funcionamiento del organismo a distintos niveles, del celular al de individuo y su relación con el entorno, permite el desarrollo de una Fisiología integradora. Podemos citar al respecto las palabras del matemático francés Henri Poincaré aplicadas a la ciencia "es el conocimiento, no de las cosas, sino de sus relaciones".

PARTES DE LA FISIOLÓGIA

Cuando se considera la gran diversidad funcional y estructural de los seres vivos, el elevado número de especies conocidas o los distintos niveles de organización de un determinado individuo, queda patente la gran extensión y complejidad de una ciencia como la Fisiología.

De esta complejidad nace la necesidad de disociar el contenido de esta ciencia, de forma que pueda abordarse el estudio de todos los procesos fisiológicos, en todos los niveles de organización, de todos los seres vivos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, dividiremos la Fisiología en tres grandes categorías:

-Fisiología General, también llamada **Fisiología Celular**, trata de las características básicas que son comunes a la mayoría de los organismos vivos. En cualquier tipo de célula se encuentran propiedades fundamentales que no difieren mucho entre sí, como son: permeabilidad selectiva de membrana, actividad de enzimas oxidativos, bioelectricidad de membrana, relación núcleo-citoplasma, etc. Dicho de otra manera, a nivel celular, los organismos son más parecidos que diferentes. Esta similitud básica es el punto de arranque de la teoría evolutiva. Los temas tratados por la Fisiología Celular o General, son casi completamente generales y extremadamente estables con respecto al ambiente.

-Fisiología de Grupos, trata de las características funcionales de determinados grupos especiales de organismos. Distintas clases de animales han llevado a cabo mecanismos funcionales similares aunque por distinto camino. La fisiología de algunas especies animales se ha estudiado de modo extenso y pormenorizado. Tradicionalmente la Fisiología Animal básica es la Fisiología Humana o Fisiología de Mamíferos, por su relación con la Medicina y la Veterinaria. Crecientemente se estudian con detalle otros grupos animales, así surgen con ímpetu, la Fisiología de Insectos, Fisiología de Peces, etc.

-Fisiología Comparada, estudia la función de un órgano en un amplio rango de grupos de organismos. La Fisiología Animal Comparada integra y coordina las relaciones funcionales que ocurren en más de un grupo de animales. Parte fundamental de esta categoría de fisiología es el estudio del modo por el cual distintos organismos realizan funciones similares. Es conocido que animales genéticamente distintos y alejados pueden mostrar estrechas similitudes en aspectos funcionales concretos y, de modo opuesto, animales estrechamente relacionados reaccionan de formas muy distintas a alteraciones de su medio. Según Prosser (1955), mientras otras ramas de la fisiología emplean variables como la luz, temperatura, tensión de oxígeno, etc. la Fisiología Comparada usa además la especie o grupo animal como variable en el estudio de cada función determinada.

Determinados autores dan categoría independiente a la denominada **Fisiología Ambiental** o Ecológica, que se dedica a estudiar las relaciones funcionales entre los organismos y su medio ambiente, con los correspondientes procesos de adaptación a los cambios ambientales.

Por otra parte es evidente la importancia que presenta la denominada **Fisiología Veterinaria**, dedicada al estudio fisiológico de animales con aplicación ganadera o con interés agronómico. Esta y otras ramas de la fisiología podrían agruparse bajo la denominación de **Fisiología Aplicada**, de la que se habla más adelante.

Hay que destacar que la Fisiología Animal, siempre con un sentido integrador, aborda el estudio de sistemas y órganos concretos de distintos animales. Así, aparece la Fisiología de Sistemas: Fisiología del Sistema Nervioso y Muscular (**Neurofisiología**) con un enorme crecimiento en la actualidad y con una proyección evidente; **Endocrinología**, encargada del estudio de la fisiología del sistema endocrino; **Fisiología de la Reproducción**; **Fisiología de la Respiración**, etc.

Por último, cabe señalar el interés creciente de la **Fisiología del Comportamiento** o **Etofisiología**, abarcando una amplia variedad de enfoques que van desde el estudio de las bases moleculares de la recepción sensorial, o la memoria, hasta el análisis del comportamiento de sociedades y poblaciones animales.

Desde otro punto de vista, también se ha distinguido entre **Fisiología Básica** y **Fisiología Aplicada**. Esta diferencia es común a muchas ciencias, por lo que puede ser tratada de forma general. Fisiología Aplicada refleja el aspecto de utilidad que supone el estudio fisiológico del hombre y de aquellos animales que aportan un beneficio humano, (ganadería, agricultura, industria).

OBJETIVOS Y PLAN DOCENTE

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA FISIOLOGÍA ANIMAL

- Materia fundamental y obligatoria
- Ciencia biológica pura: enfoque comparado
- Final 1r ciclo: enfoque deductivo

OBJETIVOS

Información

- Conceptos fundamentales funciones vitales
- No recorrido por escala zoológica

Formación

- Enseñanza
- Investigación

Objetivos de la enseñanza de la Fisiología Animal

Los objetivos representan lo que se pretende que el alumno adquiera al final del proceso de aprendizaje. Hay que tener en cuenta que lo que da vida a un objetivo, independientemente del grado de concreción con que esté formulado, es el grado de intención que el profesor tiene para realizarlo. Los objetivos de la enseñanza de la Fisiología Animal en la Licenciatura de Biología, según nuestro criterio, se pueden esquematizar de la forma siguiente:

Conocimientos

Al final de los estudios de Fisiología Animal un alumno deberá:

- Conocer la terminología básica de la Fisiología.
- Conocer los principios (leyes básicas y conceptos) de la Fisiología.
- Conocer el funcionamiento del organismo animal y cuáles son los mecanismos responsables de que la actividad biológica se realice de una forma coordinada.
- Comprender algunas de las aplicaciones de la Fisiología.

Habilidades

La enseñanza universitaria en general, y la de Fisiología en particular, debería capacitar al alumno para:

- Manejo de la instrumentación científica básica de la Fisiología.
- Trabajar de acuerdo con el método científico.
- Programar y llevar a cabo una investigación en Fisiología.
- Manejar bibliografía y buscar referencias.
- Adaptarse a esquemas científicos y tecnológicos cambiantes.
- Comunicarse con profesionales de otras áreas.
- Comunicarse con personas de diferente nivel científico.

Actitudes

Un objetivo de la enseñanza universitaria y por tanto de la Fisiología es cultivar en el alumno:

- Entusiasmo profesional (entendido como la capacidad real de dedicar tiempo y energía a la profesión).
- Interés erudito por la exactitud.
- Conocimiento de las implicaciones que el desarrollo de la Fisiología conlleva sobre aspectos morales, sociales, económicos y políticos de la sociedad.
- Orientación clara a la cooperación con colegas y otros profesionales.
- Compromiso con la sociedad en la que vive.

La organización del curso, los programas que se presentan al alumno y las sugerencias bibliográficas que se hagan, guardan relación con los conocimientos previos del alumno, sus limitaciones y oportunidades y los objetivos descritos.

CRITERIOS METODOLÓGICOS Y DE EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE FISIOLOGÍA ANIMAL

Como criterios fundamentales que han condicionado la elaboración de los programas teórico y práctico, debemos citar:

- 1) El número de horas docentes asequibles para impartirlos.
- 2) Los programas existentes en otras asignaturas de la Licenciatura evitando dar duplicidad en la información sobre todo en temas que no tengan una relevancia básica en la asignatura.
- 3) Nivel de preparación del alumno, dando a veces información complementaria a la asignatura, a modo de síntesis o recordatorio, por ejemplo anatómica, cuando es indispensable para la buena comprensión de los temas.
- 4) Efectuar una cuidadosa labor de selección de temas, buscando un equilibrio entre los distintos apartados. Y procurar una secuencia lógica de los mismos.

Algunos de estos puntos, como son la valoración de la preparación del alumno o la limitación de tiempo, condicionan que éste no sea quizá el programa que idealmente quisiéramos impartir, pero sin duda no podemos ignorar estos aspectos.

Dada la duración normal de un curso académico no se puede enfocar la asignatura como un recorrido a

todo lo largo de los distintos grupos zoológicos. Necesariamente se ha de tomar un punto de vista más general, abarcando los conceptos más fundamentales de las funciones vitales animales y apreciando con más detalle las modalidades más sobresalientes. Por ello, la materia se expone en el programa atendiendo a sistemas funcionales en lugar de separarla según los diferentes grupos taxonómicos y estudiar en cada uno de ellos las distintas funciones. Este esquema resulta más ágil y formativo, considerando que los alumnos poseen conocimientos de Zoología al menos a nivel general.

A nivel general, este es un programa teórico-práctico eminentemente comparado, aunque en los temas en que gran parte de la información elaborada disponible procede de textos de Fisiología Humana o especiales, se ha procurado incorporar la información referente a estos aspectos, tales como son por ejemplo los referentes a la fisiología del sistema nervioso central, o a la endocrinología, donde es conocido que ciertos tratados de Fisiología Animal excelentemente desarrollados en otros aspectos presentan una laguna informativa, comprensible a veces si tenemos en cuenta que en algunas universidades de otros países se imparten la neurología y la endocrinología como disciplinas individualizadas. En tales casos se ha procurado huir sin embargo, de un enfoque excesivamente antropocéntrico, incorporando también información comparada.

Tanto en los temas elegidos como en el orden y forma de exposición se ha intentado que predomine el aspecto formativo sobre el puramente informativo. De forma que el esquema general del programa supone una ordenación de la materia que permite crear un armazón estructural donde el estudiante pueda posteriormente, de forma fácil e interesante, encuadrar el conjunto de hechos relacionados con la Fisiología Animal.

En cuanto a las clases teóricas, la planificación de cada profesor habrá de ser coordinada con la del resto de profesores de la asignatura de modo que la progresión a lo largo del programa se realice de forma sincrónica, lo que facilitará la preparación en común de las cuestiones que integrarán las pruebas o exámenes planteados a lo largo del curso.

La forma de llevar a cabo la evaluación de la asignatura deberá ser, obviamente, por escrito, a causa del elevado número de alumnos que cursan la asignatura. El alumno que no supere el examen de la primera convocatoria (Junio) será calificado como suspenso y deberá concurrir al examen de la segunda convocatoria (Septiembre) en el que se someterá a valoración de la asignatura completa. Quienes no vean superado este examen deberán reiniciar su actividad para el siguiente curso sin posibilidad de conservar calificaciones de partes de la asignatura, puesto que el programa y contenido del mismo puede y debe haber sido actualizado, por lo que no procede conservar calificación alguna referente a las clases teóricas, de un curso académico a otro, en virtud de la necesaria uniformidad en la docencia del Departamento, aunque debe considerarse la posibilidad de tratar como una excepción a las clases prácticas, en las que debido a su menor tasa de renovación puede resultar procedente conservar las calificaciones iguales o superiores al apto en el transcurso de dos o tres cursos académicos, lo que estará en función, por supuesto, de la modificación del programa y del contenido de las propias clases prácticas.

ORGANIZACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE FISIOLOGÍA ANIMAL

Se inicia el programa teórico con lecciones informativas generales sobre contenido de la asignatura. El programa comienza con un apartado de **Introducción**. Dentro de este apartado se aborda en el primer tema el concepto de Fisiología. Este tema pretende ser una presentación de la disciplina, una toma de contacto entre el alumno y la nueva asignatura, su contenido, su lenguaje, y sus fronteras. Se trata de introducir un concepto claro y general de la Fisiología, de sus relaciones con otras ciencias afines y de justificar su interés en la Licenciatura de Biología.

Proseguimos en el programa de teoría, con otra lección eminentemente conceptual donde se introduce el concepto de **Homeostasis** y de **Medio interno** y se tratan los **Sistemas de regulación** del medio interno y sistemas generales de integración, ya que toda la asignatura puede verse favorecida con una clara comprensión de estas ideas. No podemos olvidar que los sistemas de regulación son mecanismos puestos al servicio del mantenimiento de la constancia relativa del medio interno. Por tanto, antes de proseguir con el estudio de los grandes sistemas de control fisiológico, nervioso y endocrino, creemos que está justificado el estudio del medio interno, así como de aquellos mecanismos implicados en su mantenimiento. En este tema se pone énfasis en la importancia que para el mantenimiento de la vida tiene la estabilidad del medio interno.

Se estudian a continuación, en detalle, el primero de los **Sistemas de Integración** y relación biológicos: el **Sistema Nervioso**. Dentro de este apartado del programa, se dedican los dos primeros temas al estudio de la unidad funcional del sistema nervioso, la neurona, en aspectos tales como la fisiología de la membrana, su potencial de reposo, los aspectos generales de la excitabilidad de la neurona, potencial de acción y conducción. En el tema siguiente se exponen los mecanismos implicados en la intercomunicación neuronal, la sinapsis, y la integración neuronal.

Visto el proceso de transferencia de información entre las unidades funcionales del sistema nervioso, estamos en condiciones de abordar el estudio del funcionamiento del sistema nervioso. Para ello dedicamos un primer tema a la exposición de la organización funcional del sistema nervioso. Tras éste, los cuatro temas siguientes explican cómo los estímulos del ambiente externo e interno activan las diferentes unidades receptoras, cómo éstas convierten dichos estímulos en energía nerviosa y cómo la información llega al sistema nervioso central para ser procesada e integrada.

Una vez estudiados los receptores, pasamos a considerar la fisiología del elemento final de un arco reflejo, el efector. En un tema se estudia el músculo esquelético y liso, dejando para otros capítulos posteriores el estudio del músculo cardíaco y de las glándulas.

A continuación se explica la motilidad refleja y voluntaria, con lo que podemos cerrar el proceso desde la llegada de un estímulo hasta la realización de una conducta motora simple o compleja.

Hasta el momento, nuestra explicación se ha dirigido a intentar mostrar como el sistema nervioso es capaz de recibir información exterior y como actúa sobre el medio externo y, sin embargo, aún no hemos mostrado como actúa el sistema nervioso sobre el medio interno. Esto se aborda en el tema siguiente, dedicado al sistema nervioso autónomo o vegetativo, tanto periférico como central.

Una vez conocido el funcionamiento del sistema de integración y control más importante a corto plazo, el sistema nervioso, y las principales funciones orgánicas en parte reguladas por aquél, creemos adecuado cerrar el ciclo con el segundo gran sistema de control fisiológico y colaborador natural del sistema nervioso en los procesos de integración y homeostasis: el **Sistema Endocrino**.

La Endocrinología y Reproducción son tratados en 4 temas, significando el papel integrador de los mensajeros químicos con la coordinación neural.

Se ha enfocado el estudio de los distintos temas de este gran apartado de acuerdo con los efectos causados por las distintas hormonas sobre funciones orgánicas generales, ya que consideramos que de esta forma se puede dar al alumno una visión integrada y de colaboración de unas hormonas con otras.

Comienza esta unidad temática con un tema introductorio en el que se definen los tipos de mensajeros

químicos y otras generalidades de las hormonas, como son su clasificación, procesos de síntesis y liberación, mecanismos de acción hormonal, transducción neuroendocrina, y eje hipotálamo-hipófisis. Su localización al comienzo de esta unidad temática se justifica ya que creemos conveniente que el alumno advierta desde el principio que los dos grandes sistemas de regulación, nervioso y endocrino, actúan conjuntamente. A continuación se trata del control endocrino del crecimiento y desarrollo, del metabolismo del calcio y fósforo y el sistema endocrino de invertebrados, con la descripción de las funciones endocrinas mejor conocidas.

El siguiente de tema se ha dedicado a tratar el control endocrino del metabolismo intermediario. Se deja para más adelante el control endocrino del metabolismo hidrosalino, que se tratará en la unidad temática dedicada a la excreción.

El último tema hace referencia al control endocrino de la reproducción. Esta se tratará como la única función endocrina que no se orienta al mantenimiento de unas condiciones apropiadas del medio interno de un organismo, sino más bien al mantenimiento de la especie.

Son tratados a continuación los temas referentes a **Energética Animal y Temperatura Corporal**.

En primer lugar se estudia el conjunto de intercambio de materia y transformaciones energéticas que se producen en un organismo, procesos que en su conjunto integran el **Metabolismo Energético**. Resulta útil pensar que los animales son sistemas químicos en donde constantemente tienen lugar transformaciones de energía. Las interacciones bioquímicas involucradas en la transformación de la energía de oxidación en el trabajo fisiológico son, generalmente, extraordinariamente complejas. El conjunto de las relaciones energéticas se engloba bajo el término de metabolismo.

En los dos temas siguientes se estudian los procesos de **Regulación Térmica** en los distintos grupos animales. La mayor parte de las reacciones bioquímicas son extremadamente sensibles a la temperatura. Dado que en cualquier sistema biológico la temperatura es un factor que influye fuertemente en todos los procesos, es clara la importancia de su regulación en todo momento de la vida animal. La termorregulación en los animales es un claro ejemplo de una función en que se interrelacionan los dos grandes sistemas de integración con otros factores de muy diversa índole.

Las unidades temáticas que se presentan a continuación y hasta el final del programa hacen referencia al estudio de las **Funciones de Transferencia Energética**.

Dos aspectos que guardan íntima relación con los líquidos vasculares son expuestos a continuación: el **Sistema Circulatorio**, y el **Sistema Respiratorio**, que como los referentes al medio interno, presentan, dada la riqueza de información sobre los mismos, un enfoque totalmente comparado.

Dado que para el mantenimiento de las condiciones vitales celulares se hace necesaria una renovación continua del líquido extracelular y que ésta no es posible, al menos en Metazoos, sin la presencia de un sistema activo de convección, estudiamos en primer lugar el **Sistema Circulatorio**. Para ello empleamos cinco temas. En primer lugar se estudia la hemodinámica, abordando el movimiento de la sangre por todo el sistema circulatorio y el movimiento de líquidos entre los capilares sanguíneos y las células. A este objetivo dedicamos inicialmente un tema. Tras este tema se hace una introducción general sobre la organización del sistema circulatorio, pasando a ver las estrategias empleadas por diferentes grupos animales para la renovación del medio interno,

Impulsada la sangre por el corazón, se hace necesario estudiar la bomba cardíaca, deteniéndonos

inicialmente en sus aspectos mecánicos y en la excitación cardíaca y el registro de la actividad eléctrica del corazón.

Para finalizar este apartado, reservamos un tema al estudio de los mecanismos de regulación cardiovascular para el mantenimiento de la presión, flujo y volumen sanguíneo. Se trata también la función hemostática como mecanismo conservativo del medio interno y también preventivo de la caída de presión sanguínea como consecuencia de una pérdida de sangre.

Una vez analizados los procesos que permiten la renovación del medio interno, pasamos a abordar los mecanismos implicados en el intercambio de elementos del líquido extracelular. Para ello comenzamos estudiando el aporte y la eliminación de productos gaseosos, el **Sistema Respiratorio**, dedicando cuatro temas a la fisiología comparada de los procesos respiratorios en relación a la influencia del medio ambiente acuático o aéreo, así como a la mecánica ventilatoria y función pulmonar, y dos temas más a aspectos fundamentales de la respiración: intercambio y transporte de gases y regulación de la función respiratoria.

Los procesos de **Nutrición** y **Sistema Digestivo** ocupan los tres siguientes temas. El primer tema está dedicado a explicar la nutrición y captación de alimentos, con lo que tratamos de hacer un recorrido por las soluciones adoptadas por diferentes grupos animales ante el problema de hacer llegar los nutrientes a las células de sus tejidos.

Los procesos mecánicos, que permiten que los alimentos entren en contacto con las distintas porciones del tubo digestivo y la eliminación de residuos no asimilables, así como la actuación de las diferentes secreciones digestivas y la absorción de alimentos, quedan agrupados en un tema. Finalmente, una vez estudiados los procesos digestivos, explicaremos el proceso de control de la digestión.

La siguiente unidad temática de este programa corresponde al **Sistema Excretor**. Este apartado aborda el estudio de la eliminación de productos metabólicos terminales, con la excepción del dióxido de carbono, ya estudiado en la respiración.

En el primer tema se trata de los mecanismos generales de eliminación de productos nitrogenados. El tema siguiente se dedica a profundizar en el estudio de los órganos de excreción en Invertebrados y Vertebrados y en los mecanismos de formación de orina y regulación de la función renal en Vertebrados.

Son tratados por último, dos temas que guardan estrecha relación con la función renal, como son la regulación de los equilibrios hidrosalino y ácido-base.

ORGANIZACIÓN, OBJETIVOS Y EVALUACIÓN DE LAS CLASES PRÁCTICAS DE LA FISIOLÓGÍA ANIMAL

La asistencia y realización de las clases prácticas será considerada por el profesor correspondiente, que evaluará personalmente a cada alumno, labor que viene facilitada por el menor número de alumnos en cada grupo (entre 15 a 20) con respecto a los grupos de teoría (entre 80-100), lo que permite una relación más directa con el alumno. En cualquier caso la asistencia será considerada como obligatoria. Se considerará la posibilidad de someter a examen práctico a aquellos alumnos que no hayan satisfecho este requisito, que creemos es de suma importancia en una disciplina con un carácter experimental tan acusado como lo es la Fisiología Animal.

Dada la imposibilidad de demostrar experimentalmente todo lo que se imparte en teoría, se hace una planificación global en la que se seleccionan las sesiones prácticas, de tal modo que sirvan de base para comprender los principales aspectos de la asignatura. En este sentido los grupos se distribuyen de tal modo que haya la máxima coordinación posible con la teoría. El programa de prácticas ha de permitir al alumno conocer los principales métodos utilizados en Fisiología sin necesidad de realizar un gran número de experiencias, ni desarrollar diseños muy complejos que le podrían crear confusiones y es, en realidad, tema de asignaturas de segundo o tercer ciclo de la carrera.

TEMA I

Teresa Pagés

1 LA FISIOLÓGIA ANIMAL. SISTEMAS FISIOLÓGICOS. FUNCIONES, MECANISMOS Y ADAPTACIONES

- 1.1 Características
- 1.2 La fisiología animal y la unidad función. Sistemas fisiológicos
- 1.3 Funciones, mecanismos y adaptaciones
- 1.4 Sumario de los temas primordiales que caracterizan a la fisiología animal

1.1 Características

La Fisiología puede definirse como el estudio de los procesos funcionales de los seres vivos y de sus partes constituyentes (Figura 1.1). Estudia procesos dinámicos, por lo que es importante el tiempo. La función es siempre parte esencial en todas las definiciones de la vida. Un animal muerto (sistema estático) tiene aparentemente las estructuras que desempeñan dichas funciones, pero en el animal vivo además funcionan.

Los procesos funcionales pueden ser investigados a diferentes niveles, desde el estudio de la función celular, de los órganos y sistemas, hasta el funcionamiento del animal completo como una unidad, poniendo especial relevancia en cómo se controlan y regulan estas funciones y cómo están correlacionadas e integradas en un organismo.

Las distintas funciones del animal se manifiestan como cambios morfológicos, físicos o químicos, y su conocimiento precisa del análisis más completo posible de estos cambios. En consecuencia, el progreso de la Fisiología ha dependido del desarrollo de otras ciencias, principalmente de la Anatomía, la Física y la Química.

La Fisiología Animal es una ciencia experimental, que se basa en la observación y experimentación, no excluyendo la formulación de hipótesis y de teorías. Tiene una base interdisciplinaria muy marcada: está ligada al desarrollo de todas las ciencias básicas y de distintas disciplinas de la Biología. Una adecuada formación en estas disciplinas ayudará enormemente a comprender la Fisiología Animal.

1.2 La Fisiología Animal y la unidad funcional. Sistemas fisiológicos

Con la colaboración de la la Biología Molecular y Bioquímica, la Biofísica, Morfología y de otras ciencias biológicas, la Fisiología analiza cada vez con mayor precisión los cambios físicos, químicos y

estructurales correspondientes a las distintas funciones y avanza en el conocimiento de los procesos implicados en cada función, el modo de regularlos y el significado que tienen para la vida del individuo.

La última finalidad de esta materia es comprender, en términos físicos y químicos, los mecanismos que actúan en los organismos vivos, a todos los niveles, abarcando desde el subcelular hasta el organismo completo e integrado. Este objetivo es realmente ambicioso, puesto que cada organismo vivo, aún una célula aislada, es increíblemente complejo. Por esta razón se estudia la fisiología dividida en sus partes: molecular, celular (general), de organismo, de sistema, y ambiental. A pesar de estas divisiones, algo artificiosas, existen innumerables áreas de solapamiento, y los principios comunes se repiten de un aparte a la otra, lo cual proporciona un hilo de continuidad. Es evidente también, que estos principios surgen de las propiedades de la materia y de la energía.

El estudio, enseñanza e investigación de la Fisiología, puede hacerse considerando por separado los distintos sistemas y sus funciones (circulatorio, respiratorio, digestivo, sensorial, etc.), pero sin perder de vista que cada función representa un aspecto parcial del vivir total del animal, que sólo encuentra sentido integrada en la **unidad funcional** del individuo. El cerebro, por ejemplo, no puede funcionar sin un constante suministro de sangre, que transporta oxígeno y glucosa, impulsado por el bombeo del corazón. El corazón no puede sobrevivir nada más que unos minutos sin el oxígeno suministrado a través de la sangre circulante por los pulmones. Los pulmones no pueden funcionar sin las órdenes nerviosas que desde el encéfalo van a los músculos respiratorios. Ejemplos parecidos abundan también en los niveles funcionales subcelulares. Por eso, muchas reacciones químicas subcelulares requieren la integridad y la actividad metabólica de las membranas biológicas, mientras que las membranas dependen de alguna de estas mismas reacciones para la producción de moléculas formadoras de energía.

1.3 Funciones, mecanismos y adaptaciones

Cualquier función ha de ser regulada en cada momento, en coordinación con las otras, en servicio de esa unidad funcional que es el organismo (Figura 1.2). El organismo sobrevive gracias a un continuo intercambio material y energético con el medio ambiente, que no debe sobrepasar ciertos límites. Los constituyentes químicos del organismo se renuevan con velocidad variable, sometidos a degradación y biosíntesis y se produce continuamente intercambio y transformación de energía, procesos que en su conjunto integran el **metabolismo**. El animal requiere oxígeno del medio exterior para obtener de la oxidación de sustratos la energía que precisa. También requiere nutrientes, que obtiene de los alimentos, con el fin de sintetizar sustancia propia, conseguir energía y reponer reservas. Por su parte, devuelve al medio calor, CO₂ y diversos productos de excreción. Las funciones de **nutrición** incluyen la ingestión de los alimentos, muy predominantemente orgánicos, y su **digestión** hasta liberar las sustancias nutritivas de molécula pequeña que serán objeto de **absorción** por el tubo digestivo. La entrada de O₂ y eliminación de CO₂ se realiza por la **respiración** y la eliminación de las excretas mediante la **excreción**.

En los animales pluricelulares, el **medio interno** (o extracelular), que baña las células está separado por un epitelio del medio exterior con el que intercambia energía (calor y trabajo) y materiales. Una fracción del medio interno, líquidos circulatorios, se desplaza continuamente entre los diversos territorios del organismo (**circulación sanguínea**): en los tejidos el medio interno cede O₂ y nutrientes a las células y toma de ellas excretas y CO₂; en la superficie respiratoria intercambia gases, CO₂ y O₂; de la superficie digestiva recibe nutrientes y por la excretora elimina productos de excreción al exterior por el sistema excretor y además transporta sustancias y calor.

La **reproducción** de los animales es en general **sexual** entre individuos unisexuales, aunque se dan en bastantes especies de invertebrados el hermafroditismo y la partenogénesis. En formas inferiores hay también

reproducción **asexual**.

En los animales existen dos sistemas específicos de comunicación y regulación: el **endocrino** y el **nervioso**. El **sistema endocrino** produce hormonas, sustancias que ejercen efectos específicos reguladores sobre otras células a las que llegan a través del medio interno. El **sistema nervioso**, con el **sistema sensorial** y los **efectores**, exclusivo de los animales, envía señales (cambios propagables del potencial eléctrico de la membrana) de una parte a otra del organismo mediante las fibras nerviosas y permite obtener información sobre cambios en el propio organismo y en el exterior, responder a las informaciones recibidas de forma adecuada y desplegar actividades espontáneas. Los principales efectores son los músculos y las células secretoras, aunque en algunos animales lo son también los cromatóforos, los órganos eléctricos o los que emiten luz.

Los dos sistemas, endocrino y nervioso, están además relacionados entre sí, lo que favorece la integración y coordinación precisas para la unidad funcional.

La comprensión de cómo los organismos vivos funcionan viene enormemente facilitada si se utiliza un enfoque comparado. El comparar diversos animales y examinar cómo cada uno de ellos ha resuelto los problemas de vivir dentro de las limitaciones impuestas por el medio ambiente, permite conseguir una mejor visión de los principios generales.

La Fisiología Animal Comparada estudia de forma integrada las relaciones funcionales que ocurren en distintos animales. Estudia el modo por el cual distintos organismos realizan funciones similares: animales genéticamente distintos pueden mostrar estrechas similitudes en aspectos funcionales concretos. De modo opuesto, animales estrechamente relacionados, reaccionan de formas muy distintas a alteraciones de su medio: se han adaptado. En el estudio de las **adaptaciones** se utiliza al animal como una variable experimental. Una ventaja del enfoque comparado es que permite identificar modelos de evolución morfofisiológica. La comprensión de estos modelos es, a menudo, crucial para analizar el valor adaptativo de las características fisiológicas que ha dado lugar a un grupo animal. La combinación de todas las adaptaciones fisiológicas posibles a todos los ambientes distintos disponibles en más de un millón de especies animales descritas es asombrosa. La historia de la Fisiología Animal es rica en el estudio de adaptaciones de especies individuales a las demandas y limitaciones de un ambiente particular, proporcionando una gran matriz de conocimientos de ambientes y adaptaciones. Actualmente los fisiólogos han incorporado nuevas y potentes herramientas de la biología evolutiva y de la biología molecular para el estudio e identificación de patrones en esta serie impresionante de datos fisiológicos.

1.4 Sumario de los aspectos primordiales que caracterizan a la Fisiología Animal

- La función depende de la estructura a todos los niveles y viceversa, desde el atómico hasta los organismos. Con frecuencia, sólo estructuras especializadas permiten funciones especializadas.

- La selección natural ha conducido a la adaptación fisiológica, es decir, a procesos bien ajustados que ayudan a los animales a sobrevivir en ambientes a menudo hostiles. Las funciones adaptativas de células, tejidos y órganos que han ido apareciendo durante la evolución, están determinadas genéticamente y por la selección natural.

- Los animales exhiben distintos grados de homeostasis, la tendencia hacia una estabilidad relativa del medio interno del organismo. Sin homeostasis las fluctuaciones y los niveles inadecuados de temperatura, pH, oxígeno y otras características fisicoquímicas pueden trastornar las reacciones químicas básicas en que se fundamentan la fisiología, la anatomía y el comportamiento.

- Los mecanismos de control por retroalimentación son críticos para mantener la homeostasis.

- Los animales pueden responder a cambios en las condiciones del ambiente de dos maneras diferentes: se ajusta el medio interno reflejando las condiciones externas (**conformistas**), es decir, no pueden mantener la homeostasis; ajustando el medio interno dentro de estrechos límites conforme cambien las condiciones ambientales (**reguladores**), es decir, manteniendo la homeostasis.

BIBLIOGRAFÍA

Florey, E. Facts and fallacies in contemporary physiology. En McLennan, J.R. Ledsome, C.H.S. McIntosh Y D.R. Jones (eds.). Advances in Physiological Research, págs. 91-110. Plenum Press, Nueva York, 1987.

Futuyama, D.J. Evolutionary Biology. 2ª ed. Ed. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 1986.

De Quiroga, G. B. Fisiología Animal y Evolución. Hacia una visión más objetiva de los seres vivos. Ediciones Akal. Colección Akal Universitaria, sección ciencias, 1993.

Lewontin, R.C. La adaptación. Investigación y Ciencia 26:138-149, 1978.

Scott, E. Physiology and the Scientific Method. Manchester University Press. Manchester, Dover N.H. 1986.

CUESTIONES

1. Explica las diferencias entre adaptación, ambientación y aclimatación en un animal. Pon ejemplos de cada uno.
2. Define a qué campo o subdisciplina de la Fisiología pertenece cada uno de los siguientes supuestos:
 - El estudio del patrón ventilatorio de distintos organismos acuáticos y aéreos
 - La mejora en la producción de carne en el ganado
 - La caracterización de un modelo animal para el estudio de la obesidad animal
 - La adaptación a condiciones desérticas de la rata canguro
 - El estudio de la inseminación artificial para la mejora de la cría animal
3. Explica por qué la función depende de la estructura a todos los niveles de la organización biológica y en todos los procesos fisiológicos.
4. Dos de los siguientes sistemas son los que tienen la mayor responsabilidad para garantizar el mantenimiento de la homeostasis del medio interno. ¿Cuáles son?
 - Sistema nervioso
 - Sistema digestivo
 - Sistema cardiovascular
 - Sistema endocrino
 - Sistema respiratorio
 - Sistema reproductor

TEXTOS DOCENTS

258

FISIOLOGÍA ANIMAL

Material gráfico

Coordinación:

Teresa Pagés

Josefina Blasco

Luis Palacios

Autores:

Vicente Alfaro, Josefina Blasco, Teresa Carbonell, Joaquim Gutiérrez,
Isabel Navarro, Teresa Pagés, Luis Palacios, Jesús Palomeque, Josep Planas,
Miquel Riera, M. Puy Sáiz, J. Ramón Torrella, Ginés Viscor

Diseño material gráfico:

Rosa Marín Ribas

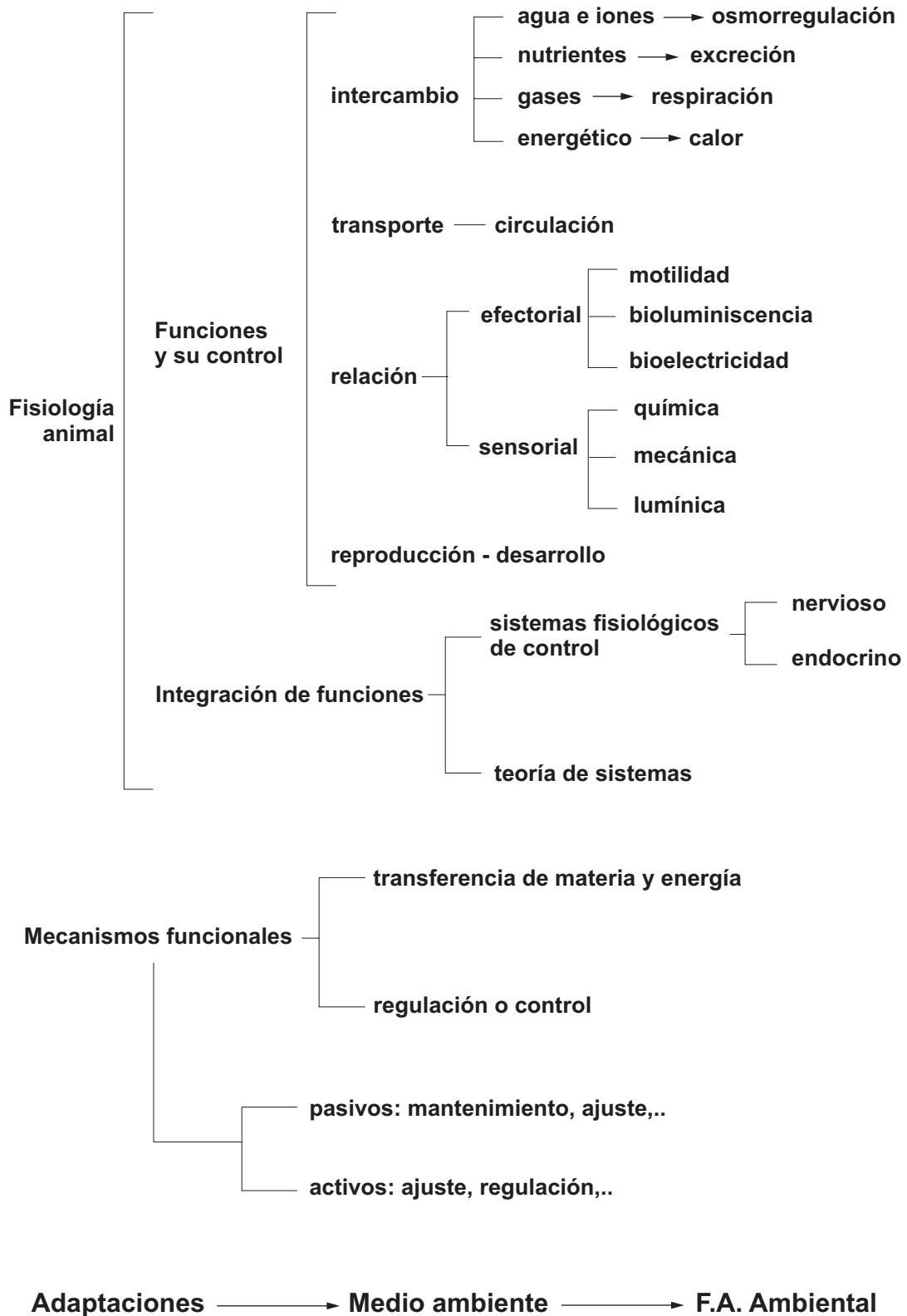
Departament de Fisiologia

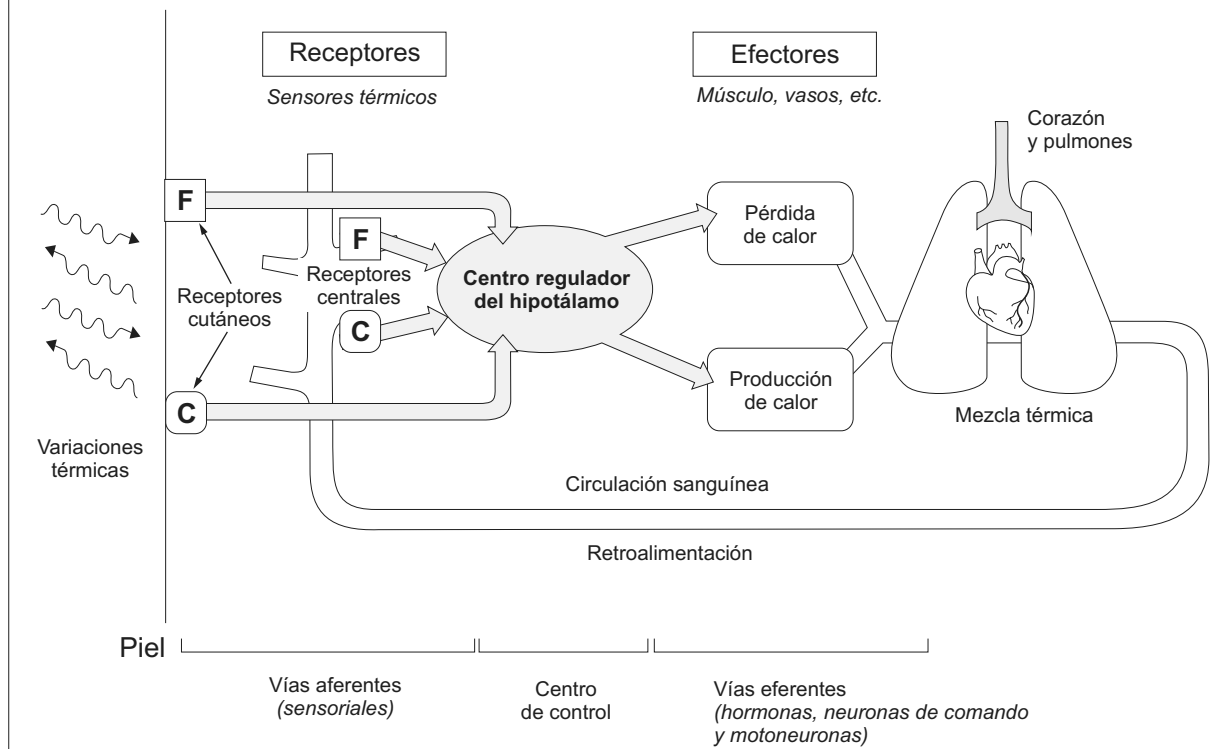
Publicacions i Edicions



UNIVERSITAT DE BARCELONA

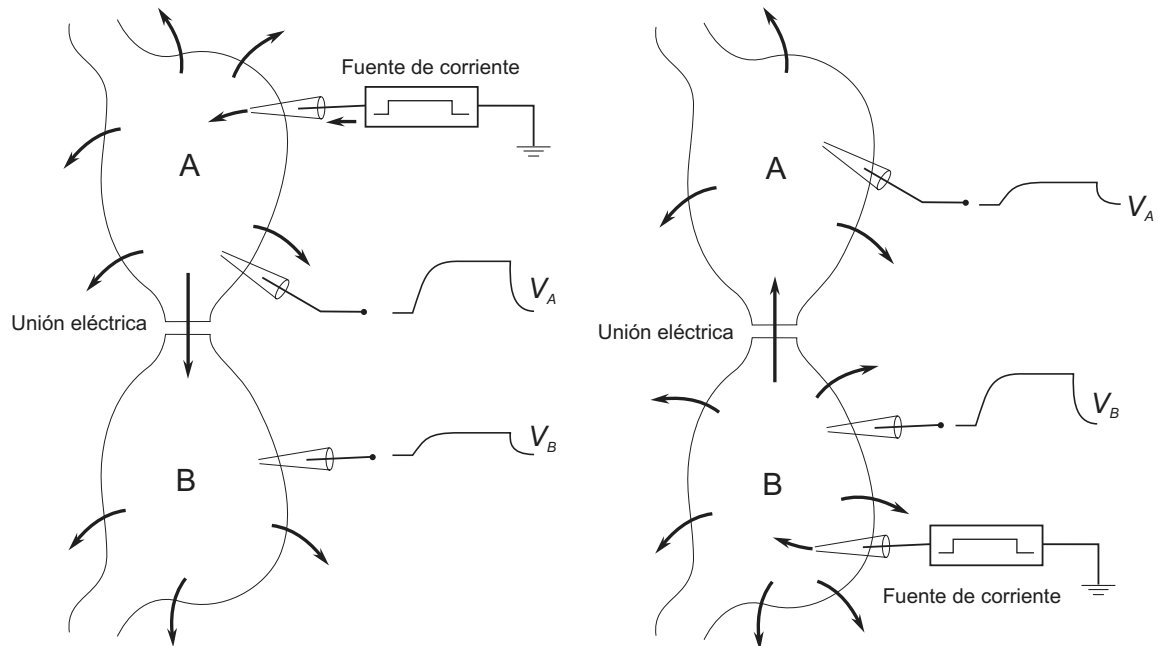






5.1

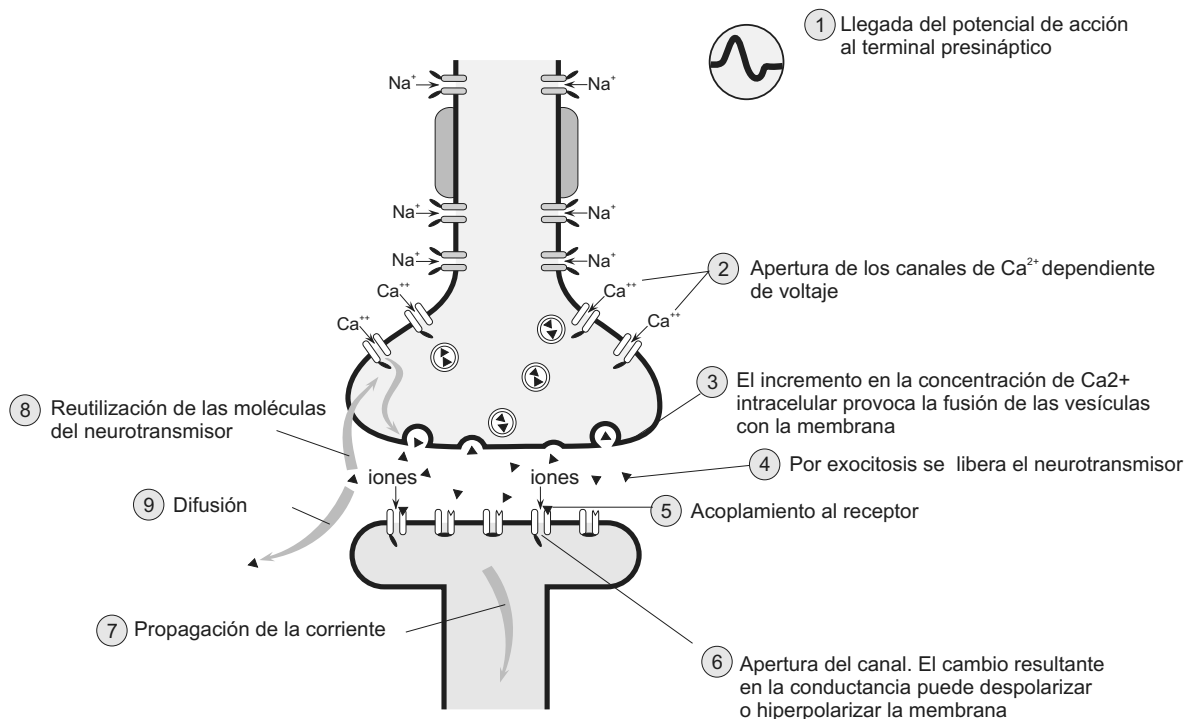
Sinapsis eléctrica



La inyección de corriente en una célula genera un potencial en la otra. El acoplamiento normalmente es simétrico.

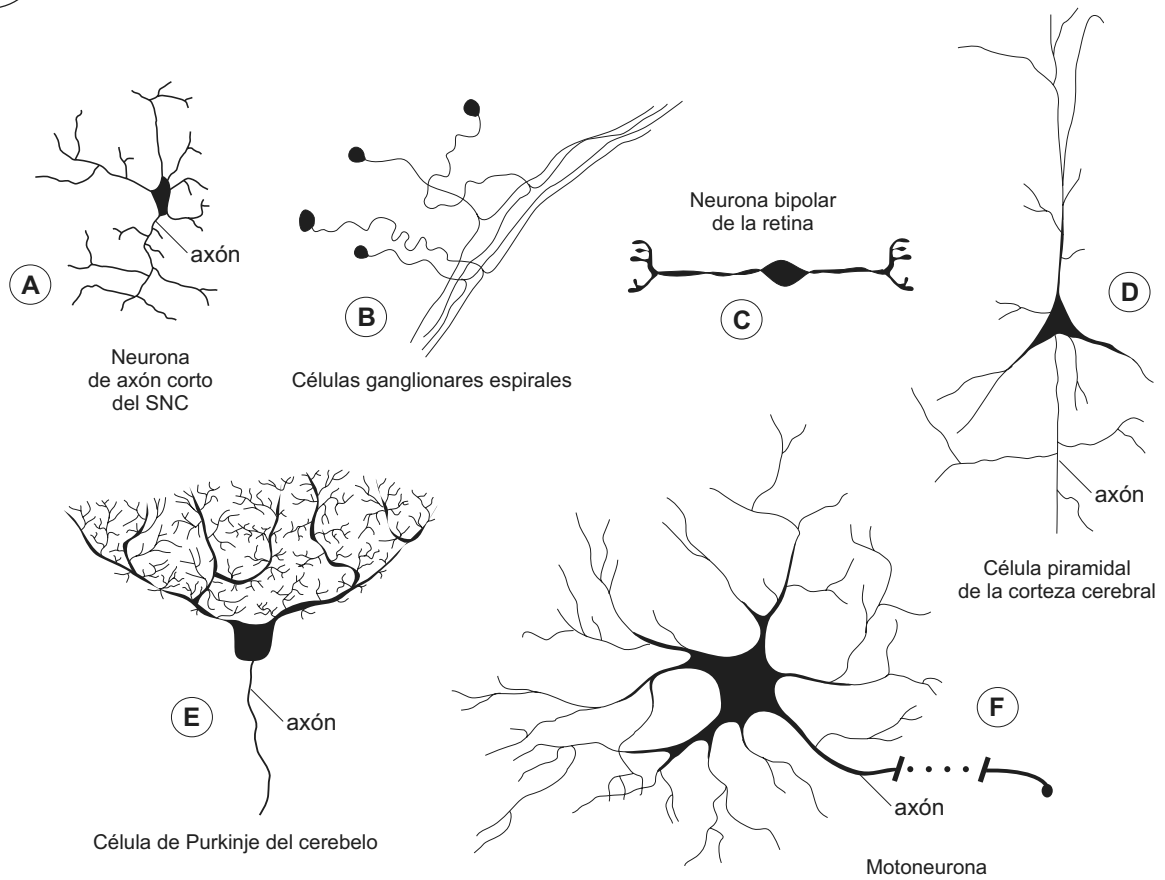
5.2

Principales procesos en una sinapsis química



6.1

Diferentes tipos de neuronas



SN Reticular

Predominio de neuronas — Isopolares | Bipolares
Multipolares estrelladas

SN Lemniscal

Predominio de neuronas — Heteropolares | Unipolares
Multipolares

6.2

Estructura funcional de una neurona

