

Índice

Prólogo.....	19
--------------	----

Primera parte. El medio marino y su incidencia en la vida acuática

Capítulo 1. El mar como sistema abierto, caracterización fisicoquímica e implicaciones biológicas	23
--	-----------

1. Origen de los océanos.....	23
2. Implicaciones de los océanos en los ciclos sedimentarios	24
3. El océano como regulador térmico del planeta.....	24
4. Génesis de las corrientes y su importancia para la vida.....	25
5. La física del agua y los procesos atmosféricos	25
6. Gigantesca factoría biogeoquímica y sus trascendentes interacciones	25
7. Variables ambientales y su influencia en la vida marina.....	26
7.1. Densidad y viscosidad.....	26
7.2. Las sales	27
7.3. La temperatura.....	31
7.4. La luz	32
7.5. El oxígeno.....	37
7.6. El dióxido de carbono.....	39
7.7. La presión hidrostática	41

Capítulo 2. Fondo oceánico, topografía y estructura. Tipos de sedimentos	43
---	-----------

1. Zonas topográficas del fondo marino.....	43
1.1. Plataforma continental	43
1.2. Talud continental	43
1.3. Cuencas oceánicas.....	44
1.4. Dorsales oceánicas	45
1.5. Fosas oceánicas	45
1.6. Islas volcánicas	45
1.7. Mares marginales	45
2. Tectónica de placas	45

3. Los sedimentos marinos: procesos y características.....	45
3.1. El proceso de sedimentación	45
3.2. Condiciones que determinan la naturaleza del sedimento.....	47
3.3. Tipos de sedimentos	47
3.4. Propiedades del sedimento reciente	47
3.5. Aspectos que influyen en la naturaleza del sedimento	48
3.6. Facies sedimentarias	48
3.6.1. Facies pelágicas	48
3.6.2. Facies del margen continental.....	48
3.6.3. Facies carbonatadas de plataforma.....	48
3.6.4. Facies del talud continental y elevación.....	48
4. Tipos de sustratos y sus potencialidades para albergar vida	49
4.1. Sustrato duro	49
4.2. Sustrato blando	50

Capítulo 3. Circulación marina 55

1. El movimiento de las aguas marinas	55
2. Circulación superficial	55
2.1. Corrientes de deriva	56
2.2. Corrientes geostróficas	59
2.3. El fenómeno El Niño.....	60
3. Circulación profunda o termohalina	60
4. Olas y mareas.....	62
4.1. Olas	62
4.2. Mareas.....	63
5. Influencia de las corrientes en los organismos	65

Segunda parte. Vida marina

Capítulo 4. La biodiversidad marina 71

1. ¿Qué es la diversidad biológica y cómo se mide?.....	71
2. Las categorías hegemónicas: dominios, reinos y clados	73
3. Biodiversidad acuática <i>versus</i> biodiversidad terrestre	76
4. La biodiversidad en el mar	80
4.1. Según el sustrato y el tamaño del hábitat	80
4.2. Según la longitud.....	82
4.3. Según la latitud.....	85
4.4. Según la profundidad.....	91
5. Amenazas y pérdida de biodiversidad.....	93
6. Conservación del medio marino	99

Capítulo 5. Zonificación general del mar y características de su biota..... 101

1. Zonificación general del mar	101
2. Medio pelágico y subdivisiones de la biota	102
2.1. Singularidades de la vida pelágica	103
2.2. Influencia de la profundidad en los tipos de vida.....	105

3. Medio bentónico y subdivisiones de la biota	106
3.1. Singularidades de la vida bentónica	109
3.2. Influencia de la profundidad en los tipos de vida.....	110
4. La conexión plancton-necton-bentos	110
Capítulo 6. Los sistemas litoral y profundo	115
1. Factores abióticos y bióticos determinantes de la zonación.....	115
1.1. Factores abióticos.....	115
1.2. Factores bióticos	116
2. La zonación en la plataforma continental	117
3. Zonas supralitoral y mediolitoral.....	118
3.1. Sustrato rocoso: factores determinantes de la zonación	119
3.2. Sustrato blando: factores determinantes de la zonación.....	125
3.3. Zonación horizontal del mediolitoral.....	130
3.4. Zona infralitoral	132
3.4.1. Factores determinantes de la zonación en el sustrato rocoso.....	132
3.4.2. Factores determinantes de la zonación en el sustrato blando.....	133
3.4.3. Factores físicos	134
3.4.4. Factores biológicos.....	136
3.5. Zona circalitoral: factores determinantes en sustrato rocoso y blando	138
3.5.1. Sustrato duro.....	138
3.5.2. Sustrato blando	141
4. El sistema profundo	141
4.1. Generalidades ambientales	141
4.2. Caracterización de la biota profunda.....	141
4.3. Composición faunística y diversidad	142
5. Ecosistemas independientes de la luz solar: comunidades asociadas a fuentes hidrotermales profundas	143
Capítulo 7. Producción en los océanos y relaciones tróficas	147
1. Conceptos relacionados con la producción y la productividad.....	147
2. Implicaciones en la sucesión ecológica	149
3. La producción primaria en los océanos.....	152
4. Factores que afectan a la producción: luz, nutrientes e hidrodinamismo	154
4.1. Luz	154
4.2. Nutrientes.....	155
4.2.1. Generalidades	155
4.2.2. La paradoja HNCL (<i>High Nutrients Low Chlorophyll</i>).....	157
4.3. Hidrodinamismo	158
5. Variaciones geográficas	158
5.1. Mares templados.....	158
5.2. Mares tropicales	159
5.3. Mares polares.....	159
6. Variaciones entre mar abierto y aguas costeras	159
7. Distribución de la producción en el mar: <i>patchiness</i>	161
8. Redes tróficas oceánicas	162
8.1. Modelo clásico o del microplancton	162

8.2. Modelos actuales: el bucle microbiano.....	164
8.3. Introducción a las redes tróficas neotónicas.....	166
8.4. Transferencia y pérdida de energía entre niveles.....	166
8.5. Relaciones tróficas especiales.....	167
Capítulo 8. Adaptaciones a la vida marina: generalidades	171
1. Tipos de simetría y sus implicaciones adaptativas en los medios pelágico y bentónico.....	171
1.1. Simetría irregular y colonialidad.....	171
1.2. Simetrías birradial y radial	176
1.3. Simetría bilateral	179
1.3.1. Moluscos, anélidos y crustáceos	179
1.3.2. Sipuncúlidos y priapulidos.....	182
1.3.3. Foronídeos, braquiópodos y briozoos.....	183
1.3.4. Equinodermos y hemicordados	185
1.3.5. Cordados: tunicados (urocordados) y cefalocordados.....	187
1.3.6. Bilaterales vágiles.....	189
2. Síntesis de la relación «simetría-tipo de vida».....	191
3. Microfagia, macrofagia, suspensívoros activos y pasivos	191
4. Adaptaciones derivadas del color, de la fluorescencia, de la bioluminiscencia y de la transparencia: significado ecológico	193
4.1. Color	193
4.2. Fluorescencia	197
4.3. Bioluminiscencia.....	198
4.4. Transparencia	200
5. Adaptaciones fisiológicas.....	201
5.1. Regulación osmótica.....	201
5.2. Excreción.....	202
5.3. Inmersión	203
Capítulo 9. Adaptaciones morfológicas de los vertebrados marinos	207
1. Introducción.....	207
2. Los vertebrados marinos por excelencia.....	208
2.1. Forma y movimiento.....	208
2.1.1. Depredadores vagabundos.....	208
2.1.2. Depredadores al acecho.....	208
2.1.3. Depredadores de superficie	209
2.1.4. Peces de fondo	209
2.1.5. Peces comprimidos	210
2.1.6. Peces anguiliformes	211
2.2. Modificaciones adaptativas en la etapa «larva-adulto»	211
2.3. Boca	213
2.3.1. Estructura de la boca	213
2.4. Aletas	216
2.5. Escamas	220
2.6. Espinas protectoras y glándulas venenosas.....	222
2.7. Vejiga gaseosa.....	222

2.8. Órganos eléctricos.....	224
2.9. Implicaciones morfológicas de los sentidos	224
2.9.1. Señales eléctricas	224
2.9.2. Campos magnéticos	225
2.9.3. Vibraciones y ondas	225
2.9.4. Oído.....	225
2.9.5. Olfato	226
2.9.6. Vista	227
2.9.7. Gusto y tacto.....	228
2.10. Adaptación a la vida bentónica	228
2.10.1. Elasmobranquios.....	229
2.10.2. Teleósteos	231
2.11. Asociaciones inter e intraespecíficas	231
2.11.1. Asociaciones interespecíficas	231
2.11.2. Asociaciones intraespecíficas	233
2.11.2.1. Asociaciones colectivas	233
2.11.2.2. Asociaciones intraespecíficas especiales	235
3. Los vertebrados marinos de origen terrestre	235
3.1. Reptiles	236
3.2. Aves	236
3.3. Mamíferos	237
Capítulo 10. Sistemas de reproducción, desarrollo larvario y ciclos de vida	243
1. Reproducción sexual	243
1.1. Fecundación	244
1.2. Periodos larvarios y cuidados parentales.....	245
2. Reproducción asexual.....	246
3. Metagénesis.....	247
4. Desarrollo planctotrófico y no planctotrófico: estrategias ecológicas.....	247
5. Poecilogonia, ¿realidad o fantasía?.....	250
6. Tipología reproductiva y larvaria en los grandes grupos zoológicos exclusivamente marinos o con representantes en este medio.....	250
6.1. Poríferos	250
6.2. Cnidarios	253
6.3. Rotíferos	254
6.4. Sipuncúlidos.....	254
6.5. Anélidos	254
6.6. Artrópodos	254
6.7. Moluscos	254
6.8. Equinodermos	254
6.9. Cordados	255
7. Ciclos reproductivos de las algas, fanerógamas marinas y manglares	255
7.1. Diatomeas.....	255
7.2. Dinoflagelados	256
7.3. Algas pardas	256

7.4.	Algas rojas.....	257
7.5.	Algas verdes	257
7.6.	Fanerógamas marinas	258
7.7.	Manglares	259
8.	Ciclos reproductivos de invertebrados bentónicos sésiles	260
8.1.	Poríferos	260
8.2.	Cnidarios	261
8.3.	Briozoos.....	262
8.4.	Tunicados ascidiáceos	267
Capítulo 11. Evolución: generalidades y su acontecer en el mar.....		269
1.	¿Evolución gradual o por saltos?	269
2.	La especie biológica: criptoespecies y especies politípicas.....	272
3.	Biodiversificación y extinciones.....	274
4.	Mecanismos de aislamiento genético	277
4.1.	Precigóticos	277
4.2.	Postcigóticos	280
5.	Modelos de especiación	280
5.1.	Alopatría	280
5.2.	Simpatría.....	282
5.3.	Parapatría	284
6.	Epigenética y sus implicaciones evolutivas, un reciente y prometedor campo de investigación en el ámbito marino	285
7.	¿Son todas las especies endémicas? Discusión del concepto e implicaciones cladísticas.....	288
7.1.	Holoendémico	288
7.2.	Euriendémico.....	288
7.3.	Estenoendémico.....	288
7.4.	Roendémico.....	288
8.	Especiación en áreas costeras y profundas	290
8.1.	Áreas costeras	290
8.2.	Áreas profundas	292
9.	Los ambientes marinos contaminados y su presión selectiva	294
Capítulo 12. Biogeografía marina.....		295
1.	Introducción	295
2.	Interfases en el sistema oceánico: ¿existen verdaderas barreras?	295
3.	Biogeografía de las áreas litorales	297
3.1.	Hemisferio norte	297
3.1.1.	Áreas Polares Árticas	297
3.1.2.	Provincia Báltica	297
3.1.3.	Provincia Pacífica Septentrional.....	298
3.1.4.	Provincia Boreoatlántica.....	298
3.1.5.	Provincia Sarmática	298
3.1.6.	Zona Templada Septentrional (Provincia Atlantomediterránea).....	299
3.2.	Hemisferio sur.....	299
3.2.1.	Áreas Polares Antárticas.....	299

3.2.2.	Costas Sudafricanas.....	300
3.2.3.	Costas Meridionales de Australia y Nueva Zelanda	300
3.2.4.	Zona Templada del Hemisferio Meridional	300
3.3.	Cinturón ecuatorial.....	300
3.3.1.	Zona intertropical	300
4.	Biogeografía de las zonas profundas.....	301
5.	Biogeografía de la biota pelágica.....	302
6.	Bipolaridad.....	303
7.	El mar Mediterráneo	304
7.1.	Evolución paleogeográfica	304
7.2.	Biogeografía.....	304
7.3.	El estrecho de Gibraltar: singularidad y afinidades zoogeográficas	306
7.4.	Migración lessepsiana	309

Tercera parte. Recursos marinos

Capítulo 13.	Recursos marinos y pesquerías	313
1.	El mar como fuente de recursos.....	313
2.	Recursos abióticos	314
2.1.	Recursos minerales	314
2.2.	El mar como recurso hidrológico, de transporte y turístico	315
3.	Recursos bióticos.....	316
3.1.	Recursos generales (excluidos los pesqueros).....	316
3.2.	Recursos pesqueros y técnicas de captura.....	317
3.2.1.	Estuarios, marismas y salinas	317
3.2.1.1.	Estuarios	317
3.2.1.2.	Marismas y salinas	318
3.2.2.	Mar.....	318
3.2.2.1.	Distribución espacial de los recursos pesqueros	318
3.2.2.2.	Biotopos de interés para el aprovechamiento pesquero.....	320
3.2.2.3.	Zona pelágica litoral	320
3.2.2.4.	Zona de rocas someras.....	320
3.2.2.5.	Zona de arenas someras.....	321
3.2.2.6.	Zona de fango y cascajo	321
3.2.2.7.	Zona del talud continental	321
3.2.2.8.	Especies de importancia pesquera	321
3.2.2.9.	Técnicas de captura.....	323
3.2.3.	Esfuerzo de pesca y rendimiento máximo sostenible	332
3.2.3.1.	Esfuerzo de pesca.....	332
3.2.3.2.	Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)	332
3.2.3.3.	Rendimiento máximo sostenible (RMS)	332
3.2.4.	Bases biológicas, científicas y técnicas en la ordenación de las pesquerías	333
3.2.5.	Sobrepesca e impacto ambiental	339
3.2.5.1.	Sobrepesca	339
3.2.5.2.	Sobrepesca de crecimiento.....	340

3.2.5.3. Sobrepesca de reclutamiento	340
3.2.5.4. Sobrepesca demográfica	341
3.2.5.5. Sobrepesca genética.....	341
3.2.5.6. Sobrepesca en serie.....	341
3.2.5.7. Sobrepesca del ecosistema	341
3.2.5.8. Impacto ambiental.....	341
3.2.6. Influencia de la contaminación en las pesquerías.....	342
3.2.7. Medidas de protección y promoción de los recursos	344
Capítulo 14. Arrecifes artificiales	347
1. Introducción.....	347
2. Concepto, proyección socioeconómica y finalidad.....	348
3. ¿Son arrecifes artificiales las escolleras de infraestructuras costeras, los buques hundidos y las microrreservas marinas artificiales?	350
4. Hábitats artificiales en el mundo.....	350
5. Diseño, materiales y tamaño.....	350
6. Zona de instalación.....	355
7. La disyuntiva atracción-producción: ¿extremos de un <i>continuum</i> ?	356
8. Consecución de objetivos y rendimiento pesquero.....	360
8.1. ¿Cubren sus objetivos las inversiones en arrecifes artificiales?.....	360
8.2. Rendimiento pesquero	360
9. Estructuras verticales singulares: plataformas petrolíferas y muelles de repostaje	361
10. La interrelación acuicultura-arrecifes artificiales	364
10.1. Acuicultura, impacto ambiental y arrecifes artificiales	364
10.2. Acuicultura, repoblación pesquera y arrecifes artificiales	365
Capítulo 15. La acuicultura marina	367
1. Selección de zonas para la acuicultura.....	367
1.1. Condiciones ambientales de las especies.....	367
1.1.1. Temperatura	367
1.1.2. Salinidad	368
1.1.3. Concentración de oxígeno	368
1.1.4. Contaminación potencial.....	368
1.1.5. pH	368
1.1.6. Turbidez.....	368
1.1.7. Producción masiva de microalgas	369
1.1.8. Presencia de agentes patógenos.....	369
1.1.9. Renovación del agua.....	369
1.1.10. Corrientes	369
1.2. Condiciones para la seguridad física de las instalaciones	369
1.3. Condiciones socioeconómicas	370
2. Elección de especies cultivables.....	370
2.1. Parámetros biológicos.....	370
2.2. Parámetros medioambientales	371
2.3. Parámetros tecnológicos.....	371
2.4. Especies cultivables.....	371

3.	Fases de cultivo.....	372
3.1.	Obtención de huevos, esporas, semillas y alevines	372
3.2.	Preengorde	374
3.3.	Engorde	374
3.3.1.	Estanques en tierra: tanques o depósitos	375
3.3.2.	Estructuras flotantes.....	376
3.3.2.1.	Los entramados flotantes	376
3.3.2.2.	Los sistemas en línea.....	378
3.3.2.3.	Las jaulas.....	378
3.3.2.4.	Las bateas.....	381
4.	Tipos de cultivo.....	382
4.1.	Clasificación general de los cultivos acuáticos	382
4.2.	Cultivos extensivos.....	382
4.3.	Cultivos semiintensivos	385
4.4.	Cultivos intensivos	385
4.5.	Cultivos de recuperación y de repoblación	385
5.	Alimentación en la acuicultura.....	387
6.	Biotecnología y reproducción	388
7.	Enfermedades en la acuicultura	389
7.1.	Causas que inducen estrés fisiológico	389
7.2.	Tratamiento y profilaxis de enfermedades.....	389
7.3.	Principales enfermedades	390
7.3.1.	Moluscos.....	390
7.3.2.	Crustáceos	390
7.3.3.	Peces	390
7.3.4.	Patologías por introducción de especies alóctonas.....	391
7.4.	Manejo e investigación de las enfermedades.....	391
8.	Producción y rendimiento	392
8.1.	Crecimiento de la acuicultura respecto a la producción pesquera global.....	392
8.2.	Producción por ambientes de cultivo y principales grupos de especies.....	393
8.3.	Producción de la acuicultura por continentes, grandes regiones y países	394
8.4.	Contribución a la reserva global de alimentos.....	396
8.5.	Costes y posición competitiva de la acuicultura	398
9.	Acuicultura y actividades en el medio marino: interacciones e impactos ambientales.....	398
9.1.	Interacciones entre la acuicultura y otras actividades.....	398
9.2.	Impactos de la acuicultura y factores implicados	400
9.2.1.	Impactos en los sedimentos.....	400
9.2.2.	Praderas de fanerógamas	400
9.2.3.	Blooms microalgales	401
9.2.4.	Otros impactos	401
9.3.	Delimitación espacial, reversibilidad y durabilidad de los impactos.....	402
9.3.1.	Delimitación espacial de los impactos en piscicultura y moluscicultura	402
9.3.2.	Reversibilidad y durabilidad de los impactos. Experimentos de recolonización.....	402
9.4.	Estudios previos de viabilidad ambiental	402
9.4.1.	Modelización de la dispersión de los efluentes.....	402
9.4.2.	Caracterización del sustrato y valor ecológico de su biota.....	403

9.5. Medidas correctoras	403
9.5.1. Sistema de retención de aguas residuales	403
9.5.2. Sistema de fraccionamiento de espumas.....	403
9.5.3. Tratamiento por bloom de diatomeas y filtración de bivalvos	403
9.6. Programa de vigilancia ambiental	404

Cuarta parte. Contaminación en el mar, vigilancia ambiental y conservación

Capítulo 16. Contaminación marina..... 407

1. Contaminación, polución y tipos de residuos	407
2. Fuentes de polución en el mar.....	408
3. Efectos sinérgicos y antagónicos	408
4. Petróleo, mareas negras e impactos	408
4.1. Definición y tipos de hidrocarburos	408
4.2. Complejidad ambiental de las mareas negras	410
4.3. ¿Cómo alcanzan los crudos el fondo marino y cuánto tiempo permanecen en él?	412
4.4. Afección en los organismos	413
4.5. La experiencia de las grandes catástrofes.....	414
4.6. Métodos de contención, recuperación y eliminación de crudos vertidos accidentalmente	416
4.6.1. Barreras de contención	416
4.6.2. Métodos de recuperación	416
4.6.3. Métodos de eliminación	418
5. Compuestos organohalogenados	419
6. Metales pesados	422
7. TBT (tributilestano).....	424
8. Materia orgánica, nutrientes y microorganismos de vertidos urbanos.....	428
9. Biotoxinas	430
10. Radiactividad.....	432
11. Vertidos térmicos.....	432
12. Residuos sólidos (inertes).....	434
13. Contaminación por plásticos	435

Capítulo 17. Bioindicación y ecotoxicología..... 441

1. Introducción	441
2. Bioindicadores: concepto y características	442
2.1. Concepto de bioindicador	442
2.2. Características de los bioindicadores.....	443
2.3. Capacidad potencial de bioacumulación	445
3. Niveles estructurales de organización implicados en la bioindicación	445
4. Tipos de bioindicadores	446
4.1. Especies indicadoras	446
4.2. Comunidades indicadoras	447
5. Ecotoxicología: aspectos generales	454
5.1. Ecotoxicología	454
5.2. Estudios toxicológicos	454
5.3. Condiciones de los experimentos	455

6.	Parámetros toxicológicos	455
6.1.	Tiempo letal medio.....	455
6.2.	Concentración letal	456
6.3.	Concentración de inhibición	456
7.	Síntesis de tipos de contaminantes.....	456
7.1.	Contaminantes inorgánicos.....	456
7.2.	Contaminantes orgánicos	457
8.	Impacto de los contaminantes y mecanismos de respuesta.....	457
9.	Sistemas fisiológicos de detección de contaminación	457
9.1.	Metabolismo de xenobióticos orgánicos.....	457
9.2.	Niveles de metalotioneínas (MTS)	459
9.3.	Sistemas antioxidantes.....	459
9.4.	Química de la sangre.....	460
9.5.	Metabolismo secundario	460
9.6.	Carga energética adenílica (AEC)	460
10.	Ejemplos de bioindicadores	460
10.1.	Especies macroscópicas indicadoras portadoras de información exosomática.....	460
10.2.	Especies macroscópicas indicadoras portadoras de información endosomática (especies bioacumuladoras)	461
10.2.1.	Macroinvertebrados.....	462
10.2.2.	Peces	462
10.3.	Especies microscópicas indicadoras	462
10.4.	Comunidades bioindicadoras	463
Capítulo 18. Presión ambiental costera y gestión del medio litoral: una visión integrada		467
1.	Introducción	467
2.	Amenazas e impactos en la diversidad marina	468
2.1.	Modificación y destrucción de hábitats	469
2.2.	Urbanización en el litoral y obras de ingeniería civil.....	470
2.3.	Contaminación por vertidos	470
2.4.	Eutrofización.....	470
2.5.	Sobreexplotación de los recursos pesqueros	472
2.6.	Introducción de especies alóctonas	473
2.7.	Modificaciones antrópicas de las relaciones entre especies.....	475
2.8.	Calentamiento global	475
2.9.	Otros impactos	475
3.	Biología de la conservación.....	476
4.	Estrategias de conservación del medio marino	476
4.1.	Áreas protegidas	476
4.2.	Ecoturismo.....	480
4.3.	Educación ambiental	481
5.	Planes de ordenación.....	482
5.1.	Medidas preventivas	483
5.1.1.	Planes de vigilancia ambiental.....	483
5.1.1.1.	Directiva Marco 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.....	486
5.1.1.2.	Control de vigilancia (objetivos)	487

5.1.1.3. Control opcional (objetivos).....	487
5.1.1.4. Control de investigación (objetivos)	487
5.1.1.5. Condiciones de referencia	487
5.2. Medidas correctoras	487
Agradecimientos	491
Bibliografía	495