

ANTONIO MUÑOZ DEL VIEJO
JOSÉ LUIS PÉREZ BOTE
EDUARDO DA SILVA RUBIO

MANUAL
DE ZOOLOGÍA

UNIVERSIDAD  DE EXTREMADURA

2024



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo

JUNTA DE EXTREMADURA

© Los autores
© 1ª edición: Universidad de Extremadura, 2009
© 2ª edición digital: Universidad de Extremadura, 2024

Este libro ha sido beneficiado con una ayuda del Vicerrectorado de Calidad y Formación Continua de la Universidad de Extremadura, en la modalidad B.2 para la elaboración de manuales de apoyo a la docencia de la Convocatoria de Ayudas para la adaptación de la UEX al EEES.

Edita:

Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones
Plaza de Caldereros, 2. 10003 Cáceres (España).
Tel. 927 257 041. Fax 927 257 046
E-mail: publicac@unex.es
<https://publicauex.unex.es/>

E-ISBN 978-84-9127-280-9

Maquetación: Control P. 927 233 223. estudio@control-p.eu

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

PRÓLOGO

1. PLANTEAMIENTO, OBJETIVO Y CONTENIDOS BÁSICOS DEL PROGRAMA DE ZOOLOGÍA

El programa de cualquier asignatura debe recoger el conjunto de actividades educativas que, una vez planificadas, el estudiante seguirá con la ayuda de los docentes. El programa que se propone para esta asignatura en el presente manual se ha estructurado con el objetivo de que los estudiantes adquieran el conocimiento de los principios, nociones, hechos y procedimientos que son esenciales en la **Zoología** que ha de cursar un futuro **Biólogo**. En lo referente a las actitudes, se pretende introducir a los estudiantes en un campo de interés amplio que los motive hacia esta ciencia, y a continuar su aprendizaje en los cursos siguientes de la titulación y después de ella. Por último, y teniendo en cuenta que un programa no debe ser algo establecido de forma definitiva una vez elaborado, sino que ha de ser revisado frecuentemente y adaptado en cada caso a las necesidades y a los conocimientos previos de los estudiantes, se ha procurado que los contenidos del manual sean:

- Válidos para promover los resultados que se pretenden conseguir.
- Auténtico y real en los planteamientos, en función de las necesidades e intereses del universitario de hoy en día, y que pueda ser capaz de unir la realidad del contenido con la realidad social de los futuros profesionales.
- Ordenado y secuencial dentro de unas grandes unidades temáticas, y que éstas a su vez engloben una serie de temas, pudiendo cada uno de ellos tener varias lecciones.

Para la elaboración del Programa de Zoología que se presenta en este manual, se han tenido en cuenta, en primer lugar los contenidos que se describen en el Real Decreto 387/1991, de 22 de marzo (BOE nº 73 de 26 de marzo), por el que se establece el título universitario

oficial de licenciado en Biología y las directrices generales propias de los planes de estudios conducentes a la obtención de aquel:

- Bases para la organización animal: promorfología y principales tipos estructurales.
- Bionomía animal.
- Procesos básicos del desarrollo.
- Diversidad Animal y líneas filogenéticas.
- Introducción a la Zoología Aplicada.

Posteriormente se ha analizado el marco en el que ha de desarrollarse, no pretendiendo conseguir un programa ideal, no factible, sino aquel que permita un intento de optimizar las enseñanzas en las condiciones concretas en las que se va a impartir. Es evidente que, dentro de este contexto, enfocar con acierto la elaboración de un programa de la asignatura no es tarea fácil, y cualquier orientación estará, sin duda, sometida al juicio de las diferentes perspectivas, existiendo opiniones diversas a este respecto, probablemente todas ellas válidas desde los distintos puntos de vista.

La confección de los programas teórico y práctico ha sido realizada con una doble intención de óptimo aprovechamiento. Por un lado, se ha tratado que contenga el cuerpo doctrinal básico de la asignatura, y por el otro, que presente una vertiente de interés y de futura utilidad para el estudiante.

La asignatura se fundamenta en la **biología animal**, abarcando aspectos de nomenclatura zoológica, imprescindibles para una correcta denominación de los animales, promorfología, que permitan un sistema de referencia anatómico, morfología en sentido amplio, la cual incluye la sistemática y aspectos de las relaciones interespecíficas de los animales, sus procesos evolutivos, su uso y aprovechamiento y la gestión de los recursos faunísticos.

Como **objetivos generales** se podrían enumerar los siguientes:

1. Entender la diversidad de la vida animal como un proceso evolutivo y adaptativo.
2. Entender los niveles de organización animal y cómo éstos pueden ser vistos desde la perspectiva de la Taxonomía, la Sistemática y la Filogenia.
3. Familiarizarse con la diversidad animal.
4. Entender la biología funcional de los diferentes grupos, así como las soluciones comunes para los diversos procesos adaptativos.
5. Hacer énfasis en los grupos de interés en las ciencias aplicadas y de interés económico.
6. Introducir los conceptos básicos del comportamiento y las bases evolutivas que los expliquen, incidiendo en los diversos comportamientos como estrategias evolutivas

Con estas consideraciones, los contenidos del presente manual se podrían desglosar en los apartados siguientes:

- Nociones introductorias al estudio de los animales, tanto conceptuales como metodológicas.

- Conocimiento general de los principales tipos de organización animal.
- Estudio comparado de los sistemas anatómicos en los diferentes grupos zoológicos bajo la perspectiva del proceso evolutivo.
- Acercamiento a la realidad de los modelos teóricos mediante el estudio directo de ejemplares, in vivo o naturalizados, en su ambiente natural o en el laboratorio, y en los distintos aspectos morfológicos, anatómicos, fisiológicos, comportamentales, etc.
- Comprensión de las relaciones que mantienen los animales con su entorno, tanto biótico como abiótico.
- Visión sinóptica de la amplia diversidad animal y de las relaciones filogenéticas entre los distintos grupos zoológicos.
- Familiarización con parte de la fauna local y regional que permita la identificación de las especies más comunes.
- Por último, una orientación práctico-profesional de la Zoología como disciplina aplicada.

Se han estructurado los programas teórico y práctico de manera que no sean una sucesión de conocimientos aislados y sin relación, sino un conjunto de ideas encadenadas que haga que la información adquirida revierta en las etapas sucesivas. Asimismo, se ha procurado que cada tema posea una unidad en su formulación, independientemente del tiempo que se necesite para su desarrollo, y se han agrupado en bloques temáticos siguiendo un orden lógico, tendiendo a cubrir toda la materia.

2. LOS CONTENIDOS TEÓRICOS

Elaborar el programa teórico de una asignatura tan amplia como la Zoología no ha resultado tarea fácil, porque si bien está claro que hay un cuerpo doctrinal básico que es el fundamento de la asignatura, también hay que tener en cuenta que son varios los enfoques que se pueden dar: descriptivo, filosófico, evolutivo, taxonómico, etc. Como el conjunto de contenidos es muy amplio, es preciso realizar una selección previa y cuidadosa de los mismos, y analizar la orientación con que se van a exponer.

Con la finalidad de captar las tendencias actuales en la docencia de la Zoología, y antes de optar por un determinado planteamiento del Programa Teórico, se han analizado algunos de los textos más recientes de Zoología General, así como los programas de la asignatura que se viene impartiendo en las universidades españolas, especialmente los encuadrados en titulaciones de Biología. Tras estas consideraciones previas, se ha elaborado este programa teórico, en el cual, además de los habituales temas introductorias, se presentan dos bloques, uno dedicado a contenidos de morfología y biología funcional comparadas y otro de temas dedicados a la diversidad animal, en el que se van incluyendo los contenidos de morfología funcional y bionomía en cada uno de los grupos estudiados, y al que anteceden y preceden pequeños bloques dedicados a conceptos generales, clasificación, sistemática,

procesos reproductores y embriología, niveles de organización corporal, relaciones filogenéticas y evolución, distribución de los animales, comportamiento y conceptos introductorios a la Zoología Aplicada.

Teniendo en cuenta todas esas consideraciones, el programa de clases teóricas de Zoología, que está concebido para ser desarrollado en su totalidad en un curso académico, se ha dividido en tres apartados o bloques no equiparables entre sí, ni por su extensión ni por los contenidos, ya que han sido estructurados de modo que cada uno de ellos represente una homogeneidad temática. Estos bloques agrupan a un total de 35 temas, y se han denominado:

BLOQUE 1: INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LOS ANIMALES (5 temas: 1-5)

BLOQUE 2: ANATOMÍA COMPARADA (11 temas: 6-16)

BLOQUE 3: DIVERSIDAD ANIMAL (19 temas: 17-35)

3. LOS CONTENIDOS PRÁCTICOS

En una ciencia experimental como la Zoología, las clases prácticas resultan absolutamente necesarias para entender realmente la organización animal y la amplia diversidad zoológica, así como para el aprendizaje de diversas técnicas y métodos de estudio propios de la materia.

El programa de sesiones prácticas ha de estar necesariamente coordinado con el de clases teóricas, dado que es un complemento esencial para la comprensión de la asignatura.

El programa de prácticas se ha estructurado siguiendo una secuencia lógica y paralela al desarrollo teórico de la asignatura en cuanto al incremento del grado de complejidad de los animales estudiados. Se incide fundamentalmente en el tipo de organización corporal de los ejemplares en estudio, y en aquellos rasgos de la morfología externa o de la anatomía interna que revelan las adaptaciones propias de determinados grupos zoológicos.

Antonio Muñoz del Viejo
Badajoz, abril de 2008

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE

	PRÓLOGO	7
BLOQUE I	INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LOS ANIMALES	
1.	INTRODUCCIÓN A LA ZOOLOGÍA: CONCEPTOS GENERALES	25
	1. Zoología: Concepto	25
	2. Caracteres generales de los seres vivos	25
	3. El límite entre animales y plantas: el Reino Animal	27
	4. Principales divisiones de la vida	27
	5. Ramas de la Zoología	28
	6. Desarrollo histórico de la Zoología	33
	7. Teorías de la Evolución y de la Herencia	38
	8. Objetivos de la Zoología actual	40
	9. Cuestionario	41
2.	EMBRIOLOGÍA ANIMAL	43
	1. Nociones generales de Embriología	43
	2. Tipos de huevo	45
	3. Las primeras fases de la embriogénesis. Segmentación	46
	4. Formación de la blástula	48
	5. Tipos de gástrula	49
	6. Capas germinativas	50
	7. Las cavidades corporales	51
	8. Diferencias entre Protóstomos y Deuteróstomos	52
	9. Cuestionario	53
3.	DIVERSIDAD ANIMAL	55
	1. Introducción	55
	2. El concepto de especie	58
	3. Reconstrucción filogenética	59
	4. Taxonomía evolutiva y cladismo	61

ÍNDICE

	5. Clasificación animal	61
	6. Cuestionario	63
4.	PLANES DE ORGANIZACIÓN DEL REINO ANIMAL	65
	1. Niveles y grados de organización corporal: células, tejidos, órganos y aparatos	65
	2. Tamaño y complejidad corporal	67
	3. Simetría: radial y bilateral	71
	4. Cefalización y polaridad	72
	5. Metamerización y Tagmatización	73
	6. Homología y Analogía	73
	7. Cuestionario	74
5.	REGULACIÓN DE LA DIVERSIDAD ANIMAL. ESPECIACIÓN Y EXTINCIÓN	75
	1. El concepto de Especie (población)	75
	2. Formación de las especies	77
	3. Barreras geográficas y genéticas para la especiación	79
	4. Definición de extinción animal	80
	5. Macroextinción y microextinción	80
	6. Extinción y sucesión	80
	7. Factores endógenos y exógenos que influyen en la extinción	82
	8. Cuestionario	82
BLOQUE II	ANATOMÍA COMPARADA	
6.	TEGUMENTO Y DERIVADOS	85
	1. El revestimiento externo del cuerpo	85
	2. El tegumento de los invertebrados	85
	3. La cutícula de los artrópodos	86
	4. La piel de los vertebrados	87
	5. Estructuras derivadas	87
	6. Cuestionario	90
7.	SISTEMAS DE SOSTÉN	91
	1. Introducción	91
	2. Funciones de los sistemas de sostén	91

ÍNDICE

	3. Materiales esqueléticos	92
	4. Exoesqueletos: el exoesqueleto de los artrópodos	92
	5. Endoesqueletos: El endoesqueleto de los vertebrados	94
	6. Esqueleto axial y apendicular	97
	7. Cuestionario	100
8.	SISTEMAS MUSCULARES	101
	1. Introducción	101
	2. Estructuras no musculares que generan movimiento	101
	3. Movimiento muscular	103
	3.1. <i>Musculatura de los vertebrados</i>	103
	3.2. <i>Musculatura de los invertebrados</i>	104
	4. Adaptaciones musculares de los vertebrados	105
	4.1. <i>Musculatura axial</i>	106
	4.2. <i>Musculatura apendicular</i>	107
	4.3. <i>Musculatura branquial</i>	108
	5. Cuestionario	108
9.	MECANISMOS DE ALIMENTACIÓN Y SISTEMAS DIGESTIVOS	109
	1. Introducción	109
	2. Estrategias alimentarias	110
	3. La digestión	111
	4. El tubo digestivo: movimientos, regionalización y organización	112
	5. Componentes del sistema digestivo	112
	6. Cuestionario	115
10.	SISTEMAS RESPIRATORIOS	117
	1. Introducción	117
	2. Relación de la respiración con el medio ambiente. Respiración acuática y aérea	117
	3. Sistemas respiratorios	118
	4. Sistemas respiratorios en mamíferos	122
	5. Cuestionario	123

ÍNDICE

11.	SISTEMAS DISTRIBUTIVOS	125
	1. Introducción	125
	2. Tipos generales de distribución	126
	3. Sistemas circulatorios: generalidades	127
	4. Tipos de sistemas circulatorios: abiertos y cerrados	127
	5. Sistema circulatorio en vertebrados	128
	6. La sangre	129
	7. Vasos circulatorios: arterias y venas	131
	8. Sistema linfático	132
	9. Cuestionario	133
12.	EXCRECIÓN Y SISTEMAS EXCRETORES	135
	1. Introducción	135
	2. Función de los órganos excretores	135
	3. Tipos de sistemas excretores en los invertebrados	139
	4. Tipos de sistemas excretores en los vertebrados	142
	5. Mecanismos de regulación de la homeostasis en los vertebrados	143
	6. Desarrollo del sistema renal de los amniotas	145
	7. Cuestionario	147
13.	SISTEMAS REPRODUCTORES	149
	1. Introducción	149
	2. Reproducción asexual	150
	3. Reproducción sexual	152
	4. Estrategias reproductoras	155
	5. Ciclos reproductores	156
	6. Cuestionario	157
14.	SISTEMA ENDOCRINO	159
	1. Introducción	159
	2. El origen de las hormonas	160
	3. Acción de las hormonas	160
	4. Tipos de órganos endocrinos	160
	5. Órganos endocrinos en invertebrados	161
	6. Órganos endocrinos en vertebrados	162
	7. Cuestionario	166

ÍNDICE

15.	EL SISTEMA NERVIOSO	167
	1. Introducción	167
	2. Organización estructural y funcional del sistema nervioso	167
	3. Sinapsis neuronal	169
	4. Evolución del sistema nervioso	170
	5. El sistema nervioso en vertebrados	171
	6. Cuestionario	174
16.	ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS	175
	1. Introducción	175
	2. Quimiorrecepción	176
	3. Mecanorrecepción	177
	4. Fotorrecepción	179
	5. Cuestionario	180
BLOQUE III	DIVERSIDAD ANIMAL	
17.	PROTOZOOS	183
	1. Introducción	183
	2. Morfología	184
	3. Biología	185
	4. Ecología y hábitat	186
	5. Sistemática	187
	6. Cuestionario	187
18.	PORÍFEROS Y OTROS FILOS MENORES	189
	1. Poríferos	189
	1.1. <i>Introducción</i>	189
	1.2. <i>Morfología</i>	189
	1.3. <i>Biología</i>	191
	1.4. <i>Ecología y hábitat</i>	192
	1.5. <i>Sistemática</i>	193
	2. Placozoos	193
	3. Monoblastozoos	193
	4. Mesozoos	194
	5. Cuestionario	194
19.	CNIDARIOS	195
	1. Introducción	195

ÍNDICE

	2. Morfología	195
	3. Biología	197
	4. Ecología y hábitat	199
	5. Sistemática	199
	6. Cuestionario	200
20.	CTENÓFOROS	201
	1. Introducción	201
	2. Morfología	201
	3. Biología	202
	3.1. Alimentación	202
	3.2. Excreción y osmorregulación	202
	3.3. Reproducción	202
	3.4. Sistema nervioso	203
	4. Ecología y hábitat	203
	5. Sistemática	203
	6. Cuestionario	203
21.	ACELOMADOS	205
	1. Introducción	205
	2. Platelminfos	206
	3. Nemertinos	209
	4. Gnatostomúlidos	210
	5. Cuestionario	210
22.	PSEUDOCÉLOMADOS	211
	1. Introducción	211
	2. Rotíferos	211
	3. Gastrotricos	212
	4. Kinorrincos	213
	5. Nematodos	213
	6. Nematomorfos	214
	7. Acantocéfalos	215
	8. Endoproctos	216
	9. Priapúlidos	217
	10. Loricíferos	217
	11. Cilióforos	218
	12. Cuestionario	218

ÍNDICE

23.	MOLUSCOS Y SIPUNCÚLIDOS	221
	1. Moluscos	221
	1.1. <i>Morfología</i>	221
	1.2. <i>Sistemática</i>	223
	2. Sipuncúlidos	224
	2.1. <i>Morfología</i>	224
	2.2. <i>Sistemática</i>	225
	3. Cuestionario	225
24.	ANÉLIDOS Y EQUIÚRIDOS	227
	1. Anélidos	227
	1.1. <i>Morfología</i>	227
	1.2. <i>Sistemática</i>	229
	2. Equiúridos	230
	2.1. <i>Morfología</i>	230
	2.2. <i>Sistemática</i>	231
	3. Cuestionario	231
25.	LOFOFORADOS	233
	1. Introducción	233
	2. Ectoproctos o Briozoos	234
	3. Foronídeos	235
	4. Braquiópodos	235
	5. Cuestionario	236
26.	PANARTRÓPODOS	237
	1. Panartrópodos	237
	2. Onicóforos	238
	3. Tardígrados	239
	4. Artrópodos	239
	5. Relaciones filogenéticas de los artrópodos	240
	6. Quelicerados	242
	7. Pycnogonida (picnogónidos)	246
	8. Myriapoda (miriápodos)	246
	9. Pancrustacea (pancrustáceos)	247
	10. Cuestionario	253

ÍNDICE

27.	EQUINODERMOS Y HEMICORDADOS	255
	1. Equinodermos	255
	1.1. Clase Crinoideos	256
	1.2. Clase Asteroideos	256
	1.3. Clase Ofiuroideos	257
	1.4. Clase Equinoideos	258
	1.5. Clase Holoturioideos	259
	2. Hemicordados	260
	2.1. Clase Enteropneustos	260
	2.2. Clase Pterobranquios	261
	3. Cuestionario	261
28.	CORDADOS. UROCORDADOS Y CEFALOCORDADOS	263
	1. Cordados	263
	2. Urocordados	264
	3. Cefalocordados	268
	4. Cuestionario	269
29.	CRANEADOS. PECES I: MIXINOIDEOS Y CEFALASPIDOMORFOS	271
	1. Craneados	271
	2. Mixinoideos	272
	3. Cefalaspídomorfos (petromizóntidos)	273
	4. Cuestionario	273
30.	PECES II: CONDRICTIOS	275
	1. Introducción	275
	2. Elasmobranquios	276
	3. Holocéfalos	278
	4. Cuestionario	278
31.	PECES III: PECES ÓSEOS	281
	1. Introducción	281
	2. Acantodios	281
	3. Osteictios	282
	4. Cuestionario	285
32.	TETRÁPODOS. ANFIBIOS	287
	1. La conquista del medio terrestre	287
	2. Tetrápodos	288

ÍNDICE

	3. Tetrápodos primitivos	289
	4. Lisanfibios: anfibios modernos	290
	5. Cuestionario	291
33.	AMNIOTAS. REPTILES	293
	1. Amniotas	293
	2. El cráneo amniota	294
	3. Reptiles	295
	4. Sinápsidos	297
	5. Cuestionario	298
34.	AVES	299
	1. Introducción	299
	2. Origen y evolución del vuelo	300
	3. Clasificación	300
	4. Cuestionario	303
35.	MAMÍFEROS	305
	1. Introducción	305
	2. Clasificación	306
	3. Cuestionario	310
CLASES PRÁCTICAS		
1.	INTRODUCCIÓN	313
	1. El laboratorio, la utilización de la lupa, el microscopio y el manejo de ejemplares	313
	2. La diversidad animal	318
	3. Cuestionario	326
2.	DERIVADOS TEGUMENTARIOS	327
	1. ¿Qué es el tegumento?	327
	2. Derivados epidérmicos: faneras	328
	3. Derivados dérmicos: hueso dérmico	331
	4. Cuestionario	332
3.	OBSERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PROTOZOOS	333
	1. Introducción	333
	2. Rizópodos	334

ÍNDICE

	3. Flagelados	337
	4. Esporozoos	338
	5. Ciliados	340
	6. Cuestionario	341
4.	OBSERVACIÓN DE PORÍFEROS Y RADIADOS	343
	1. Poríferos	343
	2. Cnidarios	346
	2.1. Hidrozoos	347
	2.2. Escifozoos	347
	2.3. Cubozoos	348
	2.4. Antozoos	348
	3. Cuestionario	348
5.	OBSERVACIÓN DE ACELOMADOS Y PSEUDOCLOMADOS	351
	1. Acelomados	351
	2. Pseudocelomados	355
	3. Cuestionario	356
6.	DISECCIÓN DE MOLUSCO GASTERÓPODO	357
	1. Características generales de gasterópodos	357
	2. Disección de <i>Parmacella</i>	362
	3. Cuestionario	363
7.	DISECCIÓN DE MOLUSCO BIVALVO	365
	1. Características generales de bivalvos	365
	2. Disección de <i>Mytilus edulis</i>	368
	3. Cuestionario	370
8.	DISECCIÓN DE ANÉLIDO OLIGOQUETO	371
	1. Características generales de oligoquetos	371
	2. Disección de <i>Lumbricus terrestris</i>	373
	3. Cuestionario	377
9.	ANATOMÍA EXTERNA DE HEXÁPODOS	379
	1. Características generales de los insectos	379
	2. Anatomía externa de un ortóptero <i>Locusta migratoria</i>	382
	3. Cuestionario	384

ÍNDICE

10.	DETERMINACIÓN DE HEXÁPODOS	385
	1. Introducción	385
	2. Clave dicotómica	385
	3. Cuestionario	395
11.	DISECCIÓN DE UN CRUSTÁCEO DECÁPODO (<i>PROCAMBARUS CLARKII</i>)	397
	1. Anatomía externa	397
	2. Estudio de los apéndices	399
	3. Anatomía interna	401
	4. Cuestionario	405
12.	DISECCIÓN DE VERTEBRADOS. PECES: LA CARPA COMÚN <i>CYPRINUS CARPIO</i>	407
	1. Introducción	407
	2. Morfología externa	408
	3. Disección	409
	4. Cuestionario	412
13.	CRANEOLOGÍA DE VERTEBRADOS	413
	1. Introducción	413
	2. Estructuras y componentes del cráneo	413
	3. Las fosas temporales	416
	4. Las inserciones musculares	417
	5. La dentición	417
	6. Cuestionario	420
14.	DISECCIÓN DE VERTEBRADOS: AVES	421
	1. Morfología externa	421
	2. Técnica de disección	425
	3. Anatomía interna	425
	4. Cuestionario	431
15.	DISECCIÓN DE VERTEBRADOS. MAMÍFEROS: <i>MUS MUSCULUS</i>	433
	1. Morfología externa	433
	2. Técnica de disección	435
	3. Anatomía interna	435
	4. Cuestionario	439
	BIBLIOGRAFÍA	441

BLOQUE I

INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LOS ANIMALES

1. INTRODUCCIÓN A LA ZOOLOGÍA: CONCEPTOS GENERALES

1. ZOOLOGÍA: CONCEPTO

Aunque la amplitud de una ciencia como la Zoología hace difícil definirla de forma breve, su etimología dice inequívocamente que se refiere al estudio de los animales (del griego *zoon*: animal, + *logos*: discurso sobre, estudio de). La Zoología incluye, sin limitación de exclusiones, todos los conocimientos referentes a la vida animal, pero ¿qué es la vida y qué es un animal?

2. CARACTERES GENERALES DE LOS SERES VIVOS

Dar una definición sobre la vida supondría explicar su esencia misma, pero los conocimientos actuales no permiten conocer todos los factores que forman parte de la vida, ni entender por completo los cambios físicos y químicos que tienen lugar en los seres vivos. Puesto que existen diferencias entre los seres vivos y los entes no vivos, se suele definir la vida de acuerdo con las características que se asocian a ella, con las manifestaciones que permiten distinguir claramente lo vivo de lo no vivo. Las diferencias esenciales entre lo uno y lo otro parecen estar en el **nivel de organización**, el tipo de **metabolismo**, el grado de **desarrollo**, la capacidad de **reproducción**, los **intercambios con el medio** y el **control genético**. Sin embargo, ninguna de estas características es suficiente por sí sola para conceptualizar la vida, ya que se pueden encontrar sistemas no vivos que muestren alguna de ellas.

Nivel de organización

Los seres vivos muestran una organización molecular exclusiva y compleja. Una organización estructural compleja a base de **macromoléculas** (ácidos nucleicos, proteínas, hidratos de carbono y lípidos). La estructura general de estas macromoléculas evolucionó y se estabilizó muy pronto en la historia de la vida y, con pequeñas modificaciones, se encuentran en todas las formas de vida que observamos actualmente. Cada nivel de la jerarquía tiene su propia estructura interna, también jerárquica. Cada nivel sucesivo se compone de unidades del nivel precedente. En cada nivel tiene lugar la aparición de nuevas características, no aditivas, pero están influidas-restringidas por las de los componentes del nivel inferior. Todos los niveles de la jerarquía y sus propiedades son producto de la evolución. Así, las macromoléculas son el inicio de una organización jerárquica que agrupa a las macromoléculas para formar células, la unidad básica de los seres vivos, las células forman organismos, y éstos se organizan en poblaciones y comunidades.

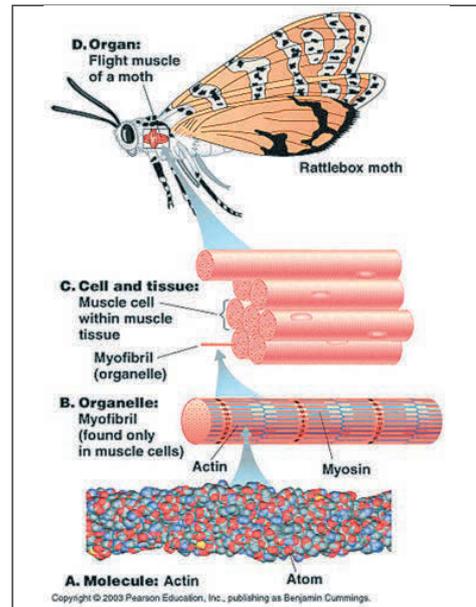


Figura 1.1. Niveles de organización de un animal.

Metabolismo

Los organismos vivos se mantienen de manera autónoma obteniendo nutrientes del entorno. Estos nutrientes son transformados para la obtención de energía química (Catabolismo) necesaria para la síntesis de moléculas y estructuras (Anabolismo), procesos que tienen lugar en las células y en los órganos formados por ellas. Estos procesos químicos fundamentales, anabólicos y catabólicos, surgieron muy pronto en la historia de la vida y son comunes a todos los seres vivos.

Desarrollo

Todos los organismos tienen un ciclo vital característico, en el cual el organismo sufre cambios desde su origen (zigoto) hasta su forma adulta final. Estos cambios que suponen modificaciones de tamaño y forma, así como la diferenciación de estructuras internas es lo que se conoce como **Desarrollo**. En muchos casos, las etapas de ciclo vital son muy diferentes entre sí, produciéndose transformaciones drásticas del individuo (Metamorfosis). Y las primeras etapas del Desarrollo (lo que se conoce como desarrollo embrionario) son similares entre organismos relacionados.

Reproducción

Los sistemas vivos pueden autorreproducirse, "la vida surge de la vida". La reproducción lleva implícitos dos fenómenos, a la vez complementarios y contradictorios: **herencia** y **variación**.

La herencia es la transmisión de propiedades de padres a hijos, generalmente en el nivel organismo, aunque no de forma necesaria; y la variación es la aparición de diferencias entre propiedades de distintos individuos.

Intercambios con el medio

Todos los seres vivos interactúan con su entorno, de manera que su historia evolutiva depende de los ambientes en que se han desarrollado. Todos los organismos reaccionan ante estímulos ambientales, propiedad que se denomina irritabilidad.

Control genético

Un programa genético garantiza la fidelidad de la herencia. La información genética está contenida en el ADN (nucleótidos: Adenina, Citosina, Timina y Guanina). La correspondencia entre secuencia de bases del ADN y secuencia de aminoácidos en la proteína se conoce como el **código genético**. El código genético fue establecido muy al principio de la historia de la vida y es el **mismo** para todos los seres vivos, lo que supone un **origen único de la vida**.

3. EL LÍMITE ENTRE ANIMALES Y PLANTAS: EL REINO ANIMAL

A la segunda parte de la pregunta, ¿qué es un animal?, se podría responder de forma más concreta, pero surge la dificultad de tratar de encontrar la línea de separación entre los animales y los demás seres vivos. Los animales pueden definirse como los organismos formados por una o más células, cuyo material genético (hereditario) está incluido en estructuras cerradas dentro de una membrana (los núcleos celulares), que no pueden formar compuestos orgánicos mediante la energía lumínica y cuyas células no están envueltas por una pared celular. Con esta definición, los animales quedan separados de las bacterias, cuyo material hereditario no está encerrado en núcleos y tienen paredes celulares, y de los hongos, que también tienen paredes celulares. Asimismo, se distingue a los animales de las plantas, las cuales pueden utilizar la energía, por lo general procedente del Sol, para incorporar anhídrido carbónico atmosférico a compuestos orgánicos; con ellos se formarán los materiales de construcción para las células. Los atributos o propiedades sobre las que se basan estas diferencias parecen suficientemente claros, y lo son ciertamente en la mayoría de los casos, pero existen seres que muestran situaciones transitorias, al presentar una fisiología propia de un animal en la oscuridad y poder funcionar como un vegetal en presencia de luz, es el caso de *Euglena* ¿son las euglenas animales o vegetales?

4. PRINCIPALES DIVISIONES DE LA VIDA

Ante lo polémico de la respuesta, mayoritariamente se ha optado por la distribución de los seres vivos en cinco Reinos, situando en la base de la vida al Reino *Moneras*, que abarca organismos con organización celular procariota, como las bacterias o las algas verdeazuladas;

en el siguiente nivel está el Reino *Protista*, en el que se incluyen organismos como *Euglena*, junto a otros muchos seres unicelulares, formando un grupo amplio y heterogéneo de individuos eucariotas, móviles o no, autótrofos o heterótrofos, y del cual forman parte ciertas algas, protozoos y mixomicetos. Este Reino evolucionó según tres direcciones, en función de los distintos niveles de organización y de su modo de nutrición, originando el Reino *Fungi*, en el que se agrupan los hongos u organismo eucariotas heterótrofos con pared celular; el Reino *Plantae*, organismos eucariotas autótrofos con pared celular; y el Reino *Animalia*, dentro del cual se incluyen los organismos eucariotas, pluricelulares, heterótrofos y carentes de pared celular, con o sin espina dorsal, es decir, los Vertebrados y los Invertebrados (sin incluir a los Protozoos), respectivamente.

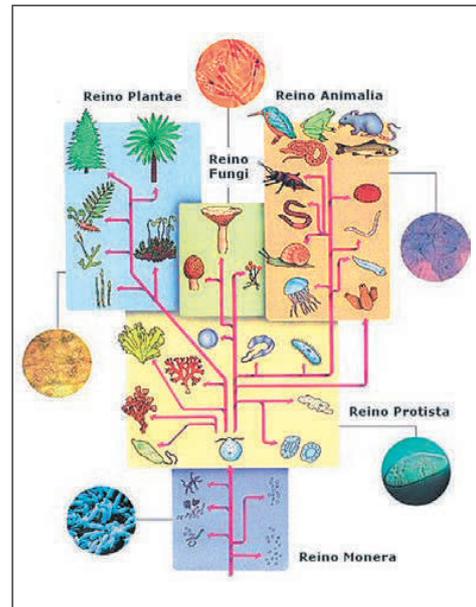


Figura 1.2. Los cinco reinos de los seres vivos (www.cientic.com/imagenes/img_taxa4.jpg).

La exclusión de los organismos unicelulares eucariotas, los Protozoos, del Reino Animal, en donde tradicionalmente estaban incluidos, no es óbice para que este grupo de seres vivos siga siendo un objeto más de la Zoología, siempre siguiendo las tendencias de los autores más actuales.

5. RAMAS DE LA ZOOLOGÍA

Pero definir a la **Zoología** como el simple estudio de los animales es imperfecto, pues otras ciencias de la Biología (Genética, Citología, Embriología, Fisiología, etc.), tienen a los animales como objeto de estudio, aunque desde puntos de vista diferentes. Así, esta disciplina biológica tiene por objeto las investigaciones de todos los organismos animales que pueblan la Tierra, en sus diferentes aspectos, estructuras, funciones y desarrollo, tanto en el estado actual como en el de sus precedentes históricos (Evolución, Paleontología); considerándolos como unidades individuales o como colectividad (Etología, Ecología, etc.); abarcando sus relaciones con el medio y con otros seres vivos, en particular con el hombre por cuanto estas relaciones pueden tener importancia para la aplicación práctica, el uso y el aprovechamiento (Zoología Aplicada: Gestión de Fauna, Acuicultura, Cinegética, Conservación, etc.).

Actualmente se cuenta con información suficiente respecto a los animales y sus costumbres, por ejemplo, como para llenar una biblioteca, y cada año aparecen más datos, procedentes de las intensas investigaciones de campo y de laboratorio realizadas por los zoólogos. Hoy en día, un zoólogo tan sólo puede conocer una pequeña fracción de la enorme cantidad de conocimientos. La Zoología en la actualidad es tan extensa (si una persona estudiara durante una jornada laboral de ocho horas una especie diferente cada hora,

después de trescientos años aún no habría terminado), que los investigadores se hacen especialistas en algún tópico limitado de la disciplina, es decir, en algunas de las ciencias que se desarrollan paralelamente y ayudan a la Zoología.

Los animales están constituidos por una serie de componentes estructurales y el estudio de cada una de estas partes corresponde a la **Anatomía**. Ésta, además, está englobada (junto con otras que aparecerán a continuación) dentro de una ciencia más amplia, la **Morfología**, que se encarga de interpretar las estructuras observadas. Es conveniente insistir sobre los objetivos de cada una de ellas, ya que con frecuencia se confunden y son consideradas como simples sinónimos, o bien, se considera que la Morfología trata únicamente de describir los aspectos externos del animal y la Anatomía está relacionada con la realización de disecciones.

A causa de la complejidad de las estructuras, es necesario obtener información de fuentes muy diversas si se pretende que esa información sea lo suficientemente precisa y completa. Los organismos vivientes en la actualidad son el resultado de múltiples modificaciones sufridas por sus ancestros. Debido a ello, el conocimiento de los orígenes y filogenia de la forma resultan básicos en muchos aspectos, por lo que la Morfología se ayuda con frecuencia de la Paleontología, la Paleobiología, la Taxonomía, etc. Muchas estructuras pueden ser interpretadas en términos de comportamiento y ajustes al medio ambiente, a esto se le llama Morfología Funcional y es altamente dependiente del conocimiento de la Biomecánica, Fisiología, Ecología y Etología.

La Morfología funciona con algunos principios básicos como los de la analogía, homología, similitud de la apariencia, homología serial, adaptación, relación forma-función, paralelismo y convergencia. Dos caracteres de dos o más organismos son análogos si poseen una similitud funcional. La **Analogía** es la semejanza de unas estructuras que resulta de la adaptación a una función común. Por ejemplo, el ala de un insecto es una estructura análoga a la de un ave, ya que ambas son utilizadas para volar.

Por su parte, dos caracteres de dos o más organismos son **homólogos** si tienen un parentesco histórico, evolutivo o filogenético. Así, el miembro anterior de una rana y la aleta de un delfín constituyen estructuras homólogas puesto que proceden de un ancestro común, pero en cambio, no serían estructuras análogas ya que tienen funciones diferentes. Ambos conceptos no son en absoluto exclusivos entre sí y, por tanto, con frecuencia se pueden aplicar a una misma estructura.

Además, los caracteres de dos o más organismos pueden ser también relacionados por similitud en apariencia. Tales caracteres son usualmente análogos y frecuentemente, a la vez análogos y homólogos. Tal es el caso de las alas de una golondrina y de un pingüino, que son homólogas, pero no análogas, y poseen similitud de apariencia.

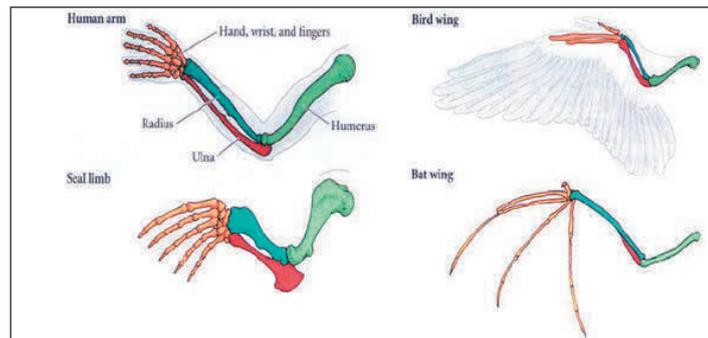


Figura 1.3. Extremidades de vertebrados: caracteres homólogos. Tomado de Gilbert (2000).

La **Homología Seriada** se refiere a aquellas estructuras que se repiten de forma continua, formando una serie, en una región determinada del organismo. Por ejemplo, los arcos branquiales de un pez o las vértebras son estructuras seriadamente homólogas.

La **Adaptación** es el proceso evolutivo de ajustarse a un modo de vida en un medioambiente particular, o de seguir estando ajustado conforme el medioambiente cambia gradualmente. Es decir, es aquella característica de un organismo que le ayuda a sobrevivir y a reproducirse. Debido a ello, todos los organismos están naturalmente adaptados, puesto que han sobrevivido.

Por último, los otros dos componentes de gran trascendencia en la Morfología (pues conducen a fenómenos de analogía más o menos patentes) son la convergencia y el paralelismo. Convergencia es el cambio evolutivo en dos o más líneas sin relación filogenética de tal forma que algunos caracteres, que en un principio eran diferentes, se vuelven similares. El ejemplo clásico de convergencia es el caso de un tiburón, un ictosaurio y un delfín. Las convergencias pueden ocasionar problemas cuando no son descubiertas y dos estructuras son dadas como homólogas cuando en realidad son únicamente análogas. En cuanto al **Paralelismo**, es un cambio evolutivo que ocurre en dos o más líneas, de tal manera que las formas en cuestión experimentan alteraciones equivalentes sin volverse marcadamente similares; como les ocurre a las ratas canguro de oeste de Norteamérica y a los jebros de África y Asia, que muestran un notable paralelismo.

Por otro lado, cada una de las partes que integran un animal tiene su propia estructura tisular, y de su estudio se encarga la **Histología**. A su vez, estas partes están formadas por células, cuyo examen y descripción es llevado a cabo por la **Citología**.

La **Fisiología** trata del estudio de las funciones de los seres vivos, de cómo respiran, cómo se alimentan, o cómo se mueven y cómo cada una de las actividades propias de cada estructura corporal se relaciona entre sí. Como ocurría con las estructuras, también los diferentes procesos fisiológicos son producto de una evolución, en la cual, pueden registrarse fenómenos de preadaptación, evolución paralela, convergencia, divergencia, etc. Por ello, la Fisiología Comparada puede y debe ser utilizada cada día más por los zoólogos en lo referente a la Sistemática y la Filogenia. Además, la Bioquímica aporta el conocimiento de la base molecular y de las reacciones químicas que tienen lugar cuando se realizan los procesos fisiológicos, llegando con ella a los límites inferiores del conocimiento animal.

Todas estas reacciones, funciones, estructuras y formas son el resultado de la expresión de la información que, heredada de los progenitores y perfectamente codificada, está comprendida en los genes. Por tanto, el conocimiento de dichas estructuras y el modo de actuación de las mismas serán, y de hecho lo han sido a lo largo de la historia, pilares básicos de los estudios zoológicos. Así, la **Genética** proporcionó el empuje final a las teorías evolucionistas de Darwin (1809-1882) y está siendo de gran importancia en los estudios sistemáticos y filogenéticos.

Como ya se ha citado anteriormente, los organismos están por naturaleza adaptados al medioambiente en el que viven y en consecuencia, las estructuras que los componen están estrechamente relacionadas con él. Las interacciones que presentan los organismos y sus estructuras con el medio y entre sí constituyen el objeto del estudio de la **Ecología**.

Las reacciones que provocan en los animales estas interacciones con el medio donde viven son analizadas por la **Etología**, la ciencia que estudia el comportamiento y sus bases fisiológicas. Darwin (1859) ya indicó que la conducta es un factor importante en la evolución y por lo tanto, su conocimiento puede proporcionar información interesante para la filogenia.

La enorme variedad de formas de vida que a lo largo de la historia han ido surgiendo como consecuencia de la constante adaptación y evolución de los seres vivos ha provocado en los zoólogos de todos los tiempos (incluso fue la tarea máxima para muchos de ellos hasta muy recientemente), la necesidad de establecer un orden de clasificación de los animales que permita una mayor accesibilidad a la hora de realizar y dar a conocer los estudios. Esta ordenación jerarquizada de los animales es llevada a cabo por la **Taxonomía**, que proporciona un nombre a cada especie y las incluye, teniendo en cuenta los caracteres generales y los particulares comunes que presentan cada una de ellas en determinados grupos (taxones), a diferentes escalas, que previamente han sido definidos y establecidos.

Por su parte, la **Filogenia**, valiéndose de todos los datos y conocimientos que se poseen sobre los animales, busca el establecimiento de posibles relaciones de afinidad y parentesco entre los diferentes grupos. Es por este motivo que necesita de la concurrencia de otras disciplinas. Así, relacionada íntimamente con ella se encuentra la **Evolución**, que esencialmente se ocupa de estudiar la aparición de nuevas especies a partir de otras previamente existentes y las causas y los mecanismos genéticos que las originan. La Evolución y la Filogenia de los diferentes grupos de animales suelen mostrarse mediante los llamados árboles genealógicos, en los que partiendo de un tronco común, el ancestro, se van añadiendo de forma gráfica y de acuerdo con la escala del tiempo geológico, las diferentes líneas cada vez más especializadas que conducen hasta la especie o grupo en cuestión.

La **Sistemática** es una ciencia que engloba a la Taxonomía y que puede ser definida como una "Morfología especial que intenta explicar las relaciones filogenéticas (evolutivas) de los animales.

El registro fósil, analizado por la **Paleontología**, resulta, como puede imaginarse, de una gran importancia tanto para la Sistemática, como para la Evolución, la Filogenia, etc.

Pero en muchas ocasiones, la Paleontología no aporta los datos necesarios o suficientemente nítidos, por lo que tienen que ser otras ciencias las que den la información necesaria para reconstruir la filogenia de un grupo determinado. Esto es lo que ocurre con la **Embriología**. Haeckel (1834-1919), a mediados del siglo XIX (1866), lanzó el principio de la Recapitulación (o Ley Biogenética) de la filogenia en la ontogenia, es decir, los diferentes estadios



Figura 1.4. Ernst Haeckel in Ceylon in the year 1881 (www.zum.de/stueber/haeckel).

por los que pasa un embrión hasta su completo desarrollo no son más que un fiel reflejo de su historia evolutiva. Si bien esta teoría de Haeckel no es en la actualidad aceptada tal y como fue propuesta en su origen, habiéndose demostrado que peca de algo ingenua y simplista, sin duda es cierto que aportó una nueva visión del problema. Esto llevó a numerosos especialistas a la realización de trabajos con este enfoque, que proporcionaron notables avances en el comienzo de la Filogenia y la Evolución.

La proliferación de conocimientos sobre los diferentes grupos de animales ha propiciado y obligado a la aparición de ciencias de rango menor, que se encargan del estudio monográfico de algunos grupos de animales. Así han surgido la Mastozoología (mamíferos), Ornitología (aves), Herpetología (reptiles y anfibios), Ictiología (peces), Entomología (insectos), Acarología (ácaros), Nematología (nematodos), Protozoología (protozoos), Helmintología (gusanos), Malacología (moluscos), etc.; aunque estas ciencias también pueden subdividirse en función de grupos más restringidos de animales (Lepidopterología, Anfibiología, etc.).

El conocimiento de las distintas especies de animales que viven en un área determinada es tarea de la Faunística, mientras que de la comparación de la fauna de las diversas partes del Mundo se encarga la **Zoogeografía**.

Por último, todos estos conocimientos son fundamentales para que el hombre obtenga un beneficio racional de los animales, así como para evitar los posibles perjuicios que le puedan ocasionar. Por ello, surgen otras ciencias como la **Parasitología**, ocupada en el estudio de la asociación entre dos organismos, uno de los cuales, el parásito, vive a expensas del otro, el huésped u hospedador. También aparece la **Zoología Aplicada**, como forma de desarrollo de todas estas especialidades citadas anteriormente, mediante la cual el hombre intenta controlar la naturaleza y manejarla a su propio beneficio, y más concretamente los recursos faunísticos.

Desde sus comienzos, el hombre ha sentido gran inquietud por dominar el medio que le rodea y aprovechar el máximo los recursos naturales que poseía la Tierra. Las interacciones hombre-fauna comenzaron desde el momento de su aparición sobre el planeta. El animal ha sido desde siempre una parte importante de su alimento y ya desde muy temprano el hombre aprendió a domesticarlo, no sólo para la obtención de carne de una forma sencilla, sino también para aprovechar muchas de las características idóneas para determinadas funciones: tracción, transporte, etc. Con el paso del tiempo, las aplicaciones de la fauna se han ido multiplicando, así como se han ido perfeccionando las técnicas de utilización de las mismas.

Pero los animales no aportan únicamente beneficios. Diversos organismos son altamente perjudiciales para el hombre, directa o indirectamente, por lo que es preciso conocerlos bien y aprender a contrarrestar sus efectos. Lo que comenzó siendo una práctica de supervivencia se fue transformando en una ciencia que dio lugar hace algunos años a lo que se conoce hoy como Zoología Aplicada, que engloba a cualquier actividad humana que tiene como finalidad el uso, aprovechamiento y gestión de los recursos faunísticos, con las correspondientes disciplinas asociadas a ellas, como pueden ser la **Acuicultura** y los cultivos de especies faunísticas con diferentes finalidades (Malacultura, Míticultura, Ostreicultura, Helicicultura, Lumbri-cultura, Astacicultura, Camaronicultura, Sericicultura, Apicultura, Piscicultra, Herpetocultura,

Avicultura, etc.), la Cinegética, la Pesca Comercial y Deportiva, el control de especies plagas, la evaluación de impactos faunísticos sobre las actividades humanas, la conservación de especies de fauna y sus hábitats, etc. Comúnmente, se suelen agrupar bajo la denominación de **Gestión de Fauna** a los aspectos de la Zoología Aplicada relacionados con la cinegética, pesca continental y conservación.

6. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA ZOOLOGÍA

La Zoología, como ciencia conceptualmente definida por el significado etimológico de su denominación (ciencia que estudia a los animales, uno de los cinco reinos admitidos actualmente), ya tenía esbozados sus objetivos trescientos años antes de Cristo, pues, si se dejan al margen las consideraciones referentes al peculiar interés zoológico del hombre prehistórico o las disquisiciones de ciertos filósofos prearistotélicos (por ejemplo, Anaximandro o Feófanos, 600 a. de C.), puede considerarse que fue Aristóteles de Estagira (384-322 a. de C.) quien sentó las bases científicas actuales. Fue un verdadero científico, ya que destacó el valor de la observación y de los métodos experimentales. Describió minuciosamente las características y el comportamiento de numerosos grupos zoológicos, abordó ciertas discusiones embriológicas, e incluso estableció una rudimentaria clasificación, distinguiendo entre animales con sangre o *enaima* y sin sangre *anaima*, correspondiéndose con los Vertebrados e Invertebrados respectivamente. A partir de él, la Taxonomía va a adquirir una importancia primordial dentro de los estudios zoológicos.

Posteriormente, en la civilización romana, el interés por la investigación desapareció y sólo es destacable la obra de Plinio el Viejo (23-79) "Historia Natural", en la que mezcla lo verídico con lo legendario y consecuentemente incluye múltiples errores.

Los árabes, años más tarde, fueron grandes impulsores de la ciencia, con numerosas investigaciones, pero todas ellas muy influidas por el Corán. También hay que señalar que en sus escritos sobre la Naturaleza, lo real y lo fantástico, a veces, no están debidamente separados, por lo que resulta difícil hablar de trabajos científicos.

Una corriente totalmente diferente fue la de los judíos medievales, quienes adquirieron importantes conocimientos de la naturaleza y por lo tanto de la fauna, describiéndose unas 900 especies con observaciones de estructuras muy concretas, como el pico de las aves o el mecanismo del vuelo. Entre 1230 y 1250, Thomas de Cantimpré (1201-1272) realizó una serie de estudios sobre Zoología de Vertebrados, analizando sucesivamente al hombre, los cuadrúpedos, los pájaros, los reptiles y los peces. Posteriormente, la obra "De Animalibus" de Alberto Magno (1193-1280), compendia las obras de Aristóteles y Thomas de Cantimpré, incluyendo numerosas ideas propias.



Figura 1.5. Alberto Magno (http://www.puc-rio.br/campus/servicos/pastoral/imagens/st_novembro_15.jpg).

Los siglos XV y XVI suponen un cambio importante para las ciencias naturales. El hombre del Renacimiento reconoce la necesidad de la observación crítica y precisa como fuente del conocimiento. A esto se añade la época de los grandes descubrimientos y exploraciones, que aportan muestras de la naturaleza de todas las partes del mundo. Sirva de ejemplo destacado el caso de Leonardo da Vinci (1425-1519), el cual reúne impresionantes condiciones artísticas y científicas, legando interesantes estudios sobre la anatomía humana. Sin embargo, hasta bien entrado el siglo XVI perduraron las ideas zoológicas aristotélicas, aunque desgraciadamente no su rigor científico, pero a partir de este momento y de forma casi imperceptible, fueron perdiendo cuerpo los planteamientos no taxonómicos que, a la luz de los conocimientos mecanicistas. Por ejemplo, Descartes (1596-1659), quien consideraba que los animales sólo eran máquinas complejas, suma de componentes que podían ser estudiados independientemente], y de nuevas y pujantes disciplinas centradas en el análisis de la estructura y funcionamiento de otros niveles de organización biológica (Anatomía, Fisiología, Histología, etc.). Es decir, la propia diversificación de la Biología terminó por limitar este enfoque enciclopédico a una mera aportación de conocimientos poco sistematizados, frecuentemente insuficientes y, a veces, anecdóticos sobre la morfología, costumbres, embriología, distribución, etc., de los animales (es decir, lo que se denominó Historia Natural). En esta época, potenciados entre otras causas por la curiosidad y el espíritu aventurero que surgió con el descubrimiento de América en el siglo anterior, la Zoología aparece de nuevo con fuerza, realizándose preferentemente una labor descriptiva, dominada por la Taxonomía.



Figura 1.6. Descartes (gallica.bnf.fr/classique/images/descartes.htm).

Esta tendencia perduró hasta finales del siglo XVII y aún hoy se sigue manteniendo en diversas obras divulgativas, lo que ayuda a dar una idea desfasada y desfigurada de la Zoología moderna. Sin embargo, este siglo está marcado por la invención del microscopio de Antón van Leeuwenhoek (1636-1723), con el que se descubre la célula, se estudian los tejidos, se inicia la investigación de los procesos de la generación y del desarrollo embrionario y se descubren los espermatozoides. Por otro lado, Malpighi (1628-1694) define la tráquea de los insectos y las etapas de su desarrollo embrionario; probablemente fue Hook (1635-1703) quien describió el primer nematodo no parásito; Leeuwenhoek (1622-1723) descubre los infusorios; a Jonh Ray (1627-1705) se le podría considerar como el iniciador de la sistemática zoológica moderna, ya que fue el primero en aplicar el concepto de especie a una clase particular de organismos y en señalar las variaciones que existen entre los miembros de una especie.

Durante los siglos siguientes, el afán recolector y coleccionista motivó la aparición de museos de Historia Natural y colecciones particulares. La gran cantidad de información faunística que se recogía en ellos hacía necesaria la creación de un método de ordenación coherente para los seres vivos. Los intentos realizados hasta aquel entonces habían sido totalmente artificiales e infructuosos.

A Voltaire (1694-1778), con toda la influencia que tuvo en su entorno en aquella época y asumiendo las ideas de Leibniz (1646-1716), debemos la primera idea que apuntara hacia la evolución, puesto que llegó a proponer la existencia de cambios evolutivos en las especies, sugiriendo que muchas se habían extinguido, otras se habían transformado y muchas de las que presentaban características comunes podrían haber pertenecido a una sola raza (Strickberger 1993).

Fue Linneo (1707-1778) quien dotó a esta ciencia de un aire renovador e intentó crear una clasificación natural, teniendo en cuenta tanto la morfología externa como las estructuras internas. En su obra "Sistema Nature", dividió a los animales en diversos grupos hasta llegar a especie y de acuerdo con este esquema, cada una recibió un nombre diferente mediante nomenclatura binomial, sistema que aún perdura en la actualidad. Reconoció un total de dos clases de invertebrados (insectos y gusanos) y cuatro de vertebrados (cuadrúpedos, que más tarde se sustituiría por los mamíferos, incluyendo al hombre, pájaros, anfibios y peces).

Por otro lado, Linneo postulaba que los seres vivos habían sido creados según un plan riguroso (era la concepción fijista de las especies), que si bien eliminaba el transformismo anterior, se enfrentaba al problema de la variabilidad interna de aquellas de difícil explicación.



Figura 1.8. Conde de Buffon (<http://home.tiscalinet.ch/biografien/images/buffon.jpg>).

Posteriormente a Linneo son muchos los autores que utilizan la nomenclatura binomial. Comienzan a aparecer los tratados faunísticos de los diferentes países, referentes a todo el Reino Animal. A pesar de ello, otros autores mostraron su enfrentamiento con las ideas de Linneo. Este es el caso de Louis Leclerc (1707-1788), Conde de Buffon, quien, llegando a ridiculizar al primero, era partidario de una nomenclatura práctica, defendiendo que las clases y géneros sólo existían en la imaginación. Buffon es considerado, además, el creador de la **Biogeografía** por sus observaciones acerca de la distribución geográfica de los animales.

Todo este florecimiento de la Zoología durante el siglo XVIII se ve aún aumentado con la llegada del siglo siguiente. Cuvier (1796-1832) da un nuevo enfoque a los estudios anatómicos, ya que considera que no basta con

describir órganos, sino que deben descifrarse las leyes que rigen su estructura. Compara las funciones de los órganos dentro de un mismo animal y entre grupos de animales diferentes, siendo considerado por sus trabajos como el fundador de la Anatomía Comparada.

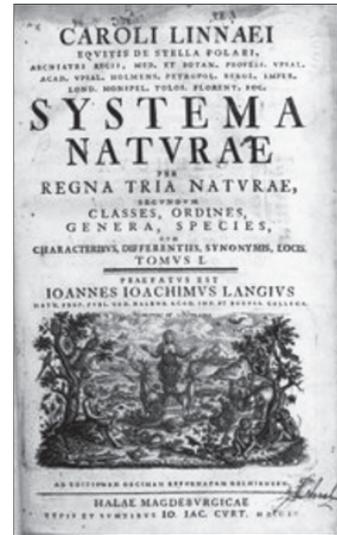


Figura 1.7. *Sistema Naturae* (<http://content.answers.com/main/content/wp/encommons>).

Contemporáneo de Cuvier, Lamarck (1744-1829), que se enfrenta a las ideas fijistas de la época, pone en duda la inmutabilidad de las especies preconizadas por ellas. Postula la existencia de cambios graduales a lo largo del tiempo, la continuidad del mundo vivo y la derivación, unas de otras, de las formas animales por filiación. Supuso que las modificaciones del medio provocarían cambios en las necesidades, adquiriendo los animales nuevos hábitos. Un cambio de circunstancias produce otro de actos y éstos, a su vez, otro en las formas. La necesidad crea el órgano y el carácter adquirido se hereda.



Jean Baptiste Lamarck
(1744-1829)

Georges Cuvier
(1769-1832)

Figura 1.9. <http://www.natuurinformatie.nl/ndb.mcp/natuurdatabase.nl/i000261.html>.



Figura 1.10. Wallace y Darwin
(<http://www.jensrusch.de/ef5f4ef0.png>).

La Zoología descriptiva, predominante en aquellos tiempos, participó de forma notable en el desarrollo general de la Biología por dos motivos fundamentales: contribuyó de forma destacada a estructurar el concepto de especie (Mayr 1971) y provocó que Darwin (1809-1882), apoyado en multitud de evidencias aportadas por los estudios de vertebrados, estableciera la teoría de la evolución de las especies, mediante el mecanismo de la selección natural (Moore 1984). No es casual que Wallace (1823-1913), otro naturalista con amplia experiencia en el estudio de los animales en su medio natural –era recolector de ejemplares para numerosos museos y colecciones–, llegase independientemente a las mismas conclusiones.

En el siglo XIX, como ya se ha apuntado anteriormente, Darwin formula su teoría de la evolución basada en la selección natural. Las observaciones que realizó en su viaje por todo el Mundo le hicieron dudar de las teorías fijistas. Concibió entonces a la especie, no como una entidad fija, sino como algo que se diversifica progresivamente, sobre todo en medios aislados. Según el darwinismo, la competencia entre los seres vivos provoca que los más capacitados sean los que tengan más posibilidades de sobrevivir y de procrearse. Por tanto, las variaciones individuales que resulten perjudiciales tenderán a desaparecer con el tiempo, mientras que las ventajosas prevalecerán y serán transmitidas de generación en generación.

Todo el pensamiento conservador moviliza sus fuerzas durante el último tercio del siglo XIX para luchar contra las nuevas doctrinas del evolucionismo, pero éstas van cobrando cuerpo poco a poco y, a comienzos del nuevo siglo, reciben el respaldo definitivo gracias a los descubrimientos de los trabajos genéticos de Mendel (1822-1884)

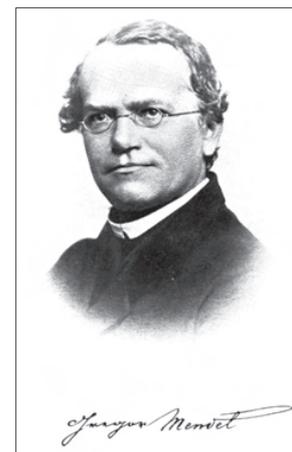


Figura 1.11. Mendel (http://www.biologie.uni-hamburg.de/bonline/e08_mendel/mendel.jpg).

sobre las leyes básicas de la Herencia. El punto esencial de los descubrimientos de Mendel es que una variación se produce por una alteración de alguna unidad hereditaria particular discreta. Durante la reproducción, estas unidades se vuelven a colocar en nuevas combinaciones, pero cada una retiene su identidad y no se fusiona con ninguna otra unidad similar, eliminando así la dificultad que tenía Darwin para explicar la permanencia de las variaciones individuales con la fusión de éstas en la herencia.

Actualmente, en lo que se refiere a los nuevos descubrimientos zoológicos, la exploración de nuevos hábitats, en particular los del medio marino pocos estudiados hasta la segunda mitad del siglo XX, como son el intersticial, el hiporréico o el abisal, han dado lugar al descubrimiento de nuevos taxones, incluidos filos, especialmente en el grupo de los invertebrados, a saber: los Pogonóforos, descritos a principios del siglo por Maurice Caullery (1868-1958) en sucesivos trabajos; los Monoplacóforos, resultado de la expedición danesa Galathea en 1952; los Gnatostomúlidos (Ax 1956); los Vestimentíferos en 1969; los Loricíferos (Kristensen 1983); o los Concentrocicloideos en 1986.

Frente a estos grupos marinos de rangos superiores, es destacable que un grupo tan diverso y abundante como los Insectos hayan acogido únicamente un nuevo orden desde la mitad del siglo pasado, los Mantophasmatodea, descritos por Klass *et al.* (2002), incluyendo dos géneros.

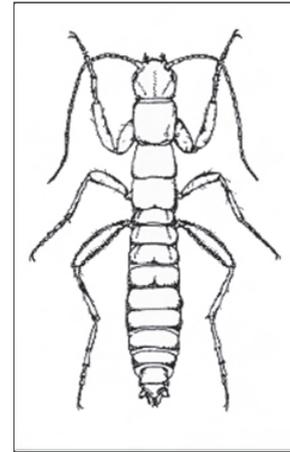


Figura 1.12. Orden Mantophasmatodea (<http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/compendium/mantophas.htm>).

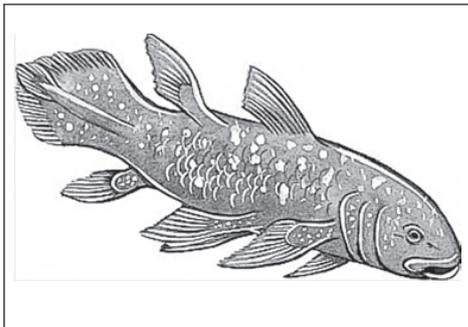


Figura 1.13. “*Latimeria chalumnae*”. (<http://www.bartelby.net/images/A4images/A4coelac.jpg>).

En referencia a los vertebrados, probablemente el descubrimiento más espectacular haya sido el del celacanto *Latimeria chalumnae* en la costa de Sudáfrica en 1938. Pez del grupo de los Crosopterigios que se consideraba extinguido desde el Cretácico.

Nielsen (2001), señala además que aún existen cinco *taxa* enigmáticos; principalmente corresponden a Mesozoos, en los filos Dicyemida (*Xenoturbella bocki*) y Orthonectida (*Buddenbrochia plumatellae*). Otra especie corresponde a *Salinella salve* del Filo Monoblastozoa proveniente de cultivos salinos de Córdoba, Argentina.

Además del descubrimiento de nuevos taxones, han tenido lugar otros hechos dignos de mención: se ha formulado un posible origen anaerobio para los metazoos a partir del estudio del thibentos en los años 70; especialmente espectacular ha sido el descubrimiento de los ecosistemas de aguas calientes cargadas de sulfuros, independientes de la fotosíntesis y con grupos como los Vestimentíferos ocupando esos nuevos hábitats en enormes densidades;

o el descubrimiento también reciente de la macrofagia de las especies de esponjas de la familia Cladorhizidae descritas como carnívoras, con una especie del género *Asbestopluma* habitante de cuevas del mar Mediterráneo en los años 90.

La utilización del microscopio electrónico ha revolucionado la morfología, permitiendo aclarar conceptos como la naturaleza de los epitelios mono y pluriestratificados, tipos de fotorreceptores, presencia de peritoneos, tipos de espermatozoides y tipos de mesénquimas; conocimientos básicos que han ido modificando el establecimiento de las relaciones filogenéticas de los animales.

7. TEORÍAS DE LA EVOLUCIÓN Y DE LA HERENCIA

Las teorías poderosas, en las que se basan investigaciones importantes y extensas, se denominan **paradigmas**. En Zoología existen dos: 1) La Teoría de la Evolución de Darwin (Selección Natural); y 2) la Teoría Cromosómica de la Herencia (basada en la genética mendeliana).

Darwin y Wallace, aunque trabajando por separado, compartieron sus descubrimientos y los presentaron a la Sociedad Linneana de Londres en 1858. Un año más tarde, Darwin publicó su obra *El origen de las especies por selección natural*, en la que explicaba su teoría apoyándola en numerosas observaciones de la naturaleza. La teoría de Darwin-Wallace se basa en tres principios:

- **La elevada capacidad reproductora de los seres vivos.** Observaron que era muy común que las especies produjeran muchos más descendientes de los que presumiblemente llegarán al estado adulto.
- **La variabilidad de la descendencia.** Los descendientes de una pareja no son idénticos. Muchas de las diferencias no tendrían gran importancia, pero otras podrían ser cruciales. La mayor parte se produce al azar y es fruto de la combinación de los genes de los progenitores.
- **La actuación del proceso llamado selección natural.** Entre los miembros de una especie se establece una lucha por la supervivencia, sobre todo si los recursos son escasos por la superpoblación. Solo los mejor adaptados consiguen sobrevivir y reproducirse, y, por tanto, transmiten sus caracteres a la descendencia.

Ejemplo de las jirafas de Darwin-Wallace

¿Cómo explicarían Darwin y Wallace por qué las jirafas tienen el cuello y las patas tan largos? En un principio existiría una población de antílopes de cuello y patas de longitud normal. Algunos de ellos, que tenían el cuello y las patas algo más largos, podrían alimentarse de hojas de acacia, lo que les ayudaría a sobrevivir mejor en las épocas de sequía. Actuó la selección natural, que permitió a los mejor adaptados, los más altos, reproducirse. Entre los descen-

dientes abundarían más los individuos altos y, de nuevo, la selección natural seleccionaría a los más altos de entre ellos, pues era más probable que los más bajos murieran de hambre antes de llegar a adultos. De este modo, como en cada generación se reproducían los animales más altos, cada vez los descendientes eran más altos. Al cabo de unos millones de años, la totalidad de los animales eran altos, como las jirafas actuales.

1. El cuello es más largo en unas jirafas que en otras. Las jirafas de cuello largo alcanzan mejor el alimento y es más probable que se reproduzcan.
2. Los hijos de las jirafas de cuello largo heredan este carácter de sus padres.
3. Con el tiempo, las jirafas de cuello corto han sido eliminadas en favor de las de cuello largo.

Leyes de Mendel

- La ley de la segregación de Mendel, establece que durante la formación de los gametos, los dos alelos de un gen se separan uno del otro y segregan a un mismo número de gametos. Cada gameto posee, por tanto, un solo alelo de cada gen.
- La “ley de la transmisión independiente” de Mendel, plantea que los genes que determinan caracteres diferentes, se transmiten de forma independiente, por tanto, se formarán todas las combinaciones posibles de gametos con igual probabilidad. Hoy sabemos que esto sólo es así para genes no ligados.

Teoría cromosómica de la herencia

Los mecanismos cromosómicos son los que producen las proporciones mendelianas: la ley de la segregación es el resultado de la separación a gametos diferentes de los cromosomas homólogos de cada bivalente. La ley de la transmisión independiente es el resultado del comportamiento independiente de distintas parejas de cromosomas homólogos.

Sutton y Boveri, también por separado, propusieron que los factores hereditarios (genes) se encontraban en los cromosomas. Al igual que para un carácter, el número de cromosomas también es doble, cada uno heredado de un progenitor (cromosomas homólogos). Durante la meiosis se separan y cada uno va a un gameto, tal y como lo propuso Mendel. Esta teoría enlazaba la citología con la genética. Se observó que existían cromosomas homólogos, parejas de cromosomas idénticos o autosomas, y una pareja de cromosomas distintos denominados heterocromosomas o cromosomas sexuales (X e Y).

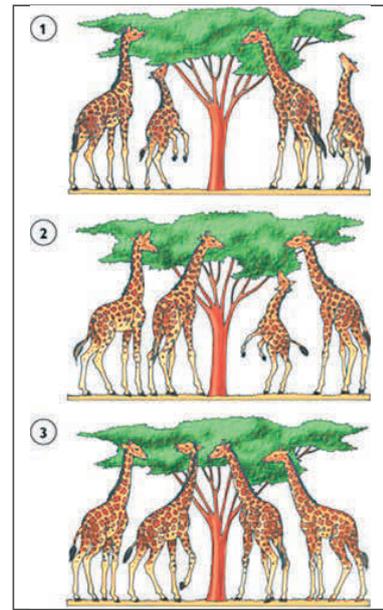


Figura 1.14. Las jirafas de Wallace (http://www.kalipedia.com/popup/popup.html?titulo=Esquema+de+la+evoluci%F3n+de+las+jirafas%2C+seg%FA+Darwin&tipo=imagen&url=/kalipediamedia/cienciasnaturales/media/200704/17/delavida/20070417klpcnavid_250.Ees.LCO.png).

En 1911, T. H. Morgan propuso que los genes estaban en los cromosomas, y que, por lo tanto, los genes que se encontraban en el mismo cromosoma tienden a heredarse juntos, proponiendo para ellos el término «genes ligados». Según Morgan, *los genes están en los cromosomas, su disposición es lineal, uno detrás de otro, y mediante el entrecruzamiento de las cromátidas homólogas se produce la recombinación genética.*

La teoría sintética (también denominada **neodarwinismo**) consiste fundamentalmente en un enriquecimiento del darwinismo debido a los nuevos descubrimientos de la genética. Los principales fundadores de esta teoría fueron Dobzhansky, Mayr y Simpson. Según la teoría sintética, los mecanismos de la evolución son los siguientes:

- La selección natural, igual que en la teoría de Darwin.
- Las mutaciones o cambios aleatorios en la estructura genética de los organismos.
- La deriva genética o proceso aleatorio por el cual a lo largo de varias generaciones se modifica la estructura genética de las poblaciones.
- El flujo genético o proceso por el cual las poblaciones se vuelven genéticamente homogéneas.

La teoría sintética es la teoría mayoritariamente aceptada por la comunidad científica. No obstante, existen teorías alternativas, como la teoría del equilibrio puntuado de Stephen J. Gould (teoría que concibe la evolución a saltos y no como un proceso gradual) o el neutralismo de Kimura (según el cual las variaciones son neutras desde el punto de vista de su valor adaptativo).

8. OBJETIVOS DE LA ZOOLOGÍA ACTUAL

Actualmente, basándose en el análisis de la diversidad zoológica, el objetivo de una disciplina científica como la Zoología es el estudio de la variedad de soluciones animales, es decir, las estrategias adaptativas, para solventar el problema del mantenimiento de la vida, averiguando las causas (¿por qué?) y entendiendo las funciones (¿para qué?), de manera que se pueda llevar a cabo la consiguiente reconstrucción histórica (Filogenia), mediante el uso de herramientas como la Genética, la Fisiología, etc. Todo ello es lo que se conoce como la Zoología Evolutiva; y al respecto, Cracraft (1983) decía que “la comprensión de la diversidad taxonómica actual es, posiblemente, el problema fundamental de la Zoología Evolutiva”.

Pero a pesar de los amplísimos estudios descriptivos realizados sobre la diversidad animal, únicamente se han descrito alrededor de un millón y medio de especies de animales, cuando se estima que restan por conocer hasta diez veces más.

Por otra parte, no es menos cierto que los animales constituyen una importantísima parte de nuestro patrimonio cultural, y es labor de los zoólogos sentar las bases para que los técnicos tomen las medidas adecuadas que permitan su conservación y una gestión racional de su uso y explotación.

9. CUESTIONARIO

- 1.- ¿Qué características nos permiten definir a los organismos vivos?
- 2.- ¿Cuáles son las principales grupos de seres vivos?
- 3.- ¿Cómo diferenciar los animales de las plantas?
- 4.- Existen otras ciencias que ayudan a los estudios zoológicos, por ejemplo, en qué apoyaría la Fisiología a la Zoología.
- 5.- ¿Cuáles fueron los hitos científicos del siglo XVII que ayudaron al desarrollo de la Zoología?
- 6.- ¿En qué contribuyeron Lamarck y Cuvier a la Zoología?
- 7.- ¿Qué supuso la publicación del “Origen de las especies” de Darwin?
- 8.- A lo largo del siglo XX se han descubierto muchos nuevos grupos de animales. Busca información sobre los Vestimentíferos.
- 9.- ¿Cuáles son los mecanismos evolutivos que plantea la **teoría sintética**?
- 10.- ¿Podrías describir una aplicación directa de la zoología para mejorar la calidad de vida de las personas?