

# Conceptos y técnicas en ecología fluvial

Edición a cargo de:

**ARTURO ELOSEGI**

Profesor titular de Ecología en la Universidad del País Vasco

**SERGI SABATER**

Catedrático de Ecología en la Universidad de Girona

---

Separata

## Índice

Primera edición: abril 2009

ISBN: 978-84-96515-87-1

© los autores, 2009

© de la edición en español, Fundación BBVA, 2009

Prólogo .....	11
<b>1. Presentación: importancia de los ríos</b>	
1.1. Introducción .....	15
1.2. Estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial.....	17
1.3. Los ríos y la humanidad .....	18
1.4. Los servicios de los ecosistemas fluviales.....	20
1.5. Bibliografía .....	21
<b>2. El río como ecosistema</b>	
2.1. Introducción .....	23
2.2. El río, sistema dinámico y complejo.....	26
2.3. La biota de los ecosistemas fluviales.....	29
2.4. Ensamblar los componentes: funcionamiento de los ecosistemas fluviales .....	33
2.5. Los problemas que afrontan los sistemas acuáticos continentales ..	35
2.6. Bibliografía .....	37
<b>3. El marco físico: la cuenca</b>	
3.1. Introducción .....	39
3.2. Factores, procesos y causas de variabilidad en la cuenca.....	41
3.3. Alteraciones de las relaciones tierra-agua .....	43
Técnica 1. Estudio morfométrico de cuencas .....	44
3.4. Bibliografía .....	48
<b>4. El caudal circulante</b>	
4.1. Introducción .....	51
4.2. El régimen hidrológico .....	53
Técnica 2. Retentividad hidráulica .....	56
Técnica 3. Medición del caudal.....	61
Técnica 3a. Medición mediante adiciones .....	61
Técnica 3b. Medición mediante correntímetro.....	64
Técnica 4. Análisis de frecuencia de avenidas .....	65
4.3. Bibliografía .....	69

<b>5. La estructura física de los cauces fluviales</b>	
5.1. Introducción .....	71
5.2. Cauce y transporte de sedimentos.....	73
5.3. Clasificación de los tipos de río .....	75
5.4. Aplicaciones de la geomorfología fluvial.....	77
Técnica 5. Determinación de la morfología del cauce.....	77
Técnica 6. Degradación/gradación del cauce.....	82
5.5. Bibliografía.....	84
<b>6. El transporte de los materiales inorgánicos disueltos y particulados</b>	
6.1. Introducción .....	85
6.2. Variaciones en los materiales transportados.....	86
Técnica 7. Carga disuelta y carga en suspensión.....	89
Técnica 8. Determinación de la hidrología hiporreica .....	91
6.3. Bibliografía.....	96
<b>7. La química de las aguas. Los nutrientes</b>	
7.1. Introducción .....	97
7.2. Las sustancias disueltas en el agua.....	98
7.3. Variaciones en el quimismo de los ríos.....	100
7.4. Muestreo, almacenamiento y conservación de las muestras .....	102
7.5. Material de laboratorio indispensable.....	104
Técnica 9. Determinación del carbono inorgánico disuelto (CID)..	105
Técnica 9a. Viraje de indicador de pH.....	105
Técnica 9b. Método de Gran.....	106
Técnica 10. Materia orgánica disuelta (MOD) .....	107
Técnica 10a. Carbono orgánico disuelto biodegradable (CODB)	108
Técnica 10b. Índice de fluorescencia .....	109
Técnica 11. Nitrógeno inorgánico disuelto .....	110
Técnica 11a. Amonio: método del salicilato .....	110
Técnica 11b. Nitrito: método de la sulfanilamida .....	111
Técnica 11c. Nitrato: método de la reducción a nitrito .....	112
Técnica 11d. Nitrógeno total disuelto (NTD).....	113
Técnica 12. Fósforo.....	114
Técnica 12a. Fósforo reactivo soluble (PRS).....	114
Técnica 12b. Fósforo total disuelto (PTD) .....	115
7.6. Bibliografía.....	116
<b>8. Retención de nutrientes en ecosistemas fluviales</b>	
8.1. Introducción .....	117
Técnica 13. Retención de nutrientes.....	120
Técnica 13a. Adición en continuo .....	120
Técnica 13b. Adición instantánea .....	126
8.2. Bibliografía.....	131

<b>9. Otros factores físicos de importancia para los seres vivos:</b>	
<b>  luz, temperatura, corriente</b>	
9.1. Introducción .....	133
9.2. La temperatura del agua .....	134
9.3. La disponibilidad de la luz.....	134
9.4. La velocidad de la corriente.....	135
Técnica 14. Estima de la luz disponible en un tramo.....	135
Técnica 15. Medición de la corriente .....	138
Técnica 15a. Velocidad de la corriente a escala de tramo .....	138
Técnica 15b. Velocidad de la corriente a escalas espaciales reducidas.....	139
9.5. Bibliografía.....	140
<b>10. Dinámica y relevancia de la materia orgánica</b>	
10.1. Introducción.....	141
Técnica 16. Entradas de materia orgánica particulada gruesa al río.....	144
Técnica 17. Retención de hojarasca .....	149
Técnica 18. Materia orgánica particulada bentónica .....	151
Técnica 19. Cantidad de madera en el cauce .....	154
Técnica 20. Descomposición de la hojarasca.....	156
Técnica 21. Balances de materia orgánica particulada gruesa en sistemas fluviales .....	161
10.2. Bibliografía .....	165
<b>11. La biota de los ríos: los microorganismos heterotróficos</b>	
11.1. Introducción.....	169
11.2. Toma de muestras de microorganismos heterotróficos fluviales..	171
Técnica 22. Densidad y biomasa de bacterias fluviales .....	172
Técnica 23. Biomasa de hongos.....	176
Técnica 24. Comunidad microbiana: métodos moleculares de estudio de la diversidad .....	181
Técnica 24a. Toma, procesado y conservación de muestras ...	186
Técnica 24b. Extracción, purificación y cuantificación del DNA .....	187
Técnica 24c. Amplificación del DNA (PCR) .....	191
Técnica 24d. Separación del DNA por DGGE ( <i>fingerprinting</i> de la comunidad).....	194
Técnica 24e. Clonación.....	197
Técnica 24f. Secuenciación y asignación filogenética .....	199
Técnica 25. Evaluación de la diversidad de los hongos acuáticos	200
Técnica 26. Tasa de esporulación .....	206
Técnica 27. Actividades enzimáticas extracelulares.....	211
11.3. Bibliografía .....	216

<b>12. La biota de los ríos: los microorganismos autótrofos</b>	
12.1. Introducción.....	219
Técnica 28. Muestreo y observación de algas no diatomeas.....	220
Técnica 29. Tratamiento y análisis de diatomeas.....	224
Técnica 30. Fitoplancton.....	226
Técnica 31. Recolección y análisis de cianobacterias.....	228
Técnica 32. Pigmentos fotosintéticos.....	234
Técnica 32a. Pigmentos fotosintéticos por espectrofotometría	234
Técnica 32b. Estima de la eficiencia fotosintética	
y de la biomasa algal mediante fluorimetría.....	238
12.2. Bibliografía.....	240
<b>13. La biota de los ríos: los macrófitos</b>	
13.1. Introducción.....	243
13.2. Papel de los macrófitos en la dinámica de nutrientes.....	244
Técnica 33. Estructura y biomasa de comunidades macrofíticas	245
13.3. Agradecimientos.....	250
13.4. Bibliografía.....	250
<b>14. La biota de los ríos: los invertebrados</b>	
14.1. Introducción.....	253
Técnica 34. Estudio de la comunidad de macroinvertebrados ...	254
Técnica 35. Estudio de la meiofauna.....	258
Técnica 36. Rasgos biológicos de especies.....	262
14.2. Bibliografía.....	268
<b>15. La biota de los ríos: los peces</b>	
15.1. Introducción.....	271
Técnica 37. Muestreo de peces: pesca eléctrica.....	273
Técnica 38. Muestreo de peces: métodos pasivos.....	276
Técnica 39. Estima de la densidad poblacional.....	278
Técnica 39a. Métodos absolutos: Capturas sucesivas con	
extracción.....	278
Técnica 39b. Métodos absolutos: captura-marcaje y recaptura	283
Técnica 39c. Métodos relativos: capturas por unidad de	
esfuerzo.....	285
Técnica 40. Estado de condición.....	287
15.2. Bibliografía.....	289
<b>16. La biota de los ríos: otros vertebrados</b>	
16.1. Introducción.....	293
Técnica 41. Captura e inventario de anfibios y reptiles.....	295
Técnica 41a. Captura de anfibios a mano.....	296
Técnica 41b. Censo de anuros mediante escuchas.....	298

Técnica 41c. Censo de galápagos basado en observación directa .....	299
Técnica 42. Censos de aves acuáticas .....	299
Técnica 42a. Censos de anátidas y aves afines desde estaciones de observación.....	300
Técnica 42b. Censo de martines pescadores y mirlos acuáticos	302
Técnica 43. Muestreo de mamíferos ligados al agua.....	303
Técnica 43a. Búsqueda de rastros de nutria.....	304
Técnica 43b. Trampeo de desmán del Pirineo .....	305
16.2. Bibliografía .....	308
<b>17. La vegetación terrestre asociada al río: el bosque de ribera</b>	
17.1. Introducción.....	311
Técnica 44. Criterios para evaluar la calidad ecológica del bosque de ribera.....	313
17.2. Bibliografía .....	321
<b>18. Flujo de energía en el ecosistema fluvial. Producción primaria y producción secundaria</b>	
18.1. Introducción.....	323
Técnica 45. Determinación de las tasas de fijación autotrófica de carbono en biofilms .....	324
Técnica 45a. Técnica de incorporación de carbono con <sup>14</sup> C..	324
Técnica 45b. Técnica de enriquecimiento con <sup>13</sup> C.....	328
Técnica 46. Determinación de las tasas de incorporación de nitrógeno inorgánico en biofilms mediante enriquecimiento con <sup>15</sup> N.....	334
Técnica 47. Determinación de la producción secundaria .....	336
Técnica 47a. Cálculo por el método del crecimiento instantáneo .....	336
Técnica 47b. Cálculo por el método de la frecuencia de tamaños .....	341
18.2. Bibliografía .....	345
<b>19. Relaciones tróficas en el ecosistema fluvial</b>	
19.1. Introducción.....	347
Técnica 48. Análisis de dietas.....	349
Técnica 48a. Contenidos estomacales en invertebrados .....	349
Técnica 48b. Contenidos digestivos y análisis de la dieta de peces .....	351
Técnica 48c. Análisis de la dieta de mamíferos.....	355
Técnica 49. Ecología estequiométrica. Análisis elemental.....	356
Técnica 50. Análisis de la red trófica mediante isótopos estables de C y N.....	359

Técnica 51. Caracterización de la estructura trófica .....	362
19.2. Bibliografía .....	365
<b>20. Flujo de energía en el ecosistema. Metabolismo fluvial</b>	
20.1. Introducción .....	367
20.2. Relevancia y objeto de las distintas aproximaciones en la medida del metabolismo .....	368
Técnica 52. Metabolismo fluvial: cámaras .....	370
Técnica 52a. Determinación del metabolismo con cámaras recirculantes .....	372
Técnica 52b. Determinación del metabolismo con cámaras sin circulación .....	374
Técnica 53. Metabolismo fluvial: métodos en cauce abierto .....	375
Técnica 53a. Determinación de la reaireación a partir de la evasión de gases trazadores .....	379
Técnica 53b. Estimaciones de reaireación según las características hidráulicas y geomorfológicas del tramo de estudio .....	380
Técnica 53c. Estimaciones de la reaireación según la variación nocturna del oxígeno .....	381
Técnica 53d. Medida del metabolismo con una estación .....	382
Técnica 53e. Medida del metabolismo con dos estaciones .....	384
20.3. Bibliografía .....	385
<b>21. Uso de ríos artificiales en ecología fluvial</b>	
21.1. Introducción .....	387
21.2. Tipología .....	388
21.3. El diseño: consideraciones generales .....	390
Técnica 54. Diseño de ríos artificiales en laboratorio .....	392
21.4. Bibliografía .....	395
<b>22. Diseño experimental y análisis de datos</b>	
22.1. Introducción .....	397
Técnica 55. Diseño del estudio .....	400
Técnica 56. Análisis de datos .....	402
22.2. Bibliografía .....	411
<b>Apéndices</b>	
A. Preparación de soluciones <i>stock</i> y reactivos (técnica 24) .....	413
B. Glosario de términos .....	417
Índice de cuadros y figuras .....	425
Índice alfabético .....	433
Nota sobre los autores .....	437