
Caracterización estacional del hábitat fluvial del río Erro (Navarra).

Seasonal aquatic habitat assessment of the Erro River (Navarre).

P. M. LEUNDA*, R. MIRANDA* & M.C. ESCALA*



RESUMEN

Se presenta la descripción de catorce tramos representativos del río Erro (Navarra) a partir de la caracterización del hábitat fluvial llevada a cabo en invierno, verano y otoño de 2002. Para este estudio se han considerado parámetros tanto del hábitat físico (profundidad, anchura del cauce, pendiente de las orillas, velocidad del agua, tipo de sustrato, vegetación acuática y sombreado) como físico-químicos del agua (temperatura, pH, conductividad, sólidos disueltos y oxígeno disuelto). El análisis de las características del río Erro permite considerar su estado general como bueno, aunque se detecta la presencia de un tramo sensible aguas abajo de la localidad de Erro. Si bien este tramo sensible presenta niveles de conservación aceptables, es susceptible de deteriorarse si no se adoptan las medidas oportunas para su conservación. Se sugiere su inclusión en el Lugar de Interés Comunitario (Red Natura 2000 de Navarra) de los "Sistemas Fluviales del los Ríos Irati, Urrobi y Erro".

• **PALABRAS CLAVE:** Hábitat fluvial, estacionalidad, hábitat físico, morfología del tramo, parámetros físico-químicos, caracterización del hábitat, conservación de ríos.

ABSTRACT

Fourteen representative reaches of the Erro River (Navarre) are described on the basis of the aquatic habitat assessment carried out during winter, summer and autumn 2002. Several stream reach features (depth, channel width, bank slope, water velocity, substrate type, aquatic vegetation and shading) and water quality parameters (temperature, pH, conductivity, dissolved solids and dissolved oxygen) were measured and analysed. Results show that the overall state of the Erro river is good, even though a fragile reach was detected downstream from Erro town. Although this reach was in fair conservation status, it seems to be liable to suffer deterioration unless proper conservation strategies are implemented. We suggest to include this fragile reach in the Natura 2000 Site "Sistemas Fluviales del los Ríos Irati, Urrobi y Erro".

• **KEY WORDS:** Stream habitat, seasonality, physical habitat, stream reach features, water quality, stream reach surveys, river conservation.

* Universidad de Navarra. Departamento de Zoología y Ecología.
Apdo. 177 • E-31080 Pamplona.

LABURPENA

Erro ibaia (Nafarroa) hobetoen ordezkatzan duten hamalau tarte deskribatu dira, 2002ko negu, uda eta udazkenean gauzatutako ibai habitataren karakterizaziotik abiatuta. Azterketari begira, hainbat parametro hartu dira kontuan: habitat fisikoarenak (ibai-ibilguren sakonera, zabalera, ibaiertzen malda, uraren abiadura, substratu mota, uretako landaredia eta itzalguneak) eta uraren parametro fisiko-kimikoak (tenperatura, pH, konduktibitatea, solido disolbatuak eta oxigeno disolbatua). Erro ibaiaren ezaugarrien analisiaren arabera, ibaiaren egoera orokorra ona da, nahiz eta Erro herritik behera ibaian tarte sentibera dagoela antzeman daitekeen. Tarte sentibera horrek kontserbazio maila onargarriak izan arren, okerrera egin dezake hura kontserbatzeko neurriak hartzen ez badira. "Irati, Urrobi eta Erro Ibaien Sistema Ibitarra" izeneko Garrantzia Komunitarioko Lekuan sartzeko iradokizuna egin da (Nafarroako Natura 2000 Sarea).

- **GAKO-HITZAK:** Ibai habitat, urtarokotasun, habitat fisiko, tartearen morfologia, parametro fisiko-kimiko, habitataren karakterizazio, ibai kontserbazio.



INTRODUCCIÓN

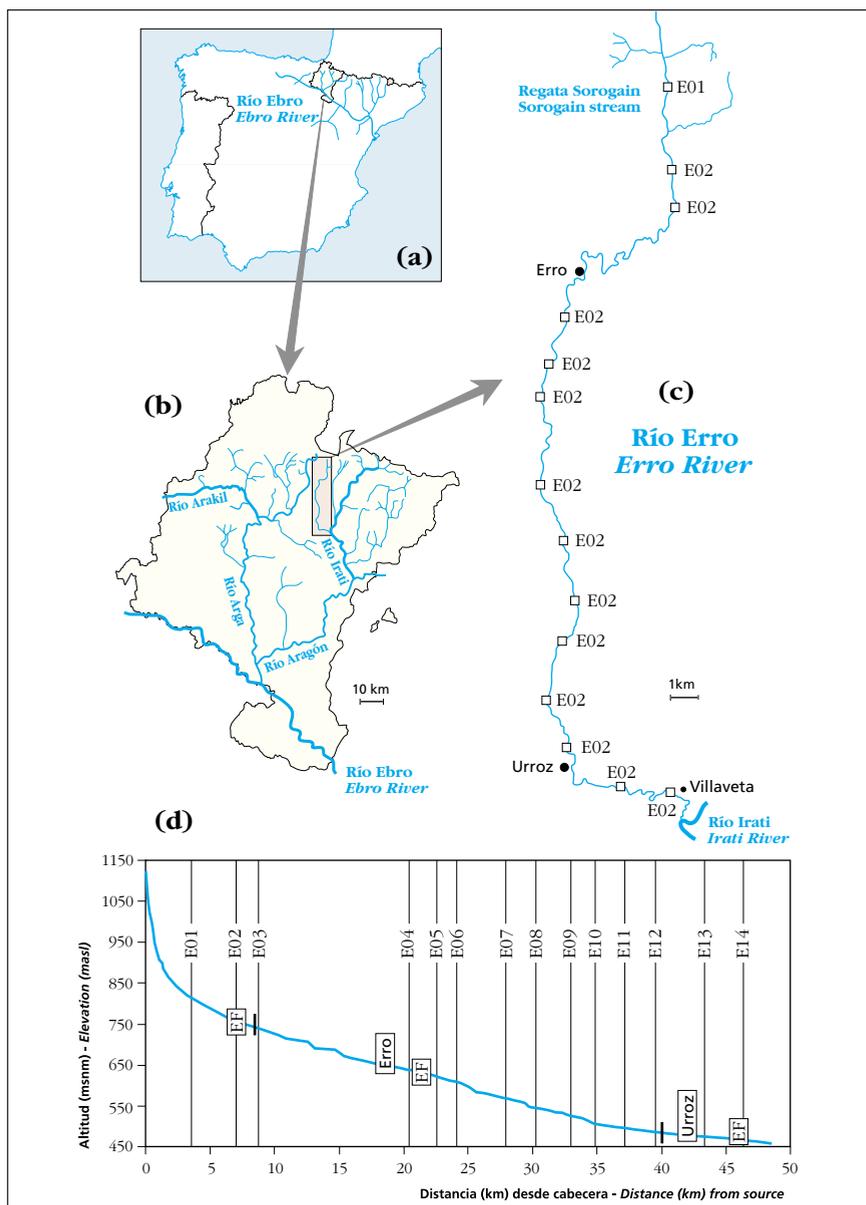
La protección de los ecosistemas fluviales y su biodiversidad se ha de basar en un profundo conocimiento del medio. Por ello, cualquier actuación sobre el medio acuático se debería llevar a cabo tras un estudio del estado actual e histórico, para poder tener una herramienta eficaz para la previsión y valoración de la posible gravedad de los impactos. Un problema cada vez más frecuente, debido a la presión humana generalizada sobre el medio, estriba en la escasez de datos sobre ecosistemas prístinos. Esta problemática ésta acentuada en los ecosistemas fluviales, debido al histórico aprovechamiento de ellos hasta transformarlos en una dramática sucesión de presas, azudes y zonas de vertido.

El Erro es un río prepirenaico afluente de tercer orden del Ebro (Fig. 1), que aunque no intacto, está según estudios previos (GARCÍA-FRESCA, 2003) en buen estado de conservación. Por ello, un estudio en mayor profundidad sobre sus características podría tener cierto interés con el objeto de recabar información previa frente a posibles futuras actuaciones sobre el río y a modo de estado de referencia para ríos prepirenaicos que se puedan considerar de características similares. Además, el río Erro ha sido incluido en dos Lugares de Interés Comunitario de la Red Natura 2000 de Navarra, si bien no como tal, sino dividido y como parte de otros dos lugares de la red. El tramo alto, considerado como la regata de Sorogain, forma parte del lugar *Monte Alduides* (ES 220019), mientras que los tramos medio y bajo han sido incluidos en el denominado *Sistemas Fluviales de los Ríos Irati, Urrobi y Erro* (ES 220025), dejando entre ellos un tramo de 16 km sin designación ni protección alguna.

En la bibliografía se encuentran descritas distintas metodologías para la realización de la caracterización del hábitat fluvial, pero una de las más comúnmente empleadas se basa en la realización de transectos lineales en los que se miden una serie de variables. Existen

Figura 1.- Localización de la cuenca del río Ebro en la Península Ibérica (a), del río Erro en Navarra (b) y de los tramos de muestreo (E01-E14) a lo largo del río Erro (c). El gráfico (d) representa el perfil longitudinal del río Erro junto con la localización de los tramos de muestreo, las estaciones de aforo (EF), las pequeñas presas (∧) y las localidades más importantes.

Figure 1.- Location of the Ebro River Basin in the Iberian Peninsula (a), the Erro River in Navarra (b) and the sampled reaches (E01-E14) along the Erro River (c). The graph (d) represents the longitudinal profile of the Erro River with the location of sampled reaches, the flow gauging weirs (EF), the small dams (∧) and the most important towns.



numerosas variantes del mismo (PLATTS *et al.*, 1983; FAUSCH & NORTHCOTE, 1992; HEGGENES *et al.*, 1993; SHIELDS *et al.*, 1994; SIMONSON *et al.*, 1994), sin embargo, las principales variables medidas son generalmente: profundidad, tipo de sustrato, refugios y velocidad del agua (SHIELDS & HOOVER, 1991; BRITAIN *et al.*, 1993; RABENI & JACOBSON, 1993; KOEHN *et al.*, 1994; POFF & ALLAN, 1995; LEK *et al.*, 1996). A estas variables puramente físicas se suelen añadir los parámetros físico-químicos que ofrecen información sobre la calidad de las aguas (BAIN & STEVENSON, 1999). Estos datos toman gran valor cuando pueden enfrentarse con parámetros faunísticos (distribución de especies, composición de la comunidad, densidad de ejemplares y diversidad de especies) de los tramos, y de este modo se puede llegar a alcanzar una mejor comprensión del ecosistema fluvial.

En esta línea, el presente estudio pretende describir el hábitat fluvial del río Erro, atendiendo a los parámetros del hábitat físico y físico-químicos del agua, y observando sus variaciones espaciales y estacionales.

ÁREA DE ESTUDIO

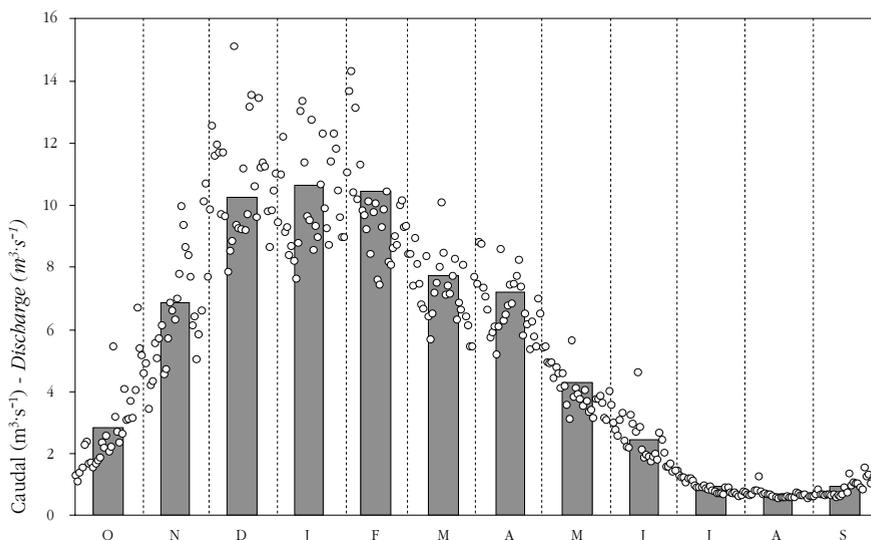
La regata de Sorogain nace en la vertiente sur del monte Sorogain (Navarra), y recorre el valle del mismo nombre hasta las proximidades de Ureta, donde toma el nombre de río Erro hasta su desembocadura en la margen derecha del río Irati, aguas abajo de Aoiz. El Erro conforma uno de los valles prepirenaicos occidentales navarros, situándose entre los valles de Esteribar (al oeste) y Arce (al este) (Fig. 1b).

El tramo de cabecera se asienta en el macizo de Quinto Real, en cuyos esquistos y dolomías paleozoicos ha encajado un valle de fuertes pendientes. Al poco entra en el flysch eocénico y sus vertientes tienen una forma más suave dada su menor resistencia a los procesos erosivos. Una vez rebasado Ureta, gira suavemente hacia el oeste para bordear los terrenos del cretácico inferior que rodean el macizo paleozoico de Oroz-Betelu. En su discurrir hacia el sur atraviesa niveles margosos sobre los que conforma un valle más amplio, hasta que forma una foz al entrar en el flysch de potentes niveles calizos intercalados y suavemente plegados. A partir de Oscáriz el valle se abre a las margas eocénicas de la cuenca de Aoiz-Lumbier, sobre las que ha depositado un importante aluvionamiento a modo de terrazas.

A lo largo de 48,5 km el río Erro drena una cuenca de 220 km² pertenecientes a los términos municipales de Valle de Erro, Lizoain, Urroz y Lónguida. Dada la disposición norte-sur que adopta su cuenca, discurre por dos tipos de clima bien diferenciados. En su cabecera se dan condiciones de tipo subatlántico con precipitaciones que alcanzan los 1.800 mm anuales e importante innivación. En el tramo medio y bajo el clima es submediterráneo, siendo más montano y lluvioso (1.000-1.400 mm) el tramo medio que el tramo bajo (<1.000 mm). En el aforo de Urroz-Villaveta aporta 170 Hm³ anuales en régimen de tipo pluvionival (serie 1932-2000; CHE, 2005). Su período de altas aguas se prolonga de

Figura 2.- Caudal ($m^3 \cdot s^{-1}$) medio diario (círculos) y mensual (barras) en el periodo 1932-2000 (CHE, 2005) del río Erro en la estación de aforo de Urroz.

Figure 2.- Mean daily (circles) and monthly (bars) discharge ($m^3 \cdot s^{-1}$) of the Erro River in the Urroz-Villaveta flow gauging weir during the period 1932-2000 (CHE, 2005).



noviembre a abril, y en él destacan unos máximos invernales relacionados con las lluvias oceánicas, que al disminuir su importancia a medida que avanza la primavera es suplida por la fusión nival (Fig. 2). Históricamente, sus valores extremos anuales han oscilado entre los 28 Hm³ (1948/49) y los 598 Hm³ (1960/61). La frecuencia media anual de crecidas es 11, de las que 7 superan cinco veces el módulo, y discurren durante 39 días. En su mayoría se centran especialmente en los meses de noviembre-diciembre, y marzo. El estiaje estival dura 159 días durante los cuales aporta un caudal medio de 1,4 $m^3 \cdot s^{-1}$ (CAN, 1991).

La densidad poblacional es baja, con localidades dispersas de las cuales las más importantes son Erro (787 hab), Lizoain (231 hab), Urroz (363 hab), siendo el resto significativamente menores (<25 hab). Las principales actividades humanas en la cuenca son la ganadería, la silvicultura y la agricultura. Por consiguiente, el 63% del terreno es forestal, el 23% corresponde a cultivos, el 14% a praderas y pastos, y solamente el 1% es terreno urbano e improductivo.

La vegetación de la cuenca de la regata de Sorogain está dominada por pastos y hayedos sobre suelos pobres que llevan en el sotobosque brezos, cárices y lúzulas. La etapa de sustitución de estos bosques acidófilos de tipo atlántico es un brezal con tojos, helecho y gamón. La aliseda pirenaica ocupa una situación marginal y sólo se observa en

pequeños tramos con orillas estabilizadas, sobre suelo profundo. En los suelos arcillosos de Ureta, el hayedo cede ante el robledal de roble común que en esta zona presenta espino navarro, espino albar, avellano y rosál. A partir de estos robledales se han obtenido las tierras fértiles y profundas que sustentan una rica pradería enmarcada entre setos vivos. Los robledales se sitúan en la media ladera donde el hayedo no resiste, por aparición de condiciones de sequedad edáfica durante el verano. El río se acompaña en este tramo por sargaes y arbustos, adaptados al carácter torrencial de las aguas, durante el período de fusión de las nieves.

A partir de Urniza, y hasta Urroz y Villaveta, domina el robledal de roble peludo y los pinares de pino albar, respondiendo su presencia a unas condiciones climáticas de mayor sequedad estival, con aparición de boj en su sotobosque. En este sector submediterráneo final, el roble peludo es reemplazado en las solanas margosas por el quejigo. Los matorrales que sustituyen al quejigal, con aspecto de tomillar y los pastos que forman mosaico, tienen en su composición abundantes especies mediterráneas. En este último tramo, el río presenta además de las mimbreras, una olmeda con fresnos en las tierras llanas, que en algunas zonas ha sido sustituido por prados y cultivos. Sólo en el último recorrido el río recupera parte del bosque en galería apareciendo los alisos y los sauces arbóreos.

MATERIAL Y MÉTODOS

A lo largo del río Erro se seleccionaron 14 tramos de muestreo (Fig. 1c y d) (Tabla I) con base en su representatividad de los hábitats fluviales presentes en el río (BAIN & STEVENSON, 1999) y accesibilidad, en los cuales se llevaron a cabo las caracterizaciones del hábitat fluvial mediante el método combinado de transectos lineales y puntos (SIMONSON *et al.*, 1994). La elección del número y lugar de realización de los transectos en cada tramo, se basó en la longitud del tramo, la accesibilidad de las zonas a estudiar y en su heterogeneidad física (SHIELDS & HOOVER, 1991; BAIN & STEVENSON, 1999). Asimismo, el número de puntos de medida por transecto varió principalmente debido a la anchura y heterogeneidad del transecto (SHIELDS *et al.*, 1994).

Se realizaron las caracterizaciones del hábitat fluvial en verano (1-22/08/02), invierno (14-25/03/02) y otoño (15-26/10/02), con el objeto de poder registrar los cambios estacionales y espaciales. Las condiciones meteorológicas adversas impidieron dichas caracterizaciones completas en primavera de 2002 (26/04-2/05/02), pero se pudieron realizar las tomas de parámetros físico-químicos. Los transectos realizados se mantuvieron invariables en cada localidad a lo largo de todo el período de estudio.

PARÁMETROS ESTUDIADOS

A partir de la medición de la *anchura* de la lámina de agua (*A*), la *distancia entre transectos* (*DA*) y la *longitud del tramo* (*LT*) ($\pm 0,1$ m) (BAIN & STEVENSON, 1999), y con la ayuda

Tabla I. Datos sobre la localización de los tramos muestreados en el río Erro (DDC: distancia desde cabecera (km); Alt: Altitud (msnm); LT: Longitud del tramo (m); %P: pendiente del tramo).

Table I. Location of the surveyed reaches of the Erro River (DFS: distance from source (km); Elv: Elevation (masl); RL: Reach length (m); %S: percent thalweg slope).

Localidad - Locality	UTM	DDC-DFS	Alt-Elv	LT-RL	%P-%S
E01 - Casa de Sorogain	30TXN298627	3,6	814	81,8	2,46
E02 - Estación de aforo de Sorogain	30TXN301597	7,0	757	77,7	0,81
E03 - Ureta	30TXN302582	8,8	739	66,7	1,01
E04 - Erro	30TXN260540	20,4	637	63,7	0,81
E05 - Larraingoa	30TXN253524	22,5	622	88,2	1,12
E06 - Ardaiz	30TXN251510	24,1	607	46,3	0,86
E07 - Urricelqui	30TXN251480	27,9	567	94,8	0,85
E08 - Zunzarren	30TXN261461	30,2	547	69,2	0,63
E09 - Zalba	30TXN266437	33,0	522	43,7	0,75
E10 - Oscáriz	30TXN261422	34,8	507	61,1	0,91
E11 - Lizoain	30TXN256401	37,1	497	58,2	0,42
E12 - Urroz	30TXN263383	39,5	487	56,6	0,32
E13 - Liberrri	30TXN286370	43,3	472	55,4	0,22
E14 - Estación de aforo de Villaveta	30TXN305367	46,3	467	35,7	0,34

de esquemas de campo y fotografías, se dibujaron mapas de los tramos en papel milimetrado (1:100) para el cálculo del *área sumergida*. Para el cálculo de la *pendiente general del tramo* (cociente entre la separación de dos curvas de nivel contiguas al tramo (5 m) que cortan el *thalweg* y la distancia recorrida por el río entre dichas curvas de nivel), y el *perfil transversal del valle* (distancias perpendiculares desde el *thalweg* a las cinco curvas de nivel (5 m) inmediatas al cauce) se utilizó la cartografía topográfica a escala 1:5.000 en formato digital (GOBIERNO DE NAVARRA). Con un clinómetro se midió la *pendiente de las orillas* en los transectos, y dichas mediciones fueron categorizadas en clases de pendiente baja (<30°), media (30-60°) y alta (60-90°). Se consideró la clase “refugio” para la fauna piscícola cuando las orillas estaban formadas por extraplomos (>90°), raíces, vegetación acuática emergente o riparia colgante, ya que pueden ofrecer descanso a los peces debido a una disminución de la velocidad del agua y protección frente a sus predadores, frente a crecidas y temporadas de elevadas temperaturas (SCHIEMER & ZALEWSKI, 1992; SIMONSON *et al.*, 1994).

En cada uno de los puntos de medida a lo largo de los transectos se midió la *profundidad* (± 1 cm; clases de profundidad baja: <30 cm, media: 30-60 cm, y alta: >60 cm), la *velocidad promedio* (± 1 cm·s⁻¹; a una profundidad equivalente a 0,6 de la profundidad total (PLATTS *et al.*, 1983); clases de velocidad baja: <0,3 m·s⁻¹, media: 0,3-0,75 m·s⁻¹, alta: 0,75-1,2 m·s⁻¹, y muy alta: >1,2 m·s⁻¹), el *tipo de sustrato* (se determinaron visualmente la abundancia relativa de las categorías granulométricas de WENTWORTH modificadas por CUMMINS (1962) (*en* BAIN & STEVENSON, 1999); limos: <0,062 mm, arenas: 0,062-2 mm, gravas: 2-64 mm, guijarros: 64-256 mm, rocas: >256 mm, placas de roca o losa, y cemento),

el *tipo de vegetación acuática* (Sumergida: algas, musgo, perifiton y hojas acumuladas; Emergente: carrizos, hierba sumergida, raíces y ramas) y el *sombreado* (presencia/ausencia de obstáculos para luz directa en la vertical del punto).

Y además se midieron los siguientes parámetros físico-químicos del agua durante las caracterizaciones estacionales: *temperatura* (sonda termométrica WTW-OXI 320/SET, $\pm 0,1^\circ\text{C}$), *concentración de oxígeno disuelto* ($0,01 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y *porcentaje de saturación* ($\pm 0,1\%$) (oxímetro WTW-OXI 320/SET), *pH* (pHmetro RA-PHM210, $\pm 0,01$), *conductividad* ($\pm 1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) y *sólidos disueltos totales* (TDS $\pm 1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) (ambos con conductivímetro WTW-LF 323/SET).

ANÁLISIS DE DATOS

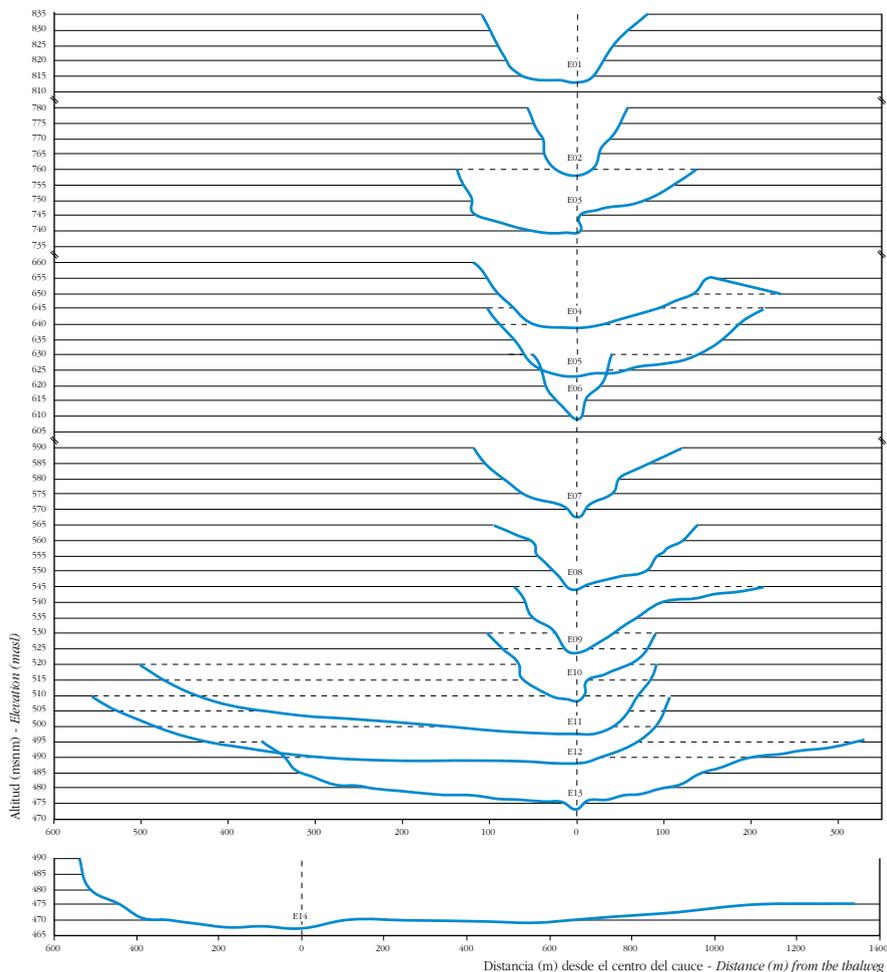
Los datos obtenidos en los muestreos de caracterización de hábitat fueron almacenados en tablas Excel (Microsoft Office 97) y analizados con SPSS 11.0.1 para Windows (SPSS Inc.). Debido a la dificultad de obtener una visión global de la variación de los parámetros en los 42 casos resultantes (14 tramos de muestreo x 3 estaciones del año), y a que la mayoría de ellos se encuentran naturalmente correlacionados se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) (ELSO & GILLER, 2001), el cual además arroja una visión sinóptica que engloba la mayoría de la variación. Para ello, las categorías contempladas dentro de cada parámetro fueron introducidas como variables de porcentaje de la frecuencia de presencia de cada una de ellas en cada tramo, y se eliminó una de las categorías de cada parámetro con el fin de evitar la dependencia entre variables (20 variables, Tabla II). En el ACP se empleó el método de rotación ortogonal Varimax con Kaiser que minimiza el número de variables que tienen saturaciones altas en cada factor, por lo que simplifica la interpretación de los factores. Y para ahondar en el significado de los componentes principales se correlacionaron las puntuaciones factoriales de los casos con la distancia desde cabecera mediante correlaciones bivariadas de Pearson (VILA-GISPERS *et al.*, 2002). Los mapas y láminas se trabajaron con los programas Adobe Photoshop 7.0 (Adobe Systems Inc.), Corel Draw (Corel Corp.), Power Point (Microsoft Office 97) y MicroStation 5.0 (Bentley Systems Inc.).

RESULTADOS

El perfil transversal del valle del río Erro a la altura de los tramos va abriéndose progresivamente, sobre todo hacia la orilla derecha, a medida que avanzamos aguas abajo hasta el tramo E05 (Fig. 3), mientras que E06 se trata de nuevo de un tramo muy encajado debido a que se encuentra justo aguas arriba de la foz. A partir del tramo E07, el primer tramo de muestreo aguas abajo de la foz, el perfil comienza a abrirse otra vez, y lo hace de forma llamativa a partir del tramo E11, de modo que el río Erro desde E11 a E14 se considera ya como un río de llanura. En los tramos E11 y E12 el perfil es más abierto en la orilla izquierda y en E13 es prácticamente similar en ambas orillas. Aunque la orilla

Figura 3.- Sucesión de los perfiles transversales del valle del río Erro a la altura de los tramos de muestreo (E01-E14).

Figure 3.- Evolution of the Erro River's valley cross-sections in the study reaches (E01-E14).

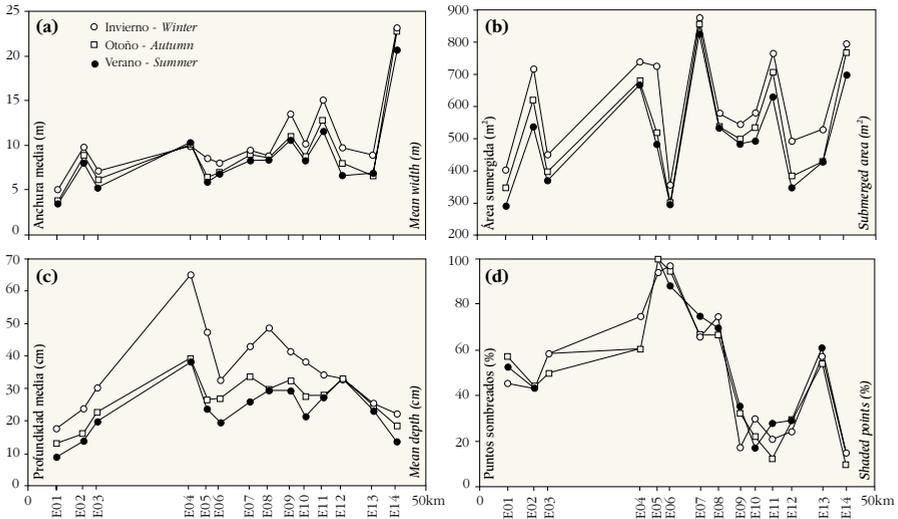


izquierda sigue abriéndose en E14, la orilla derecha presenta un perfil mucho más amplio y llano.

Centrándonos en las características del propio cauce, la anchura del cauce sumergido aumentó a lo largo del río (Fig. 4a), siendo el tramo más estrecho E01 ($4,1 \pm 0,5$ m) ($\bar{x} \pm Std Err$) y el más ancho E14 ($22,2 \pm 0,8$ m), pero éste último se trata de un tramo canalizado. Los tramos entre E01 y E08, pero especialmente entre E06 y E08, fueron los de menor variabilidad en su anchura a lo largo del año, salvo E05. Las anchuras obtenidas en

Figura 4.- Variación estacional de la anchura media (m) (a), área (m²) (b) y profundidad media (cm) (c) del cauce sumergido, así como del porcentaje de área sombreada (d) en los tramos a lo largo del río Erro.

Figure 4.- Seasonal variation of the mean width (m) (a), area (m²) (b) and mean depth (cm) (c) of the wetted channel, as well as of the shaded area (d) along the the Erro River.



verano, y consecuentemente las áreas sumergidas (Fig. 4b), fueron menores que en otoño en todos los tramos, y éstas a su vez menores que las del invierno.

En la Figura 4c se observa que la profundidad promedio en todos los tramos fue mayor en invierno que en otoño, y ésta a su vez superior a la de verano. En todas las estaciones del año los tramos con menor profundidad promedio fueron E01 (13 ± 2 cm), E02 (18 ± 3 cm) y E14 (18 ± 3 cm). Mientras que el de mayor profundidad fue E04 (48 ± 9 cm), siendo éste también el que presentó un mayor variabilidad estacional junto con E05 (33 ± 8 cm). Los puntos de mayor estabilidad resultaron ser los de cabecera (E01: 13 ± 2 cm; E02: 18 ± 3 cm; E03: 24 ± 3 cm), junto con los del tramo bajo (E11: 30 ± 2 cm; E12: 33 ± 0 cm; E13: 24 ± 1 cm; E14: 18 ± 3 cm).

En lo referente al porcentaje de puntos de medida sombreados, se presentaron diferencias mínimas entre las épocas (Fig. 4d). A lo largo del río se reconocieron dos regiones bien diferenciadas, una de alto porcentaje de puntos de medida sombreados desde cabecera hasta E08, y sobre todo entre E04 y E08, y otra abierta y poco sombreada a partir de E09, con la salvedad de E13. El mayor sombreado se registró en E05 ($98 \pm 2\%$) y E06 ($93 \pm 3\%$), y en cambio el mínimo sombreado resultó siempre en el tramo canalizado E14 ($13 \pm 2\%$).

No se observaron patrones claros de evolución en los tipos de sustrato presentes en el lecho de los tramos a lo largo del río (Fig. 5). Cabe destacar la presencia mayoritaria de

Figura 5.- Tipos de sustrato presentes en el lecho de los tramos a lo largo del río Erro (Arena y Limo: blanco; Grava: gris claro; Guijarro: gris oscuro; Rocas: negro; Losa y Cemento: líneas inclinadas).

Figure 5.- River bed substrate composition in the study reaches along the Erro River (Lime and Sand: white; Gravel: grey; Pebbles: dark grey; Boulders: black; Bedrock and Concrete: leaning lines).

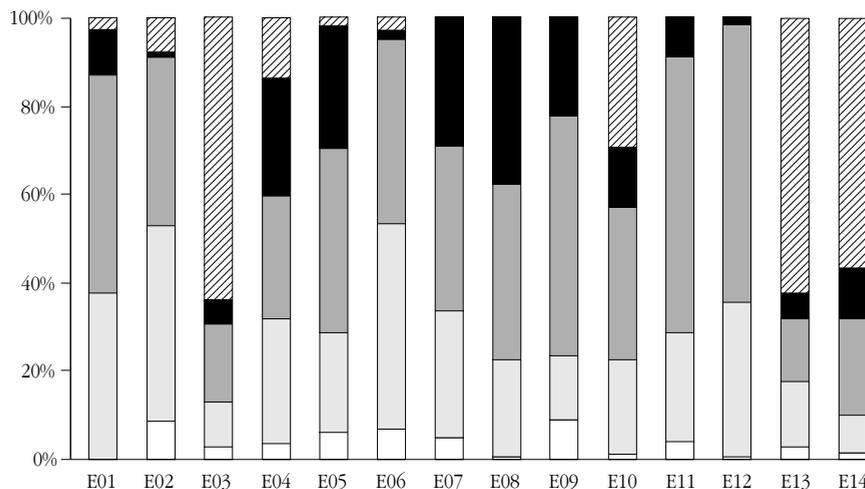


Figura 6.- Presencia de vegetación acuática sumergida (algas, musgos, perifiton, cama de bojas en descomposición) (gris) y emergente (carrizos, hierba sumergida, raíces y ramas) (negro) a lo largo del río Erro.

Figure 6.- Presence of submerged plants (algae, moss, periphyton, leaf accumulation);(grey) as well as instream (reed, submerged grass, roots and branches) (black): aquatic vegetation along the Erro River.

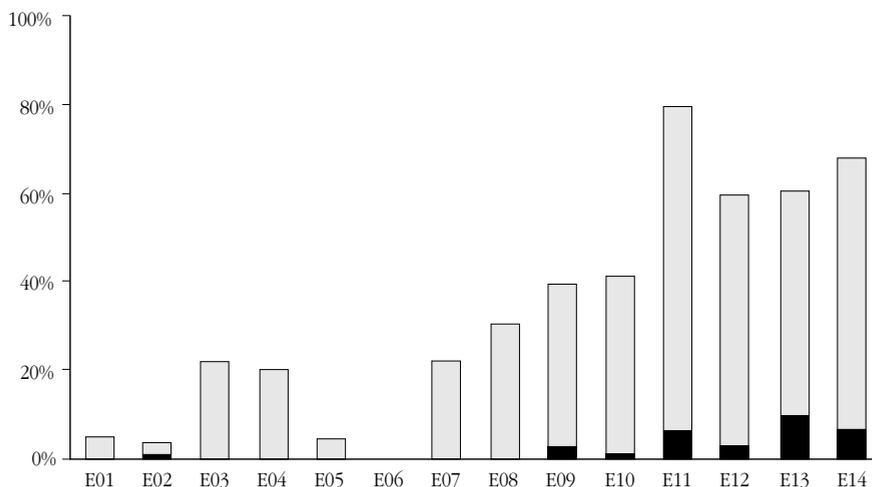
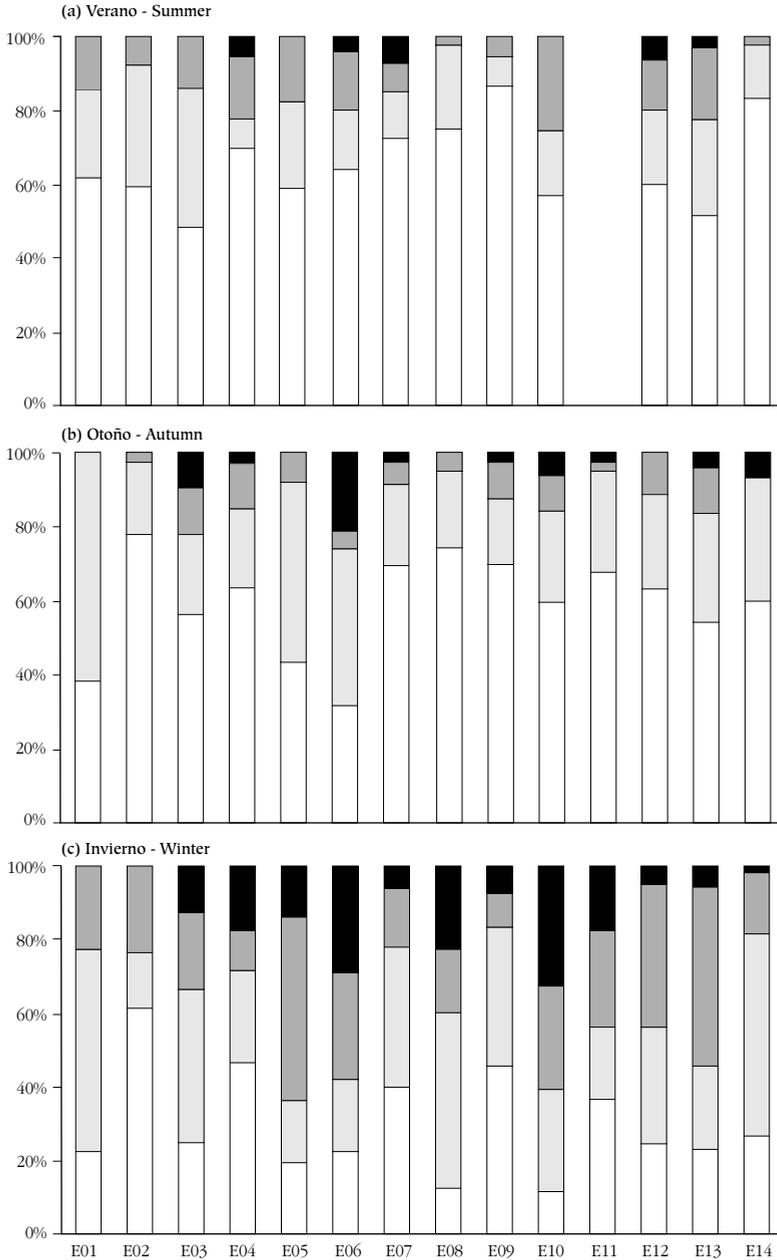


Figura 7.- Porcentaje de cada una de las categorías de velocidad del agua (Baja: blanco; Media: gris claro; Alta: gris oscuro; Muy alta: negro) en verano (a), otoño (b) e invierno (c) a lo largo del río Erro.

Figure 7.- Relative abundance of each of the water velocity classes (Low: white; Moderate: light grey; High: dark grey; Very high: black) during summer (a), autumn (b) and winter (c) along the Erro River.



gravas y guijarros en la mayoría de los puntos, salvo en E03, E13 y E14 en los cuales predominaron las losas o placas de roca madre.

En cambio, se pudo observar un aumento progresivo a lo largo del río del porcentaje de puntos de medida con presencia de vegetación acuática, tanto sumergida como emergente (Fig. 6), siendo el perifiton y las algas los dos tipos de vegetación sumergida con mayor presencia, los cuales se presentan sobre todo en los últimos tramos (E09 a E14).

Tal y como se puede observar en la Fig. 7, no se aprecian patrones de evolución claros en el porcentaje de las categorías de velocidad del agua a lo largo del río. En cambio, si realizamos una comparación entre las distintas épocas del año, podemos observar que en verano la categoría predominante fue la de velocidad baja en todos los puntos de muestreo (Fig. 7a). En otoño siguieron predominando las velocidades bajas (Fig. 7b), pero en menor medida ya que aumentaron el porcentaje de puntos con velocidad media. Y ya en invierno (Fig. 7c) la mayoría de los puntos de medida presentaron velocidades medias y altas, aumentando también en gran medida los de velocidad muy alta.

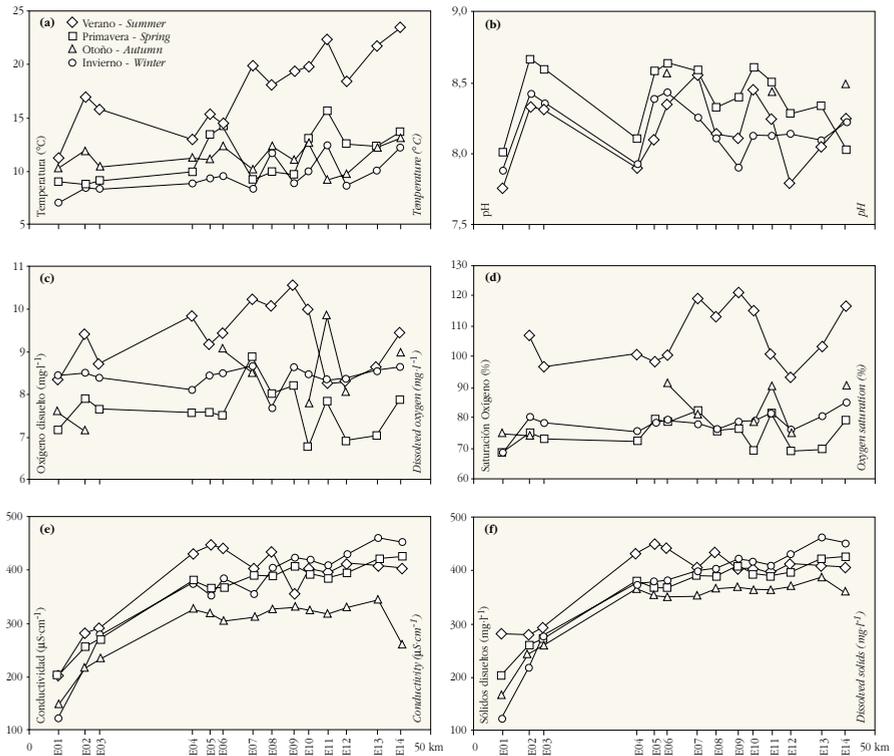
Centrándonos en los parámetros físico-químicos del agua, los valores máximos en el promedio de temperaturas del agua se alcanzaron en verano (Fig. 8a) ($17,8 \pm 1,0^\circ\text{C}$) ($\bar{x} \pm \text{Std Err}$). Los valores mínimos se correspondieron al invierno ($9,5 \pm 0,4^\circ\text{C}$), mientras que se detectaron valores similares en primavera ($11,4 \pm 0,6^\circ\text{C}$) y en otoño ($11,2 \pm 0,3^\circ\text{C}$). Sobre todo en verano, se observa que la temperatura fue en aumento progresivo a lo largo del río. La estabilidad térmica fue mayor en los tramos aguas arriba de la foz (E01 a E06, *Std Err* $< 1,5^\circ\text{C}$), siendo los tramos más estables E01 y E04 (*Std Err*: $0,7^\circ\text{C}$) frente a E02 que resultó el más fluctuante (*Std Err*: $1,7^\circ\text{C}$). Los tramos más estables aguas abajo de la foz (E07 a E14) fueron E08 (*Std Err*: $1,8^\circ\text{C}$) y E12 (*Std Err*: $1,9^\circ\text{C}$), mientras que los más fluctuantes resultaron E14 (*Std Err*: $2,5^\circ\text{C}$) y E11 (*Std Err*: $2,4^\circ\text{C}$).

Las mayores concentraciones de oxígeno disuelto en el agua y sus porcentajes de saturación asociados (Fig. 8c y d) se registraron en verano ($9,30 \pm 0,21 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y $106,4 \pm 2,6\%$), mientras que las menores correspondieron a primavera ($7,62 \pm 0,15 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y $74,8 \pm 1,3\%$). Observando estos parámetros a lo largo del río no se apreció ninguna tendencia demasiado clara, salvo que tanto los valores de concentración como de saturación de oxígeno mayores se localizaron entre el tramo justo aguas arriba de la foz y los más cercanos a ésta aguas abajo (E06 a E10).

En la distribución de los valores de pH a lo largo del río (Fig. 8b) se observó que se dan los valores mínimos de pH en E01, subiendo en E02 y E03, para volver a bajar en E04, y de nuevo volver a subir en E05 y E06. También se pudieron observar en esta parte alta del río los valores de mayor estabilidad (*Std Err* $< 0,08$). Aguas abajo de la foz, el pH empezaba a bajar hasta E09, en E10 volvieron a presentarse valores altos, y más bajos en el resto de los tramos. Cabe destacar que a pesar de que las fluctuaciones de pH entre épocas del año fueron pequeñas, los tramos con mayor variabilidad fueron aquellos localizados aguas abajo de la foz (E08-E14, *Std Err* $> 0,11$). Los valores de pH

Figura 8.- Valores estacionales de temperatura (°C) (a), pH (b), concentración de oxígeno disuelto (mg-l-1) (c), porcentaje de saturación de oxígeno (d), conductividad (µS-cm-1) (e) y sólidos disueltos totales (mg-l-1) (f) a lo largo de los tramos de muestreo del río Erro.

Figure 8.- Seasonal values of water temperature (°C) (a), pH (b), dissolved oxygen concentration (mg-l-1) (c) and saturation (d), conductivity (µS-cm-1) (e) and total dissolved solids (mg-l-1) (f) along the Erro River.



fueron superiores en primavera a lo largo de todo el río, mientras que los menores valores se presentaron en verano aguas arriba de la foz y en invierno aguas abajo del mismo.

El tramo con la menor conductividad fue E01 ($186 \pm 24 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) y en E13 se detectaron los mayores valores ($409 \pm 19 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Los valores de conductividad subieron progresivamente desde E01 hasta E04 ($379 \pm 17 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) (Fig. 8e), y a partir de este punto se mantuvieron prácticamente estables en todas las estaciones del año. Los tramos con una mayor variación entre épocas del año fueron aquellos cercanos a la foz (E05: $376 \pm 23 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; E06: $378 \pm 22 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; E07: $375 \pm 19 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), así como el tramo de cabecera E01 y los dos últimos (E13, y E14: $384 \pm 34 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Los valores máximos de conductividad se detectaron en verano ($378 \pm 19 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), mientras que los mínimos correspondieron al otoño ($291 \pm 15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). En primavera ($360 \pm 18 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e invierno ($362 \pm 25 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) se presentaron valores parecidos e intermedios a los citados.

Tabla II.- Puntuaciones factoriales de las variables en cada uno de los seis componentes rotados (PC) extraídos por el ACP, así como los autovalores, la varianza explicada, y la varianza explicada acumulada de cada uno de los componentes.

Table II.- Factor loadings for each variable on the six rotated components (PC) extracted by the PCA, as well as the eigenvalues, variance explained, and the cumulative variance explained of each component.

Variables	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	Variable
Vegetación Sumergida	0,840	0,047	0,032	0,022	-0,065	-0,106	<i>Submerged Vegetation</i>
Anchura	0,825	-0,021	-0,105	-0,011	-0,108	0,109	<i>Width</i>
Vegetación Emergente	0,606	-0,151	-0,237	0,063	0,418	-0,079	<i>Instream Vegetation</i>
Sólidos Disueltos	0,552	0,313	0,012	0,489	0,303	0,430	<i>Dissolved Solids</i>
Conductividad	0,538	0,287	-0,008	0,519	0,380	0,347	<i>Conductivity</i>
<i>Std. Dev.</i> Anchura	0,503	0,149	0,551	0,247	-0,115	-0,422	<i>Std. Dev. Width</i>
Sustrato: Losa	0,268	-0,200	-0,855	0,047	0,000	-0,230	<i>Substrate: Bedrock</i>
Temperatura	0,195	-0,311	-0,126	0,668	-0,204	0,131	<i>Temperature</i>
Velocidad: Media	0,072	-0,116	-0,079	-0,882	0,010	0,009	<i>Velocity: Moderate</i>
Sustrato: Guijarro	0,069	-0,084	0,897	0,038	-0,123	-0,073	<i>Substrate: Pebble</i>
Profundidad: Alta	0,024	0,758	0,260	0,045	0,115	0,044	<i>Depth: High</i>
Velocidad: Baja	-0,020	-0,259	0,149	0,608	-0,657	0,007	<i>Velocity: Low</i>
Velocidad: Alta	-0,061	0,273	-0,170	0,034	0,834	-0,105	<i>Velocity: High</i>
Profundidad: Baja	-0,098	-0,908	-0,062	0,037	-0,127	-0,211	<i>Depth: Low</i>
Sustrato: Roca	-0,104	0,467	-0,047	0,114	-0,484	0,549	<i>Substrate: Boulder</i>
Pendiente: Refugio	-0,193	0,005	0,225	0,134	-0,082	0,741	<i>Bank angle: Undercut</i>
Pendiente: Baja	-0,226	-0,421	0,341	0,009	0,127	-0,653	<i>Bank angle: Low</i>
Pendiente: Media	-0,302	0,698	-0,343	-0,118	0,116	0,030	<i>Bank angle: Moderate</i>
Sustrato: Grava	-0,381	-0,008	0,413	-0,290	0,562	-0,025	<i>Substrate: Gravel</i>
Sombreado	-0,703	0,238	-0,105	-0,027	0,164	0,452	<i>Shade</i>
Autovalor	4,072	3,772	2,860	2,443	1,486	1,024	<i>Eigenvalue</i>
% Varianza	20,36	18,86	14,30	12,21	7,43	5,12	<i>% Variance</i>
% Varianza Acumulada	20,36	39,22	53,52	65,73	73,16	78,28	<i>% Cumulative Variance</i>

El comportamiento de los valores de TDS (Sólidos Disueltos Totales) fue muy similar a los de conductividad (Fig. 8f), detectándose los mínimos en otoño ($331 \pm 17 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), mientras que los máximos correspondieron al verano ($387 \pm 16 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Del mismo modo, en primavera ($360 \pm 18 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) e invierno ($366 \pm 26 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) se presentaron valores similares e intermedios a los citados. El tramo con los menores valores de TDS fue E01 ($204 \pm 29 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y en E13 se detectaron los mayores ($417 \pm 12 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). La conductividad subió progresivamente desde E01 hasta E04 ($386 \pm 11 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), y a partir de este punto se mantuvo prácticamente estable en todas las estaciones del año. Una vez más, los tramos con una mayor variación entre estaciones del año fueron aquellos justo aguas arriba de la foz (E05: $390 \pm 17 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$; E06: $386 \pm 16 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), así como el tramo de cabecera E01 y el último E14 ($405 \pm 16 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

El ACP extrajo seis componentes principales (Tabla II) con autovalores mayores que 1, que explicaban conjuntamente el 78,28% de la varianza total, de los cuales el gráfico de

sedimentación sugirió la representación de los dos primeros, debido a que explicaban la mayor parte de la variación (20,36% y 18,86%, respectivamente).

El primer componente (PC1) se corresponde en gran parte con la localización de los tramos a lo largo del río, debido a que las puntuaciones factoriales de los muestreos se encuentran significativamente correlacionados con la distancia desde cabecera (DFS vs. PC1 $r = 0,796$, $n = 42$, $p = 0,000$), lo cual no ocurre con el resto de dimensiones (DFS vs. PC2 $r = 0,056$, $p = 0,723$; DFS vs. PC3 $r = -0,043$, $p = 0,786$; DFS vs. PC4 $r = 0,301$, $p = 0,053$; DFS vs. PC5 $r = 0,153$, $p = 0,332$; DFS vs. PC6 $r = 0,311$, $p = 0,045$). En la Fig. 9 se observa que el PC1 separa los tramos medios-altos (E01-E08) caracterizados por la presencia de sombra y gravas, de los tramos más bajos característicamente más anchos, con mayor presencia de vegetación acuática (tanto sumergida como emergente) y valores superiores de conductividad y sólidos disueltos.

En cambio, la segunda dimensión (PC2) sugiere la transición de los parámetros físicos del cauce y físico-químicos del agua hacia las características invernales en los tramos de muestreo. En concreto, se observa la evolución desde profundidades bajas a altas, y de pendientes de las orillas bajas a medias.

La distribución de las puntuaciones factoriales de los tramos por estación del año en las dos primeras dimensiones (Fig. 9), muestra que las características observadas en E02, E04-E06, E08, E10 y E11 en verano y otoño son similares, mientras que las invernales se diferencian claramente debido a un aumento de las puntuaciones correspondientes a las variables de profundidad alta y pendiente media. En cambio, las caracterizaciones realizadas en E03, E07, E09 y E12-E14 se diferencian entre las distintas estaciones del año, ya que la distribución de los épocas de muestreo es relativamente equidistante. En el caso de E01 se observa que, por la cercanía de las épocas, las condiciones de verano, otoño e invierno fueron similares.

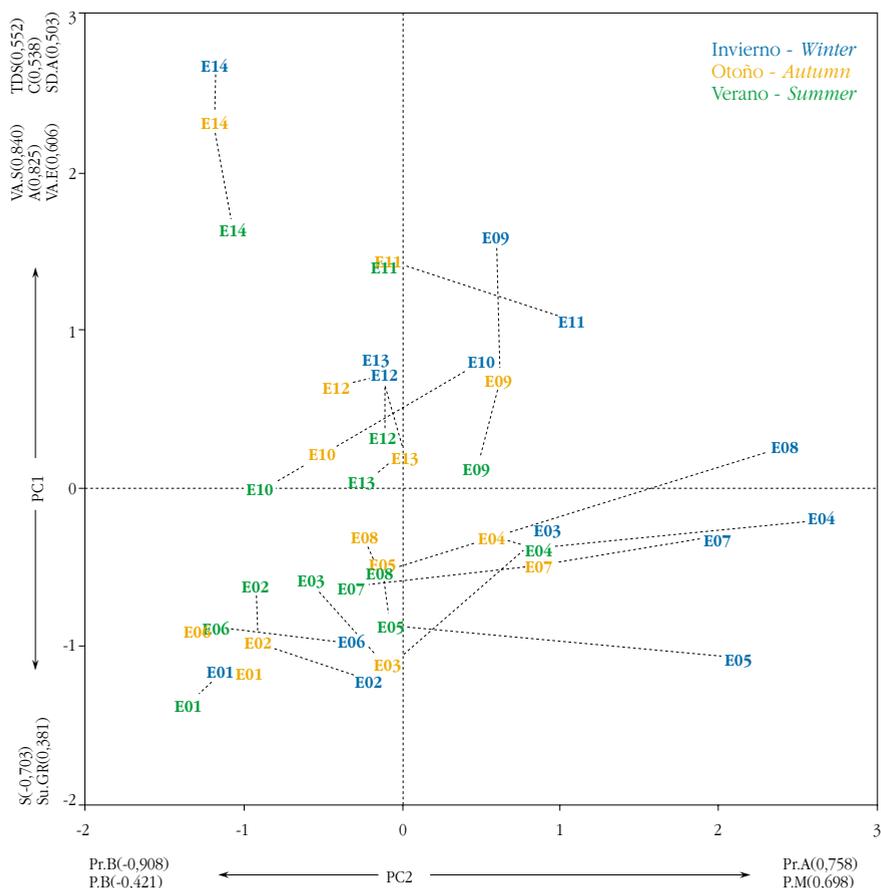
DISCUSIÓN

El diseño espacial y temporal del estudio, aunque costoso, parece necesario si se pretende alcanzar un conocimiento real del hábitat y sus variaciones. El número de tramos de muestreo caracterizados en el río Erro permitió trazar y observar algunos patrones a lo largo del río. Del mismo modo, los muestreos de periodicidad estacional permitieron observar las variaciones temporales de diversos parámetros de hábitat y físico-químicos.

En su discurrir hacia el sur, el río Erro va atravesando niveles margosos sobre los que comienza a formar un valle cada vez más amplio. La evolución de los perfiles transversales del valle calculados muestra cómo la foz localizada entre los tramos E06 y E07, formada por el río al entrar en un flysch de potentes niveles calizos intercalados con gran resistencia erosiva, detiene la progresiva apertura del río, volviéndolo a encajonar (Fig. 3). A partir de ese punto comienza de nuevo a abrirse a las margas eocénicas para pasar a

Figura 9.- Puntuaciones factoriales de los muestreos por estaciones del año y tramos en las dos primeras dimensiones del ACP (S: Sombra; Su.Gr: Sustrato Grava; VA.S: Vegetación acuática Sumergida; VA.E: Vegetación acuática emergente; A: Anchura; TDS: Sólidos disueltos totales; C: Conductividad; SD.A: Desviación estándar de la anchura; Pr.B: Profundidad Baja; P.B: Pendiente Baja; Pr.A: Profundidad Alta; P.M: Pendiente Media).

Figure 9.- PCA sample scores for the first two dimensions by season and sampling site (S: Shade; Su.Gr: Substrate-Gravel; VA.S: Submerged aquatic vegetation; VA.E: Instream aquatic vegetation; A: Width; TDS: Total Dissolved Solids; C: Conductivity; SD.A: Standard Deviation of width; Pr.B: Low Depth; P.B: Low Bank Angle; Pr.A: High Depth; P.M: Moderate Bank Angle).



tener un perfil propio de tramos de llanura a partir de E11 (BAIN & STEVENSON, 1999), sobre los que ha ido depositando un importante aluvionamiento a modo de terrazas.

A lo largo del río se observó cierta tendencia al aumento de la anchura del cauce sumergido (Fig. 4a y Fig. 9). La menor anchura la presentó en todo momento E01, que corresponde a la cabecera del río Erro (regata de Sorogain). Los tramos de anchura más estable entre las distintas estaciones del año fueron E04, E08 y E14, debido a que presen-

taban orillas de fuerte pendiente. Los dos primeros asimilaron el aumento invernal de caudal propio del régimen pluvionival (Fig. 2) con grandes aumentos de su profundidad media; de hecho, resultaron puntos con gran variabilidad de profundidad entre estaciones (Fig. 4c). A su vez, E14 se localiza justo aguas abajo de la estación de aforo de Villaveta, y el hecho de estar canalizado impide el aumento invernal natural de la anchura de la lámina de agua propio de los tramos de llanura con este régimen de caudal pluvionival. La mayor variación y aumento de la profundidad se localizó entre E01 y E08 debido a que son los tramos más estrechos y encajados, y para asimilar los aumentos invernales de caudal no pueden aumentar la anchura de su cauce (Fig. 9).

La presencia de un estrato arbóreo bien desarrollado en las orillas y riberas del río Erro proporciona un alto porcentaje de área sombreada sobre todo en los puntos de la mitad superior del río (E01-E08) (Fig. 4d y Fig. 9). Este sombreado permite una mayor estabilidad térmica de las aguas de estos tramos, especialmente en verano, debido a una menor incidencia de radiación solar directa (SCHIEMER & ZALEWSKI, 1992). Es común en los ecosistemas fluviales detectar un aumento progresivo de la temperatura del agua a lo largo del río (VILA-GISPERT *et al.*, 2002), patrón que en el río Erro ha sido evidente sobre todo en verano (Fig. 8a). El hecho de no haber detectado este patrón de forma clara ni en invierno ni en otoño sugiere que el error introducido por no haber controlado la hora de medición de la temperatura ha podido ser determinante (BAIN & STEVENSON, 1999). Sin embargo, si se pudo detectar que la temperatura del agua fue mayor en verano que en invierno en todos los tramos, presentándose valores intermedio en primavera y otoño (VILA-GISPERT *et al.*, 2002). Según el RD 927/88 (B.O.E. 209, 31 de agosto 1988) relativa al mantenimiento de la vida piscícola, la temperatura del agua máxima tolerable en los ríos salmonícolas es de 21,5°C, umbral que en el río Erro solamente se superó en momentos puntuales correspondientes a los meses de verano y en los tramos bajos donde el río Erro se considera ya ciprinícola (GARCÍA-FRESCA, 2003), por lo que el umbral tolerable se ampliaría hasta los 28°C.

La presencia de vegetación acuática en el cauce fue aumentando a lo largo del río (Fig. 6). Esta vegetación se compuso sobre todo de algas y perifiton, y su aumento se vio favorecido por el aumento de la exposición a la insolación (SCHIEMER & ZALEWSKI, 1992) comentada anteriormente. A las algas y el perifiton, habría que sumarle la presencia de carrizos entre los tramos E09 y E14, favorecido por una mayor superficie de orillas disponible en estos cauces más anchos, de menor pendiente y con sustratos arcillosos. Este último factor permite que se hayan detectado zonas con hierba sumergida al haber aumentado el caudal y consecuentemente la anchura del cauce.

El lecho del río Erro presenta gran heterogeneidad en cuanto a su granulometría en todo su recorrido, aunque predominan las gravas y guijarros. También es destacable la presencia mayoritaria de la losa en E03, E13 y E14 (y E10), mientras que en los tramos E04-E05 y E07-E09 toman relevancia las rocas. A pesar de que la Fig. 5 no evidenció patrones claros en la granulometría a lo largo del río, la primera dimensión del ACP mostró que los tramos comprendidos entre E01 y E08 se diferencian de los bajos por una mayor presencia de gravas. Las variaciones entre épocas del año en la velocidad del agua mostraron

que en verano la categoría predominante fue la de velocidad baja en todos los tramos (Fig. 7), debido a que en condiciones de estiaje estival el caudal es menor (Fig. 2) (BAIN & STEVENSON, 1999). Las lluvias que tienen lugar en la zona en otoño provocan un aumento de caudal, y consecuentemente se detectó un mayor porcentaje de puntos con velocidad media, aunque siguieron predominando las velocidades bajas. Ya en invierno, las constantes precipitaciones, sobre todo en el tramo alto y medio, provocaron que la mayoría de los puntos de medida a lo largo del río presentaran velocidades medias y altas, y también que aumentaran en gran medida los de velocidad muy alta.

La heterogeneidad de sustratos permite, en combinación con otros aspectos como la profundidad o la velocidad del agua (SCHIEMER & ZALEWSKI, 1992), que existan frezaderos, guarderías de alevines, y zonas de refugio y alimentación adecuados para salmónidos y ciprínidos. Los tramos altos (E01-E08) caracterizados por estar sombreados y con zonas poco profundas de grava de parecen óptimos para la freza y cría de alevines de trucha común (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758) (BRITAIN *et al.*, 1993; HUBERT *et al.*, 1994; GARCÍA DE JALÓN *et al.*, 1996). La escasa profundidad ofrece refugio a los alevines y juveniles de salmónidos ante posibles depredadores (GREENBERG *et al.*, 1996), mientras que los sustratos de grava y cantos ofrecen gran cantidad de alimento debido a que son zonas con una abundante comunidad de macroinvertebrados (GARCÍA DE JALÓN *et al.*, 1996). En cambio, los tramos bajos (E09-E14) se muestran más propicios para los requerimientos de los ciprínidos ibéricos, tales como madrilla (*Chondrostoma miegii* Steindachner, 1866), gobio (*Gobio gobio* (Linnaeus, 1758)) o barbo (*Barbus graellsii* Steindachner, 1866), al ser tramos más anchos y soleados, con abundante vegetación acuática y sustratos adecuados para el forrajeo (GARCÍA-FRESCA, 2003). La escasa profundidad y la elevada temperatura del agua debido a la insolación, definen las áreas de cría adecuadas para los ciprínidos (WATKINS *et al.*, 1997; MIRANDA *et al.*, 2005), mientras que la presencia de vegetación acuática emergente y/o sumergida aportan refugio y alimento adicionales (GARNER, 1996).

Los valores de oxígeno disuelto y pH del agua en el río Erro siempre estuvieron dentro de los umbrales de calidad de aguas propuestos para los ríos salmonícolas en el Real Decreto 927/88. El umbral mínimo tolerable de oxígeno disuelto en agua para los ríos salmonícolas es de 6 mg·l⁻¹ y en el río Erro el mínimo valor detectado fue 6,59 mg·l⁻¹ (E14 en verano) y los valores ordinarios rondaban los 8-9 mg·l⁻¹ (Fig. 8c y d). El rango de pH tolerable establecido para la ictiofauna es de 6-9, y en el río Erro siempre se mantuvieron cercanos a 8,5, aunque en momentos puntuales se acercaron a 9 (Fig. 8b). Dicho rango es considerado como el adecuado para los peces (y no solamente salmónidos) también por ALABASTER & LLOYD (1982) y la USEPA (1986), marcando el 8,5 como el más productivo. El pH presentó descensos notables en E04 en todas las estaciones del año, lo cual pudo estar originado por la presencia de materia orgánica insuficientemente oxidada o a procesos de nitrificación (OSCOZ, 2003). Cabe mencionar que todas las mediciones de parámetros físico-químicos fueron realizados durante el día a pesar de que es bien conocido que variables como la saturación y concentración de oxígeno, y el pH muestran variaciones nictemerales (ELÓSEGUI & POZO, 1994) con descensos acusados en sus valores durante la noche. El rango

de variación detectado mediante mediciones diurnas convencionales puede verse subestimada respecto al rango real que puede estar sufriendo la biota debido a las variaciones nicotemerales (ELOSEGI *et al.*, 2002), y por ello, ELÓSEGUI & POZO (1994) consideran inapropiadas las mediciones exclusivamente diurnas si se pretende detectar períodos de hipoxia.

Las aguas de cabecera, de ordinario, suelen presentar valores bajos de conductividad y TDS, y estos parámetros suelen ir aumentando a lo largo del curso de los ríos (VILAGISPERT *et al.*, 2002) a medida que el agua va recibiendo minerales y sólidos en suspensión, algo habitual en los ecosistemas fluviales (WILBY & GILBERT, 1993). Este aumento se observó en el río Erro en todas las épocas del año (Fig. 8e y f), siendo especialmente acusado entre los tramos E03 y E04, probablemente debido al aporte de materia orgánica del pueblo de Erro que se localiza entre dichos tramos. Entre E04 y E11 este aumento fue mucho menos acusado, presentándose un ascenso más acentuado a partir de E12, probablemente debido al aporte de materia orgánica que realizan tanto la granja de porcino que se encuentra justo aguas arriba, como la localidad de Urroz, aguas abajo de dicho punto.

El análisis detallado del conjunto de las variables ambientales que caracterizan un río permite detectar aquellos tramos sensibles que el curso fluvial pudiera presentar. En concreto, en el río Erro, en aparente buen estado de conservación y libre de importantes alteraciones humanas, el análisis de la caracterización metódica del mismo nos permite detectar el punto E04, aguas debajo de la localidad de Erro, como un tramo sensible a la alteración de la calidad de sus aguas (pH, conductividad y TDS). Este tramo, si bien presenta niveles aceptables de las distintas variables estudiadas, merecería una especial atención en las futuras actuaciones que se vayan a realizar en el río Erro.

Independientemente de lo dicho anteriormente, y a raíz de los resultados obtenidos, parece que el estado actual del río Erro es bueno, y se estima necesaria la implantación de medidas de gestión adecuadas para la conservación, y posible mejora, de sus características actuales. Por ello, es gratificante conocer la inclusión de la mayor parte de su curso dentro de los Lugares de la Red Natura 2000 de Navarra, ya que dicha designación implica el establecimiento de medidas reglamentarias, administrativas o contractuales que respondan a las exigencias ecológicas del hábitat y sus especies, y asimismo establece que deberán adoptarse las medidas apropiadas para evitar en dichos lugares el deterioro de los hábitats y especies que han motivado su designación (Directiva 92/43/CEE).

En cambio, es de lamentar que este tramo sensible en E04 no haya sido incluido dentro de ninguno de los dos Lugares de Interés Comunitario de la Red Natura 2000 de Navarra que afectan al curso del río Erro. El tramo alto, considerado como la regata de Sorogain, forma parte del lugar *Monte Alduide* (ES 220019), mientras que el tramo medio-bajo ha sido incluido en el denominado *Sistemas Fluviales de los Ríos Irati, Urrobi y Erro* (ES 220025). Y entre ambos ha quedado un tramo de 16 Km de río sin designación ni protección alguna, lo cual considerando la indudable continuidad de todo río posibilita que las modificaciones que sufra este tramo traigan consecuencias negativas en el estado ecológico de todo el río.

AGRADECIMIENTOS

Manu Sistiaga, David Galicia, Javi Oscoz, Javi Madoz, Ana Amezcoba, Arantxa Imaz, Maite Martínez, Juan Arizaga, Txema Gascón, Maite Barber, Aritz Amezketa, Jon Aseginolaza, Gorka Martinikorena, Mikel Rodríguez, Garbiñe Telletxea, Estíbaliz Garayoa colaboraron en los muestreos de campo. El Dr. Arturo H. Ariño fue el asesor estadístico más valioso. El estudio se ha llevado a cabo gracias a la cooperación de Cristina Latasa.

Las correcciones y sugerencias de Arturo Elosegí, y los revisores Diego García de Jalón y José Ramón Díez, sirvieron para mejorar la calidad artículo a partir de una versión anterior. Este estudio se realizó dentro del proyecto “Actuaciones humanas en ríos de Navarra. Su incidencia en la conservación de la biodiversidad”, financiado por el CSIC y el Gobierno de Navarra. Pedro M. Leunda recibió una beca de la Asociación de Amigos de la Universidad de Navarra durante la realización del estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- ALABASTER, J.S. & R. LLOYD. 1982. *Water quality criteria for freshwater fish*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2nd ed.
- BAIN, M.B. & N.J. STEVENSON. 1999. *Aquatic habitat assessment: common methods*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- BRITAIN, J.E., J.A. EIE, A. BRABRAND, S.J. SALTVEIT & J. HEGGENES. 1993. Improvement of fish habitat in a Norwegian river channelization scheme. *Regulated Rivers: Research and Management*, 8: 189-194.
- C.A.N. 1991. *El Agua en Navarra*. Caja de Ahorros de Navarra (Eds.), Pamplona.
- C.H.E. 2005. Red de Información del Agua, Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), Ministerio de Medio Ambiente. www.chebro.es. Descargado el 15 marzo de 2005.
- COWX, I.G. & R.L. WELCOMME (Eds.). 1998. *Rehabilitation of rivers for fish*. EIFAC/FAO Manual, Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford.
- ELOSEGÍ, A., A. BASAGUREN & J. POZO. 2002. Ecology of the Agüera: a review of fourteen years of research in a Basque stream. *Munibe* 53: 15-38.
- ELÓSEGUI, A. & J. POZO. 1994. Variaciones nictemerales de las características físico-químicas de un río cantábrico. *Limnetica* 10: 15-25.
- ELSON, J.I. & P.S. GILLER. 2001. Physical characteristics influencing the utilization of pools by brown trout in an afforested catchment in Southern Ireland. *Journal of Fish Biology*, 58: 201-221.
- FAUSCH, K.D. & T.G. NORTHCOTE. 1992. Large woody debris and salmonid habitat in a small coastal British Columbia stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49: 682-693.

- GARCÍA DE JALÓN, D., M. MAYO & M.C. MOLLES. 1996. Characterization of Spanish Pyrenean stream habitat: relationship between fish communities and their habitat. *Regulated Rivers: Research and Management*, 12: 305-316.
- GARCÍA-FRESCA, C. 2003. *Datos sobre la biología de ciprínidos y salmónidos en los Ríos Erro y Urederra (Navarra). Relación con el medio y análisis metodológico*. Tesis Doctoral, Universidad de Navarra.
- GARNER, P. 1996. Microhabitat use and diet of 0+ cyprinid fishes in a lentic, regulated reach of the River Great Ouse, England. *Journal of Fish Biology*, 48: 367-382.
- GREENBERG, L., P. SVENDSON & A. HARBY. 1996. Availability of microhabitats and their use by brown trout (*Salmo trutta*) and grayling (*Thymallus thymallus*) in the river Vojman, Sweden. *Regulated Rivers: Research and Management*, 12: 287-303.
- GOBIERNO DE NAVARRA. Mapas topográficos de Navarra a escala 1:5000/1:10000. Soporte digital. Hojas 91-14, 116-02, 116-05, 116-06, 116-09, 116-13, 142-01, 142-05, 142-06. Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones.
- HEGGENES, J., O.M.W. KROG, O.R. LINDAS, J.G. DOKK & T. BREMNES. 1993. Homeostatic behavioural responses in a changing environment: brown trout (*Salmo trutta*) become nocturnal during winter. *Journal of Animal Ecology*, 62: 295-308.
- HUBERT, W.A.; HARRIS, D.D. & WESCHE T.A. 1994. Diurnal shifts in use of summer habitat by age-0 brown trout in a regulated mountain stream. *Hydrobiologia*, 284: 147-156.
- KOEHN, J.D., N.A. O'CONNOR & P.D. JACKSON. 1994. Seasonal and size-related variation in microhabitat use by a Southern Victorian fish assemblage. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 45: 1353-1366.
- LEK, S., A. BELAUD, P. BARAN, I. DIMOPOULOS & M. DELACOSTE. 1996. Role of some environmental variables in trout abundance models using neural networks. *Aquatic Living Resources*, 9: 23-29.
- MIRANDA, R., J. OSCOZ, P.M. LEUNDA, C. GARCÍA-FRESCA & M.C. ESCALA. 2005. Effects of weir construction on fish population structure in the River Erro (North of Spain). *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 41(1): 7-13.
- OSCOZ, J. 2003. *Estudio del río Larraun (Navarra): Calidad de sus aguas y análisis de la comunidad piscícola*. Tesis Doctoral, Universidad de Navarra.
- PLATTS, W.S., W.F. MEGAHAN & G.W. MINSHALL. 1983. *Methods for evaluating stream riparian and biotic conditions*. United States Department of Agriculture, Intermountain Forest and Range Experimental Station, Ogden, Utah: General Technical Report 138.
- POFF, N.L. & J.D. ALLAN. 1995. Functional organization of stream fish assemblages in relation to hydrological variability. *Ecology*, 76: 606-627.
- RABENI, C.F. & R.B. JACOBSON. 1993. The importance of fluvial hydraulics to fish-habitat restoration in low gradient alluvial streams. *Freshwater Biology*, 29: 211-220.
- SCHIEMER, F. & M. ZALEWSKI. 1992. The importance of riparian ecotones for diversity and productivity of riverine fish communities. *Netherlands Journal of Zoology*, 42: 23-335.

- SHIELDS, F.D.JR. & J.J. HOOVER. 1991. Effects of channel restabilization on habitat diversity, Twentymile Creek, Mississippi. *Regulated Rivers: Research & Management*, 6: 163-181.
- SHIELDS, F.D.JR.; S.S. KNIGHT & C.M. COOPER. 1994. Effects of channel incision on base flow stream habitats and fishes. *Environmental Management*, 18: 43-57.
- SIMONSON, T., J. LYONS & P.D. KANEHL. 1994. Guidelines for evaluating fish habitat in Wisconsin streams. United States Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, St. Paul, Minnesota: General Technical Report 164.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). 1986. *Quality criteria for water*. Office of Water Regulations and Standards, EPA 440/5-86-001, Washington, DC.
- VILA-GISPERT, A., E. GARCÍA-BERTHOU & R. MORENO-AMICH. 2002. Fish zonation in a Mediterranean stream: Effects of human disturbances. *Aquatic Sciences*, 64: 163-170.
- WILBY, R. & J. GILBERT. 1993. Dynamiques hydrologiques et hydroquimiques. In: *Hydrosystèmes fluviaux*. AMOROS, C. & PETTS, G.E. (Eds). Masson, Paris.

