



Universidad
Zaragoza



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO ESTACIONAL DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO CINCA
SEGÚN SUS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÓNICOS A SU PASO POR LAS COMARCAS DEL SOBRARBE Y
SOMONTANO DE BARBASTRO (HUESCA)



Autora:
Beatriz Orós Vela

Directora: Rocío López Flores. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Área de Ecología.

Co-director: José Antonio Cuchí Oterino. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Área de Ingeniería Agroforestal.

Ciencias Ambientales

Escuela Politécnica Superior de Huesca; Universidad de Zaragoza. 25 de Marzo de 2014.

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. La degradación de los ecosistemas fluviales causada por la sobreexplotación del agua como recurso.....	7
1.2. La regulación hídrica mediante embalses.....	7
1.3. El uso de indicadores biológicos como método para analizar la calidad y el estado ecológico de los ecosistemas fluviales.....	9
2. ÁREA DE ESTUDIO.....	12
2.1 La cuenca del río Cinca.....	12
2.1.1 Descripción general del río.....	12
2.1.2 Climatología.....	14
2.1.3 Régimen hidrológico.....	16
2.1.4 Geología.....	17
2.1.5 Características ecológicas en los diferentes tramos del río Cinca.....	18
2.1.6 Zonas protegidas en la cuenca del río Cinca.....	19
2.1.7 Usos del suelo.....	21
2.2 Descripción del tramo de estudio y los puntos de muestreo.....	22
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	43
3.1 Datos de caudal en el tramo de estudio.....	43
3.2 Parámetros físico-químicos.....	44
3.3 Muestreo de perifiton y posterior tratamiento en laboratorio.....	44
3.4 Muestreo e identificación de macroinvertebrados.....	47
3.5 Cálculo de índices biológicos.....	51
3.6 Metodología estadística.....	53
4. RESULTADOS	54
4.1 Análisis y composición de caudales.....	54

4.2	Parámetros físico-químicos.....	57
4.3	Análisis de la cantidad de clorofila bentónica y el estado trófico del río....	66
4.3.1	Cantidad de clorofila bentónica.....	66
4.3.2	Estado trófico del río.....	68
4.4	Índices biológicos.....	69
4.4.1	Análisis de los índices de calidad y diversidad de las aguas.....	69
4.4.2	Correlación entre los índices de diversidad y de calidad de aguas.....	77
4.5	Análisis de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el tramo de estudio.....	79
4.5.1	Análisis de la abundancia.....	79
4.5.2	Descripción general de la comunidad: composición y estructura.....	81
4.5.3	Características ecológicas de la comunidad de macroinvertebrados. .	85
5.	DISCUSIÓN.....	92
5.1	Calidad ecológica del río Cinca.....	92
5.1.1	Análisis y composición de caudales.....	92
5.1.2	Características físico-químicas del agua.....	93
5.1.3	Estado trófico del río.....	95
5.1.4	Análisis de los índices de calidad y diversidad de las aguas..	96
5.2	Abundancia, estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.....	102
5.3	Rasgos ecológicos de la comunidad de macroinvertebrados.....	104
6.	CONCLUSIONES.....	108
7.	AGRADECIMIENTOS.....	110
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	111
9.	ANEXO.....	118
	Anexo I: Tablas y Figuras.....	118
	Anexo II: Imágenes.....	132

Resumen

El río Cinca es uno de los principales afluentes del río Ebro y uno de los ríos pirenaicos con mayor valor ambiental. Sin embargo, se encuentra sometido a diferentes actividades de origen antrópico que producen una perturbación en el ecosistema fluvial. Desde noviembre de 2012 hasta julio de 2013 se realizó un estudio para evaluar el efecto del sistema de embalses existente en su cauce, así como de otros impactos que contribuyen a su degradación y al empeoramiento de su calidad. Para ello, se establecieron seis puntos de muestreo a lo largo de su cauce y se realizaron cuatro muestreos correspondientes a cada estación del año. Los puntos de muestreo se seleccionaron de manera que estuviesen situados aguas abajo de un embalse o azud y se llevaron a cabo mediciones tanto de parámetros físico-químicos, como de concentración de clorofila-*a* contenida en el perifiton para determinar el estado trófico del río. Por otro lado, se empleó la comunidad de macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad ecológica de cada uno de los puntos mediante el índice biótico IBMWP, ya que éste es uno de los grupos que mejor responde las perturbaciones causadas por actividades humanas a corto y largo plazo. Además se determinó la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados y se aplicaron los índices de diversidad de Shannon, de riqueza taxonómica y de equidad de Pielou que posteriormente fueron tratados estadísticamente. También se analizó la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados mediante un Análisis de Componentes Principales (PCA), el cálculo de la abundancia EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*), quironómidos y oligoquetos. Se llevó a cabo el estudio de varias de sus características ecológicas como la estrategia trófica, la preferencia de microhábitat, el grado de eutrofia, la altitud o el tipo de corriente que prefieren.

Los resultados indicaron que el estado ecológico de las aguas del río Cinca en general es bueno, sobre todo otoño y primavera. Y es el punto de muestreo situado en Laspuña donde mejor calidad presenta el río. Los embalses existentes en el tramo estudiado modifican el régimen hidrológico del río y sus características físico-químicas. Ésta alteración es más evidente bajo los dos embalses de mayor capacidad: Mediano y El Grado. Además, en ambos embalses, la concentración de oxígeno disuelto es menor que en el resto del río por los procesos de eutrofización que tiene lugar en ellos.

La diversidad se mantuvo constante a lo largo del año con picos máximos en el parador de Bielsa, Laspuña y El Grado. Y los taxones EPT fueron más abundantes en el tramo alto y medio, al contrario que ocurrió con los quironómidos, indicando un aumento por la contaminación orgánica río abajo. Contaminación que procede de diversas fuentes, como los vertidos de aguas residuales urbanas o industriales de las poblaciones que el río atraviesa. O de vertidos de tipo agrícola o ganadero.

Palabras clave: Río Cinca, macroinvertebrados bentónicos, calidad ecológica, IBMWP, embalses, estado trófico.

Abstract

The Cinca river is one of the main tributaries of the Ebro river and one of the Pyrenean rivers with the highest environmental value. However, it is affected by different activities of anthropic origin that cause a destructive effect in the river ecosystem. From November 2012 to July 2013, a study was carried out in order to assess the effect of the reservoir system on its course, as well as other impacts that contribute to the deterioration and worsening of its quality. To achieve this, six sampling points were established throughout the course of the river and four samplings were taken during the different seasons. The sampling points were placed downriver from a reservoir or a dam head. Measurements of physical and chemical parameters were made; beside to the concentration of chlorophyll-*a* in the periphyton to demarcate the trophic status of the river. Furthermore, the community of benthic macroinvertebrates was used to assess the environmental quality of each of the sampling points by using the biotic index IBMWP, the reason is that benthic macroinvertebrates is one of the groups that best respond to the short and long term alterations caused by human actions. In addition to this, the quantity of the macroinvertebrates group was defined. The Shannon diversity index and the Pielou one were applied, for taxonomic and equity purposes respectively together with a taxonomic richness, that were statistically based tested afterwards. Moreover, the structure and composition of the macroinvertebrate community were analysed by a study of Principal Component Analysis (PCA), the calculation of the abundance EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), chironomids and oligochaetes. The study of several ecological characteristics, such as the trophic strategy, the preferences related to the microhabitat, the eutrophy level, altitude or the current they prefer was carried out.

The results indicated that the ecological status at the water of the river Cinca generally is good, especially in autumn and spring. And the sampling point located in Laspuña was where the river has better quality. Existing reservoirs in the stretch studied modify the hydrological regime of the river and its physico-chemical characteristics. This change is most evident in the two reservoirs of larger capacity: Mediano and El Grado. Moreover, in both reservoirs , the dissolved oxygen concentration is lower than in the rest of the river, the reason is the eutrophication processes taking place in them.

The diversity remained constant throughout the year with peaks in the hostel Bielsa, Laspuña and El Grado. And the EPT taxa were more abundant in the upper and middle reaches, unlike the case with chironomids , indicating an increase in organic pollution downstream. Pollution coming from various sources, including discharges of urban and industrial waste water of the river crosses populations. Or spill agricultural or livestock type.

Keywords: Cinca river, benthic macroinvertebrates, ecological quality, IBMWP, reservoirs, trophic state.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La degradación de los ecosistemas fluviales causada por la sobreexplotación del agua como recurso

Los ecosistemas fluviales han sido empleados desde antiguo por el hombre como fuente de recursos y como vía para la eliminación de residuos, lo cual ha producido una degradación histórica de estos ecosistemas (Abel, 2000; Alonso & Camargo, 2005). En muchos casos, esta degradación está asociada a la urbanización en las cuencas de los ríos, puesto que suele ir acompañada de canalizaciones y de la eliminación del bosque de ribera, dando lugar a un incremento en la temperatura del agua, aumento de la sedimentación y una disminución en el tamaño del sustrato (Raposeiro & Costa, 2009). Además, según Ortiz *et al.*, (2005) los efluentes de aguas residuales domésticas representan una de las causas más comunes de degradación de la calidad del agua en los ecosistemas fluviales.

El actual crecimiento continuado de la población humana y de sus hábitos consumistas determina una demanda de agua por encima de las disponibilidades de los ecosistemas sobre los que se asienta (García de Jalón, 2008). Para facilitar el acceso a este recurso y poder ejercer un mayor control sobre él, el hombre ha intervenido en estos ecosistemas mediante la construcción de diversas estructuras hidráulicas, siendo las presas unas de las más antiguas que pueden encontrarse (López Núñez *et al.*, 2011). Todas estas perturbaciones, modifican las características físicas y químicas del ecosistema fluvial. Y en muchos casos, los tramos afectados acaban perdiendo su valor como recurso debido al empeoramiento de su calidad (ya sea para consumo, riego, u otras actividades). La contaminación es una de las causas principales de la disminución de especies animales y vegetales en los ecosistemas acuáticos (Gil Quílez *et al.*, 2001; Oscoz *et al.*, 2004), como también lo es la alteración de los hábitats fluviales que produce la regulación de caudales (García de Jalón, 2008).

1.2 La regulación hídrica mediante embalses

Las características de un embalse, vienen dadas por el tipo de uso que se pretenda dar al agua que contiene. Éstas características condicionan a su vez, las características de las aguas que salen por sus desagües. Los tipos de aprovechamiento más usuales del agua mediante la construcción de embalses son: el regadío, abastecimiento, laminación de avenidas y la producción hidroeléctrica (García de Jalón, 2008). Concretamente, las centrales hidroeléctricas suelen ir ligadas a una presa, con la que se consigue el desnivel de agua necesario para poder producir energía. Pero este tipo de explotación (muchas veces considerado erróneamente como "respetuosas con el medio ambiente"), causa problemas en el curso de agua. Los embalses, independientemente del uso al que estén destinados, alteran el régimen hidrológico natural y las condiciones del sistema, cambiando la estructura y la dinámica de las comunidades biológicas (Jesús *et al.*, 2004), del ecosistema en el que se encuentran y de los adyacentes.

Los ríos, de forma natural transportan sedimentos que acarrear desde su nacimiento, y que van dejando decantar en las zonas con menor corriente de agua. Pero en los tramos embalsados, este proceso se encuentra frecuentemente acelerado por varias razones, siendo la más importante, su carácter artificial que hace que no esté en equilibrio con su cuenca de drenaje (Armengol, 1998). Los embalses modifican las condiciones naturales del río afectando a la flora y fauna fluviales e implican la transformación de un tramo de río hacia un funcionamiento entre un sistema fluvial y uno lacustre. Los efectos más nocivos se originan por el efecto barrera que las presas producen en el flujo de sedimentos, rompiendo la continuidad del río entre los tramos aguas arriba y aguas abajo de la presa. Aguas arriba se producirá la deposición de material de pequeño tamaño (Ruíz & Tomás, 1985) (y por lo tanto la homogeneización del lecho) y un aumento de la materia orgánica alóctona, que en estado natural sería arrastrada por la corriente (López Núñez *et al.*, 2011). Este obstáculo es insalvable para la fauna acuática, y afecta sobre todo, a las especies migratorias que necesitan de la continuidad del río para completar su ciclo de vida. Además se producen otros efectos como la alteración del régimen térmico del agua y de su calidad (López Moreno & García-Ruiz, 2003) que repercute directa o indirectamente en todo el ecosistema.

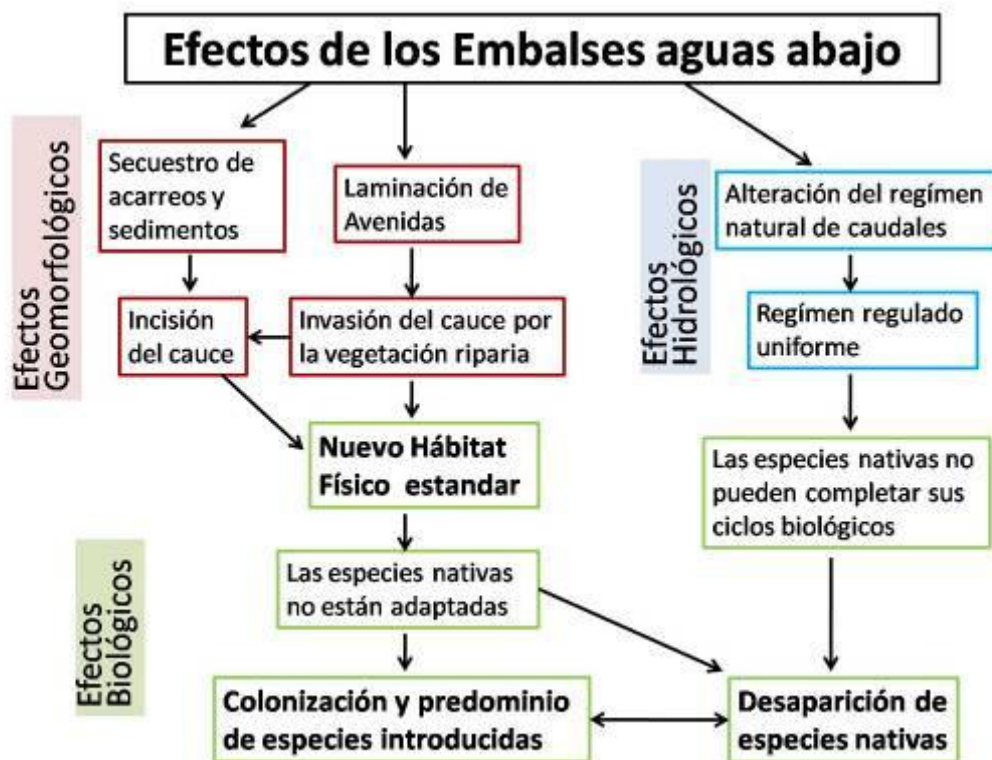


Figura 1: Principales factores geomorfológicos e hidrológicos que se desencadenan aguas debajo de grandes embalses y que causan alteraciones en las comunidades acuáticas (García de Jalón, 2008).

1.3 El uso de indicadores biológicos como método para analizar la calidad y el estado ecológico de los ecosistemas fluviales

En los últimos tiempos, la sociedad europea ha empezado a valorar el agua como recurso y a querer conservarlo. La Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE; DMA), considera que el agua no es un bien comercial, sino un patrimonio que hay que proteger y defender. La DMA establece en este sentido los principios básicos para una política hídrica sostenible en la Unión Europea, debiendo determinar el estado ecológico de sus aguas continentales basándose en criterios biológicos. El estado ecológico de las aguas superficiales debe entenderse como una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las mismas (Torralba-Burrial & Ocharan, 2007).

En una situación ideal, la calidad del agua debería analizarse mediante el uso de parámetros físicos, químicos y biológicos, con el fin de tener un amplio espectro de información que ayudara a interpretar los resultados para lograr una gestión más eficaz de este recurso (Oscoz *et al.*, 2007). Los parámetros físico-químicos han sido utilizados de manera tradicional para determinar la calidad del agua, pero en la práctica sólo se analizan algunos posibles contaminantes ya que el coste de analizar todos y la gran carga de trabajo que conllevaría, sería inviable. Además los resultados que ofrecen se limitan al momento de la toma de la muestra (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988). Por todo ello, en los estudios sobre calidad de aguas, los análisis biológicos se han convertido en un importante complemento de los análisis físico- químicos, no debiendo considerarse como métodos excluyentes (Alba-Tercedor, 1996; Alonso & Camargo, 2005; Oscoz *et al.*, 2008).

La bioevaluación de las aguas se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones puntuales, permanentes e incluso las sufridas tiempo atrás. En términos generales se puede decir que la biota acuática cambia su estructura y funcionamiento al modificarse las condiciones ambientales de sus hábitats naturales (Segnini, 2003). Para el análisis de la calidad de las aguas y su estado ecológico mediante indicadores biológicos se han utilizado diferentes organismos: algas, diatomeas, macrófitos, vegetación riparia, invertebrados y peces. De todos ellos, los macroinvertebrados bentónicos son el grupo de organismos más usados (Platts *et al.*, 1983; Alba-Tercedor *et al.*, 2005; Alonso, 2006; Oscoz *et al.*, 2007) y el más dominante en los ríos. Éstos, corresponden a todos los invertebrados visibles al ojo humano que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos, al menos en algunas etapas del ciclo de su vida (Segnini, 2003) y que según Alba-Tercedor *et al.*, 2005, comprenden principalmente artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos) dentro de los cuales dominan los insectos (en especial sus formas larvarias), aunque también se encuentran oligoquetos, hirudíneos y moluscos (y con menos frecuencia, celentéreos, briozoos o platelmintos). El uso de esta comunidad se debe a varias propiedades: su elevada diversidad taxonómica, lo que le permite presentar un amplio espectro de respuestas a las perturbaciones humanas, su naturaleza sedentaria y los largos ciclos de vida de algunos grupos, que permiten el seguimiento espacial y temporal de las

alteraciones (Cairns & Pratt, 1993). Además su muestreo es sencillo y barato (Miserendino *et al.*, 1999; Blisjwijk *et al.*, 2004; Alonso, 2006; Korte *et al.*, 2010) e indican alteraciones a medio y largo plazo.

Normalmente, los índices bióticos se han elaborado para ser usados en un área geográfica determinada, y después han sido adaptados a otras zonas. Uno de los primeros índices bióticos basados en macroinvertebrados fue usado en Reino Unido (TBI-Woodiwiss, 1964), al cual le siguieron otros muchos. En España, en 1988 Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, elaboraron el BMWP' que resultó de la adaptación del índice británico BMWP (*Biological Monitoring Working Party*; Armitage *et al.*, 1983) (Blisjwijk *et al.*, 2004). Éste índice es usado de forma extensiva en todo el territorio, y adoptado como métrica de seguimiento biológico por la mayoría de Confederaciones Hidrográficas y Agencias del Agua de España y Portugal (Alba-Tercedor *et al.*, 2005). Los primeros estudios en los que se empleó fueron iniciados por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) en los años 1990-1993 (Oscoz *et al.*, 2008). El BMWP' también se ha nombrado como SBMWP y finalmente ha tomado el nombre de IBMWP (*Iberian Biological Monitoring Working Party*; Alba-Tercedor *et al.*, 2004). La ventaja de seguir un protocolo establecido en la aplicación de las diferentes metodologías es que los datos analíticos obtenidos puedan ser comparables entre diferentes grupos de trabajo (Jáimez- Cuellar *et al.*, 2002).

En este trabajo se persiguió un objetivo principal: estudiar y analizar la calidad ecológica del río Cinca a su paso por las comarcas del Sobrarbe y parte del Somontano de Barbastro (Huesca, Aragón) y su evolución a lo largo de un año. El río Cinca es un río altamente regulado (ya incluso en su misma cabecera) y utilizado por el hombre para diversos usos: la obtención de energía eléctrica, riego y actividades de ocio (sobre todo en época estival), entre otros.

Para conseguir el objetivo principal, se llevaron a cabo los siguientes objetivos específicos:

- Analizar y comparar el estado ecológico de seis tramos fluviales y su variación estacional a lo largo del año mediante el uso de diversos índices bióticos como son el IBMWP, la diversidad y riqueza taxonómica de macroinvertebrados y el nivel trófico del tramo a partir de la concentración de clorofila bentónica.
- Relacionar los resultados de los diferentes índices bióticos con los impactos antrópicos detectados a lo largo de la cuenca, prestando especial atención a las alteraciones hidromorfológicas.

Las hipótesis planteadas se basaron en la revisión bibliográfica:

1. Se espera que se produzca una disminución de la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados aguas abajo del río (aumentando la abundancia de las familias más resistentes u oportunistas) debido a las alteraciones del medio producidas por diferentes impactos antrópicos (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988; Alba-Tercedor *et al.*, 2005), entre los que se incluye la cadena de embalses existente.
2. Algunos organismos acuáticos (simúlidos, quironómidos, gasterópodos) se verán favorecidos por las condiciones alteradas de los tramos aguas abajo de los embalses, mientras que otros taxones disminuirán (efemerópteros, plecópteros, tricópteros) debido a sus diferentes requerimientos ecológicos (García de Jalón, 2008), en general, más exigentes.

La primera hipótesis se ve reforzada por los resultados de Ortiz *et al.*, (2005), quien observó en estudios previos, que los efluentes puntuales de aguas residuales implicaron una reducción de la riqueza de taxones de macroinvertebrados y un incremento en la dominancia debido a que los taxones más sensibles desaparecerán y resistirán los oportunistas.

Respecto al efecto que la regulación hídrica provoca en las comunidades de macroinvertebrados, existen diferentes trabajos que comúnmente llegan a una conclusión: se produce un empobrecimiento faunístico asociado a un incremento de la abundancia de algunos taxones (Torralva *et al.*, 1996). Por otra parte, López Núñez *et al.*, (2011) también señalan que la homogeneización del hábitat bentónico por retención del material particulado fino, está asociada con una reducción en la riqueza de macroinvertebrados y su diversidad.

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1 La cuenca del río Cinca

2.1.1 Descripción general del río

El río Cinca es uno de los principales afluentes del río Ebro. Fluye de norte a sur, desde los Pirineos hasta la depresión del Ebro. El nacimiento del río se sitúa en el circo del Lago Helado de Marboré (hoy en día deshelado), en el término municipal de Bielsa, rodeado de picos de más de 3.000 m. Entre la frontera de España (Valle de Ordesa y Monte Perdido) y Francia (Circo de Gavarnie). El pequeño arroyo que nace en el lago, va recogiendo las aguas del glaciar de Monte Perdido mientras recorre el valle a través del denominado Balcón de Pineta (CHE, 2002b), donde se encuentran afloramientos de materiales mesozoicos (generalmente carbonatados) del Cretácico en su mayor parte (Mata-Perelló *et al.*, 2013). A partir de los 2.500 m de altitud, el valle sufre un desnivel de más de 1.000 m en aproximadamente 1 km.

El trazado del río en su tramo alto es bastante rectilíneo pero conforme desciende en altura y se acerca a su desembocadura adquiere formas trezadas dentro de su cauce. El tramo que va desde su nacimiento hasta el Parador Nacional de Turismo de Bielsa (donde hay numerosas cascadas de hasta 50 m de caída) se encuentra incluido dentro del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. En sus primeros kilómetros de recorrido el río recibe innumerables aportes de barrancos y torrentes que descienden de las montañas (CHE, 2002a). Todo este conjunto: el *Valle de Pineta*, las *Cascadas del Cinca*, el *Balcón de Pineta*, el *Circo de Pineta*, forman parte del Patrimonio Geológico de la comarca del Sobrarbe (Mata-Perelló *et al.*, 2013).

Respecto a la cuenca del río Cinca, se extiende por la provincia de Huesca, ocupando prácticamente dos terceras partes de la misma, a excepción de una zona cerca de su desembocadura que entra en la provincia de Lérida. Puede dividirse en tres tramos principales de norte a sur según CHE (2008):

- Desde la cabecera de la cuenca hasta la cola del embalse de Mediano. Es una zona de alta montaña donde el río Cinca y sus afluentes de cabecera cruzan las sierras interiores de los Pirineos. Profundos valles de origen glaciar rodeados de altas crestas rocosas suavizadas al avanzar hacia el sur. Fuertes desniveles y estrechos cauces de los ríos con gran efecto erosivo, pero posibilita el aprovechamiento hidroeléctrico. Paisaje de montaña con bosques de coníferas mezclados con pastos, y bosques mixtos con matorrales hacia el sur. La población se asienta sobre el fondo de los valles con actividades ganaderas y agrícolas que dejan paso al turismo cada vez más importante.
- Desde la cola del embalse de Mediano hasta el río Ésera. Es una zona agreste de media montaña donde el río Cinca discurre encajonado entre sierras que no superan los 1.400 msnm. Por su morfología, este tramo del río Cinca ha sido aprovechado para el embalse de agua. Paisaje frondoso de matorrales con

cultivos de secano en los terrenos horizontales y laderas con poca pendiente. Pueblos salpicados por el territorio con actividad agrícola y ganadera que ha disminuido en el último siglo produciendo su despoblación.

- Desde el río Ésera hasta la desembocadura en el río Segre. Es una zona de perfil plano con lomas suaves y cauces encajonados. Paisaje muy modificado por el hombre con cultivos de regadío. Asentamientos importantes de población con actividad agrícola, ganadera e industrial.

Además, hidrológicamente, el territorio se organiza en cuencas vertientes, cuyas características de funcionamiento y respuesta están condicionadas por la región biogeográfica en la que se enmarcan (González del Tánago & García de Jalón, 2006). El río Cinca transcurre por las dos regiones biogeográficas existentes en Aragón, y las más importantes del reino Holártico: la región Eurosiberiana y la Mediterránea (Figura 2). Debido a éste contraste, sus zonas de paso albergan una gran riqueza de paisajes y especies (Longares Aladrén, 2004).



Figura 2 . Distribución de las regiones biogeográficas en Aragón (Longares Aladrén, 2004).

En su recorrido se le unen varios afluentes como el Barrosa (en Bielsa), el Cinqueta (en Salinas, que drena la Val de Gistau), el Bellós, el Ara (a la altura de Aínsa), el Ésera, el Vero, el Sosa (en Monzón) y el Alcanadre. Según García-Ruíz *et al.*, (2013) el complejo Cinca-Ara se constituye en el río más importante del Pirineo Central, y más todavía cuando se le une el Ésera. Finalmente, tras recorrer 190,7 km desde su nacimiento (CHE, 2002b), en Torrente de Cinca se une al río Segre para juntos desembocar en el río Ebro (Mequinenza), ya en la provincia de Zaragoza.

Los ríos de la cuenca del Cinca son sinuosos con pendiente y encajados en los tramos de cabecera de los ríos, en el tramo medio son sinuosos en valle extenso o semiencajado y, finalmente, meandriiformes en el tramo final (CHE, 2008).

Según el Plan Hidrológico del Ebro, la aportación media anual del río Cinca al río Ebro se estima en 2.896 hm³ siendo el afluente más importante el Alcanadre (34,6%),

seguido del Ésera (27%) y el Ara (17,3%) (CHE, 2002b). Las poblaciones más importantes que atraviesa el río son Bielsa, Aínsa, Monzón y Fraga.

El río Cinca tiene un régimen estacional muy marcado, pero al igual que muchos otros ríos, muy modificado por la regulación mediante embalses. La incidencia de los embalses en la regulación del caudal de los ríos influye en su dinámica, por lo que el estado de los ríos y de sus riberas es distinto en cada una de las zonas: cabecera, tramo medio y tramo final (CHE, 2008). Estas infraestructuras actúan como una gran trampa de sedimentos y recogen la mayor parte del material que transportan los ríos que a su vez acaba colmatándolos y disminuyendo su capacidad de almacenamiento de agua (López Moreno *et al.*, 2003b). En el caso del río Cinca, ya en su misma cabecera se encuentra represado el ibón de Marboré o "Lago Helado" con una presa de 6,46 m de altura con capacidad para 1,4 hm³, de los cuales solo es útil 1 hm³ (CHE, 2008), aunque actualmente no está regulado (CHE, 2002b). Aguas abajo, en el valle de Pineta está el pequeño embalse del mismo nombre que abastece de agua a la central de Lafortunada. A su pie, está el embalse de Laspuña para alimentar a la central de del mismo nombre. Aguas abajo de Aínsa se encuentra el embalse de Mediano seguido del embalse de El Grado donde tiene origen el canal del Cinca que forma parte de los sistemas de riego del Alto Aragón. En el tramo final, el río recupera su caudal y las riberas se amplían con un trazado meandriforme (CHE, 2008).

2.1.2 Climatología

Según Pedrocchi-Renault (1987), el clima en el Alto Aragón, no sólo presenta enormes contrastes en el espacio, sino que se caracteriza por oscilaciones extraordinarias de toda índole (diarias, mensuales, estacionales y también de un año a otro). El clima (Figuras 3 y 4), tiende a perder sus características oceánicas en sentido norte a sur y oeste a este, adquiriendo progresivamente rasgos más mediterráneo-montanos con tendencia continental. Este cambio supone un descenso de la precipitación y un incremento de las temperaturas, si bien estas últimas están controladas principalmente por la altitud (López Moreno *et al.*, 2003a; López Moreno & García-Ruíz, 2003). La variedad de influencias y los diferentes gradientes altitudinales dan lugar a importantes diferencias en cuanto a la cantidad de precipitación, superando los 2.000 mm anuales en los sectores más elevados mientras que apenas se alcanzan los 600 mm en los fondos de valle (López Moreno & García-Ruíz, 2003). En la cuenca del río Cinca las precipitaciones más abundantes se producen al final del verano y en invierno, y las menores en primavera y otoño. Las precipitaciones invernales se producen en forma de nieve en la cabecera de la cuenca y se mantiene hasta el verano en heleros y glaciares. Su acumulación tiene fuertes repercusiones sobre el régimen del río (Del Valle Melendo, 2003; CHE, 2008).

Respecto a la temperatura, hay una gran diferencia entre la zona norte y la zona sur de la cuenca debido a su diferencia de altitud (López Moreno & García-Ruíz, 2003). En la zona norte las características son: temperaturas bajas en invierno (estación que se

prolonga a lo largo de bastantes meses), frescas en verano, suaves en otoño y normalmente muy cambiantes en primavera. A medida que avanzamos hacia el sur, el clima en general se ve influido por características mediterráneas (Del Valle Melendo, 2003). En la cuenca del río Cinca la temperatura media anual varía entre 11,3 °C en la cabecera y 15,1 °C en la desembocadura. Mensualmente las mayores temperaturas se dan en julio y agosto y las menores en diciembre y enero.

La evapotranspiración media adopta valores de 650 mm/año en cabecera y 800 mm/año en desembocadura. Comparando los valores de evapotranspiración con la precipitación, se pone de manifiesto el carácter excedentario de la cabecera y deficitario en el resto de la cuenca, sobre todo en la zona baja de la cuenca (CHE, 2008).

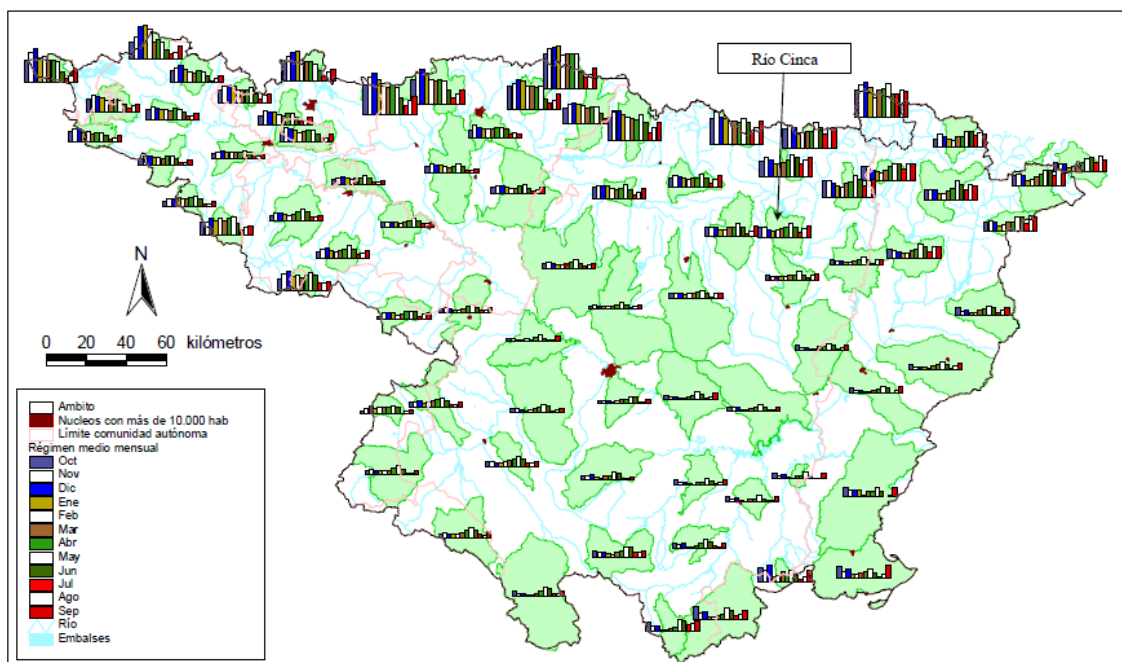


Figura 3. Régimen mensual de las precipitaciones de la cuenca del Ebro (CHE, 2008).

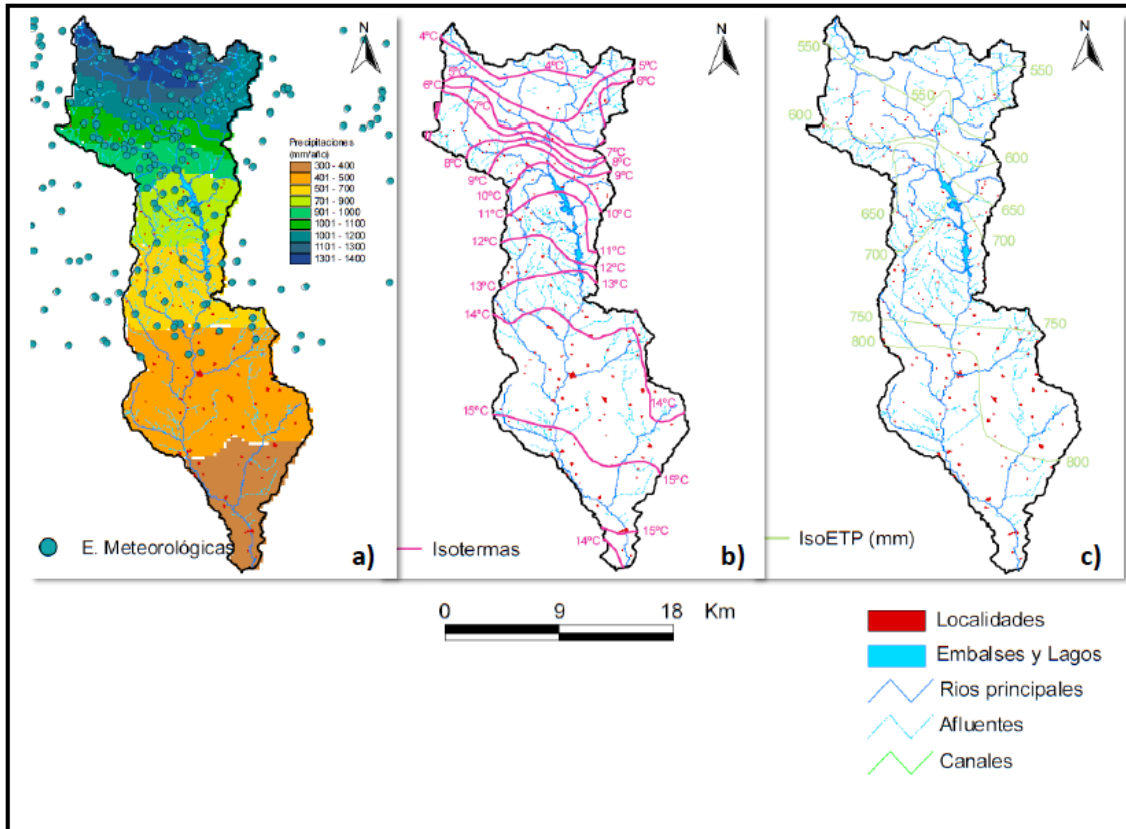


Figura 4. Distribución de los valores medios anuales de las principales variables climatológicas de la cuenca del río Cinca: **a)** Precipitaciones; **b)** Temperatura; **c)** Evapotranspiración (CHE, 2008).

2.1.3 Régimen hidrológico

Los regímenes fluviales están determinados por la distribución anual de las precipitaciones y la cantidad de nieve acumulada en la cuenca de drenaje, pues ejerce un importante papel regulador de la precipitación caída durante invierno y primavera (López Moreno & García-Ruíz, 2003). El régimen hidrológico natural de la cuenca del río Cinca responde a un comportamiento de tipo pluvionival que se aprecia especialmente en la cabecera. Pero este régimen ha sido modificado, por lo que se aprecia un régimen natural en las cabeceras (con las excepciones de los saltos hidroeléctricos existentes), pero no en el tramo medio donde el caudal se encuentra muy regulado debido a dos grandes embalses (Mediano y El Grado). Finalmente, su régimen hidrológico vuelve a aumentar en el tramo final con los retornos de los regadíos (CHE, 2008).

El río Cinca con todos sus afluentes es el principal colector de agua del Pirineo con un aporte de 2.896 hm³ anuales al río Ebro. La producción de agua de la cuenca se ubica principalmente en las cabeceras donde se encuentran las mayores alturas y las precipitaciones son abundantes. La cabecera del río Cinca (aguas arriba del Ara) aporta 766 hm³/año y el río Ara 455 hm³/año. Tiene un régimen estacional, generalmente de caudales muy bajos en invierno (por retención de nieve en la cabecera), frente a un gran volumen de agua desde abril hasta finales de junio e incluso mediados de julio con

valores mensuales en torno a 416 hm³/mes, siendo mayo el mes con máximo caudal. Y el mínimo caudal medio en verano, con valores en torno a 122 hm³/mes en el mes de agosto (García-Ruíz, 1977; CHE, 2008).

2.1.4 Geología

La cuenca del río Cinca forma parte de tres grandes dominios hidrogeológicos: el dominio del sinclinal de Jaca-Pamplona en el cuadrante noroeste de la cuenca, el dominio del sinclinal de Tremp en el cuadrante noreste de la cuenca y el dominio de la depresión del Ebro al sur, separados el primero del segundo por el río Cinca y estos dos del tercero por una importante estructura tectónica denominada cabalgamiento frontal surpirenaico. Comprende desde el Pirineo Axial hasta la depresión del Ebro, atravesando las sierras interiores y exteriores pirenaicas. La estructura de la zona axial es muy compleja, resultado de la superposición de las orogénias Hercínicas y Alpina (IGME, 1989; CHE, 2008). Esta última implica un apilamiento de láminas cabalgantes de vergencia sur que incluye materiales prehercánicos. Se compone de rocas intrusivas (granitos) en las zonas de cumbre (Bielsa) (Ríos *et al.*, 1979; IGME, 1989), y de pizarras y calizas del paleozoico (CHE, 2008).

Las sierras interiores pirenaicas forman parte de dos grandes unidades de corrimiento: la de Gavarnie, al oeste del Ara y la de Monte Perdido hacia el este. La unidad de Gavarnie está representada dentro de la cuenca del Cinca por el Paleoceno del valle de Ordesa y se caracteriza por la fuerte inmersión de estos materiales hacia el sur, sumergiéndose bajo el flysch del Eoceno (IGME, 1989; CHE, 2008). Por otro lado la unidad de Monte Perdido muestra una escasa deformación interna, donde los materiales del eoceno se extienden hacia el sur hasta alcanzar el río Ara. Se componen de calizas del mesozoico y terciarias que se entrelazan con margas, arcillas y limos del terciario en zonas más bajas. En el fondo de los valles se encuentran gravas y arenas del cuaternario, además de afloramientos de yesos y margas rodeados de cabalgamientos.

En la depresión del Ebro, donde se entra a la altura de El Grado, se encuentran areniscas y yesos del Terciario con fondos de valle cubiertos de conglomerados, gravas y arenas del Cuaternario. Estos materiales tienen una disposición prácticamente horizontal salvo el Terciario en las zonas próximas al frente de cabalgamiento surpirenaico y en el anticlinal de Barbastro – Balaguer (CHE, 2008) que se extiende desde las inmediaciones de Peraltilla (Huesca) hasta Ponts (Lérida) con 150 km de longitud aproximadamente (Martínez-Peña & Pocoví 1988).

2.1.5 Características ecológicas en los diferentes tramos del río Cinca

La ecología de cada río es función de un amplio conjunto de características climáticas, geológicas y geomorfológicas. En función de factores tales como la altitud (Figura 5, izquierda), tipo de litología (carbonatada, sulfatada o clorurada), mineralización del agua, distancia al nacimiento, pendiente del río, caudal medio, temperatura media del aire, porcentaje de meses con caudal nulo y algunos datos estadísticos relacionados con el régimen hidrológico, se encuentran definidos 32 tipos ecológicos diferentes en los ríos de toda España (CHE, 2008). En la cuenca del río Cinca, se pueden encontrar 5 tipos diferentes (Tabla 1) correspondientes a regiones ecológicas distintas (Figura 5, derecha) definidas dentro de la cuenca del Ebro. Y concretamente, el río Cinca se encuentra incluido en tres de éstos ecotipos: toda la cabecera hasta la confluencia con el río Bellós pertenece a los ríos de "Alta montaña"; de allí hasta la confluencia con el río Ésera, forma parte de los ríos de "Montaña húmeda calcárea". Por último, desde la confluencia con el Ésera hasta su desembocadura en el río Segre, forma parte de la región ecológica de "Grandes ríos poco mineralizados"(CHE, 2008).

Características	Baja montaña mediterránea	Montaña mediterránea calcárea	Grandes ríos poco mineralizados	Montaña húmeda calcárea	Alta montaña
Altitud (m.s.n.m)	70-790	450-1.280	140-940	420-1.180	890-1.800
Amplitud térmica anual (°C)	15-20	15,4-19,8	15-20	13,2-19,4	13,8-17,8
Área de cuenca (km²)	25-1.880	15-1.090	660-11.050	10-1.730	10-280
Pendiente media de la cuenca (%)	1,9-9,1	1,6-10,1	2,6-10,2	4-16,6	7,6-18,7
Caudal medio anual (m³/s)	0,1-5,3	0,1-5,3	6,4-108	0,2-39	0,2-9,2
Temperatura media anual (°C)	13-17	9-14,0	10-15,0	7-13,0	6-10,0
Distancia a la costa (km)	13-160	50-255	50-330	35-165	50-270
Conductividad (µS/cm)	> 325	> 300	< 450	> 220	> 150

Tabla 1. Características principales de cada uno de los ecotipos identificados en la cuenca del río Cinca. Se dan los valores mínimo y máximo que acotan el 90% de los ríos de cada ecotipo. Fuente: modificado de CHE, 2008.

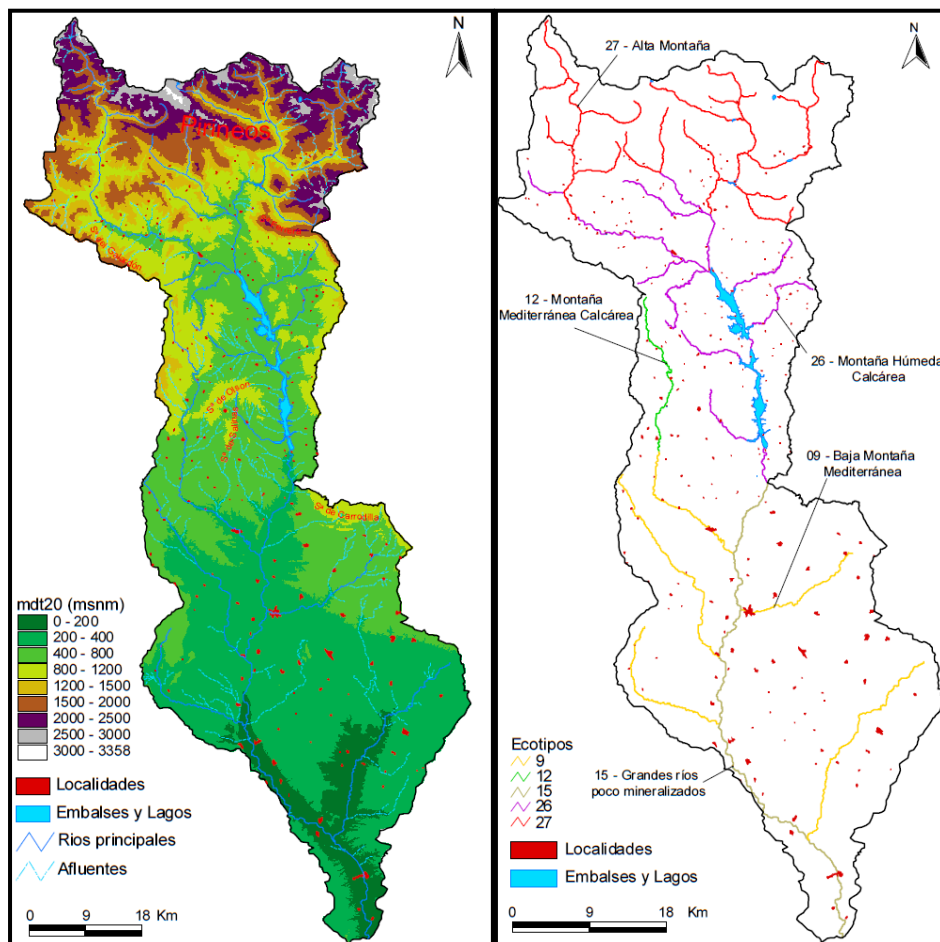


Figura 5. Topografía de la cuenca del río Cinca (izquierda); Ecotipos de las masas de agua fluviales de la cuenca del río Cinca (derecha) (CHE, 2008).

2.1.6 Zonas protegidas en la cuenca del río Cinca

- Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPA).

Existen ocho espacios naturales que han sido declarados ZEPA que tienen conexión con las masas de agua de la cuenca (Figura 6; a).

- Lugar de Interés Comunitario (LIC).

Existen 23 espacios naturales declarados como LIC que tienen conexión con alguna de las masas de agua de la cuenca (Figura 6; b).

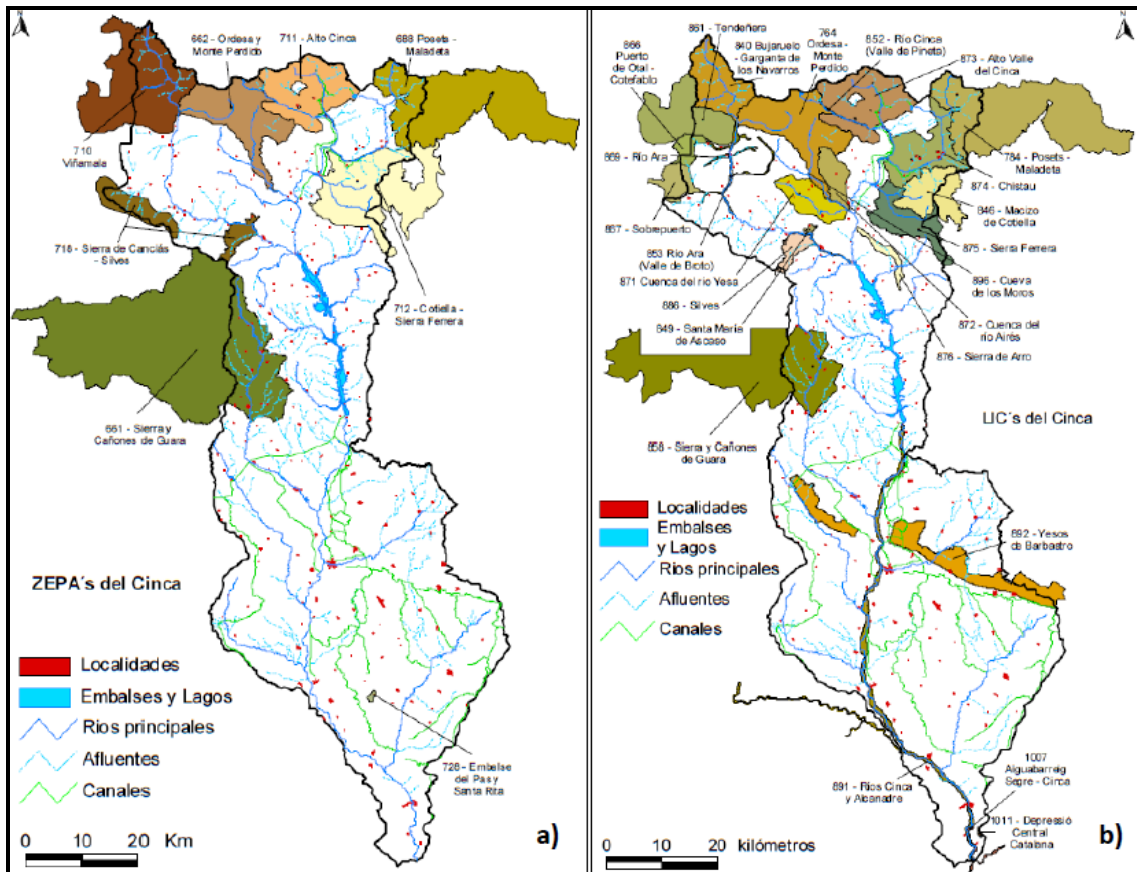


Figura 6. a) Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA); b) Lugares de Interés Comunitario (LIC) del registro de zonas protegidas en la cuenca del río Cinca (CHE, 2008).

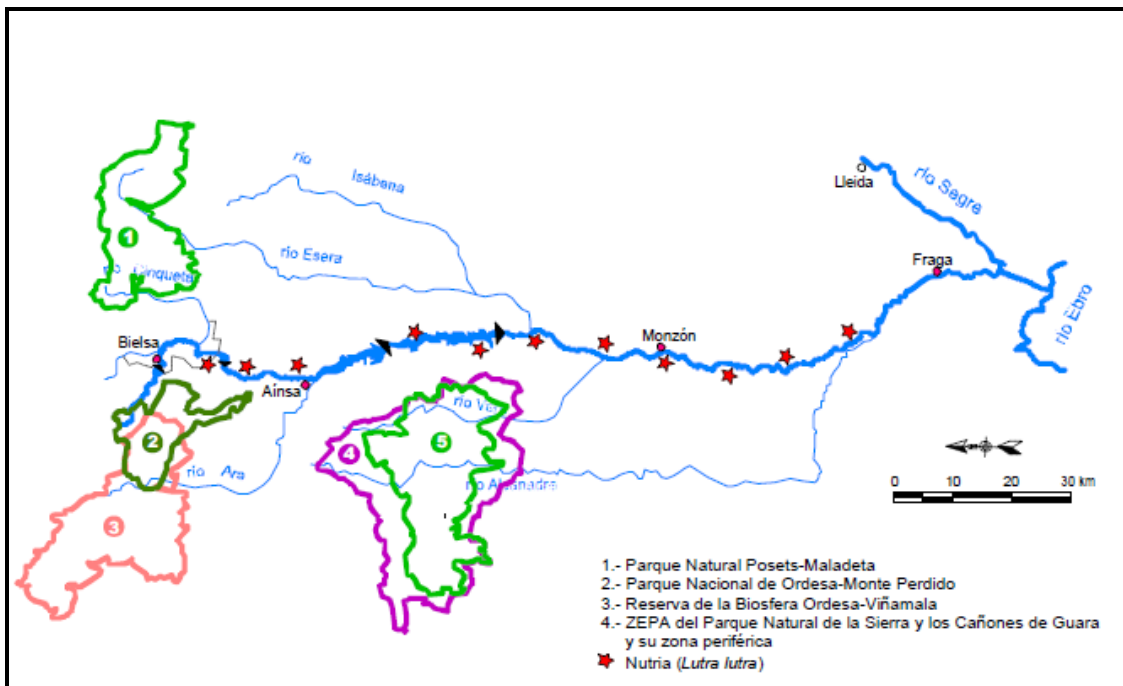


Figura 7. Espacios de interés natural en el río Cinca. Se indica también la distribución probable de la nutria (CHE, 2002a).

2.1.7 Usos del suelo

La cuenca del Cinca presenta una ocupación del terreno equilibrada entre las tierras de labor (13,97% de secano y 26,21% de regadío) que predominan en la cuenca baja y los bosques y matorrales (22,44% de bosques y 18,44% de matorrales) predominante en la cuenca alta. En el eje del Pirineo destacan los prados, praderas y espacios con poca o ninguna vegetación (12,67%).

El sector agrícola ocupa 192.000 ha (un 40% de la superficie total de la cuenca). De esta superficie, 67.000 ha están dedicadas a los cultivos de secano (se producen principalmente cereales de invierno, olivo, almendro y viñedo) y 125.000 ha a los cultivos de regadío (maíz, alfalfa, cereales y muy notablemente frutales). Aunque en los últimos años también se ha producido un incremento de las hectáreas de viñedo por goteo en el entorno de Barbastro, asociado a la Denominación de Origen Somontano. Las zonas regables de la cuenca del río Cinca se encuentran agrupadas en tres sistemas: riegos del canal del Cinca (Riegos del Alto Aragón) en la margen derecha del río, riegos del canal de Aragón y Cataluña en la margen izquierda y riegos tradicionales y nuevas transformaciones en una franja estrecha cercana al cauce del río Cinca. Cabe destacar también la actividad ganadera existente en el tramo bajo de la cuenca (CHE, 2008).

2.2 Descripción del tramo de estudio y los puntos de muestreo



Figura 8. Mapa de situación del tramo de estudio en el río Cinca, concretamente en las comarcas del Sobrarbe y Somontano de Barbastro (Huesca) dentro de la comunidad autónoma de Aragón. Localización de los puntos de muestreo, embalses y núcleos urbanos de referencia. La cuenca del río Cinca forma parte a su vez de la cuenca del río Ebro. Fuente: Elaboración propia mediante gvSIG.

La zona de estudio (Figura 8) comprende el tramo del río Cinca que va desde el Parador Nacional de Turismo de Bielsa (en el Valle de Pineta) hasta pasado el embalse de El Grado. La totalidad del tramo a estudiar (92 km de río) se encuentra en la provincia de Huesca, dentro de las comarcas del Sobrarbe (los 5 primeros puntos de muestreo) y Somontano de Barbastro (el último punto de muestreo). La mitad de la superficie de la comarca del Sobrarbe se sitúa por encima de los 1.200 msnm, y solamente el 6% de su superficie está entre los 600 y los 400 msnm (Del Valle Melendo, 2006-2007), mientras que el Somontano de Barbastro es una zona más abierta y de menor altitud. Algunas de las principales poblaciones que abarca este tramo son: Bielsa, Lafortunada, Laspuña, Labuerda, Aínsa y El Grado.

Los puntos (o estaciones) de muestreo se han elegido acorde con uno de los objetivos: ver cómo afectan los embalses en el río. Por ello cada estación de muestreo se ha situado después de un embalse o azud. En este caso, los embalses de mayor importancia en el tramo son el de Pineta, Laspuña, Mediano y El Grado. Además, uno de los puntos se situó aguas arriba del río (Parador de Bielsa) para que hiciese las veces de "punto control". En la elección de las estaciones de muestreo también se tuvo en cuenta otros aspectos importantes como el acceso al cauce.

En la Tabla 2 se indican las coordenadas de los puntos de muestreo seleccionados y la altitud a la que están situados.

Estación de muestreo	X	Y	Altitud (msnm)
C.1 Parador Bielsa	261.083	4.729.321	1.283
C.2 Pineta	273.190	4.721.405	937
C.3 Salinas	273.461	4.719.992	906
C.4 Laspuña	268.309	4.714.182	676
C.5 Mediano	270.536	4.686.291	448
C.6 El Grado	270.935	4.665.857	346

Tabla 2. Coordenadas UTM ETRS89 Huso-31 de los puntos de muestreo en el río Cinca.

Se llevaron a cabo cuatro muestreos en cada punto, coincidiendo con las cuatro estaciones del año. El muestreo de otoño y el de invierno se tuvo que realizar en dos días cada uno debido a la distancia entre puntos y las pocas horas de luz en éstas épocas del año. El muestreo de primavera y verano se pudo realizar en un día ya que anochecía mucho más tarde. De este modo, el muestreo de otoño se realizó los días 25 y 26 de Noviembre de 2012, el de invierno, los días 8 y 16 de Marzo de 2013, el de primavera el 24 de Mayo de 2013 y el de verano el 28 de Julio de 2013.

A continuación se expone una descripción detallada de cada uno de los seis puntos de muestreo. Así mismo se incluyen las observaciones que se consideraron relevantes efectuadas en los muestreos y un mapa de cada punto elaborado con el programa gvSIG a partir de ortofotos de la zona de estudio tomadas del Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR). La información contenida en los mapas hace referencia a los impactos que afectan a los puntos de muestreo y fue obtenida a partir del geoportal

SITEbro (de la Confederación Hidrográfica del Ebro). Los impactos considerados en dichos mapas corresponden a las captaciones (pozos, tomas, manantial, etc.), abastecimientos, uso hidroeléctrico, ganadero y agrícola (regadíos), azudes y vertidos (tanto de aguas residuales urbanas o asimilables a urbanas como los industriales). Además se incluye la red hidrográfica junto con los embalses de la zona y los núcleos urbanos más importantes.

C. 1 Parador de Bielsa



Figura 9. Detalle del punto de muestreo C.1 durante las cuatro estaciones del año. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: otoño, invierno, primavera y verano.

El primer punto de muestreo (Figura 9), denominado a partir de ahora como "C.1Parador de Bielsa", se encuentra en el término municipal de Bielsa, en un área de alta montaña pirenaica, emplazado en la cabecera del río Cinca, en el Pirineo Axial y próximo a la cuenca del Cinqueta. Es un tramo donde el río recorre el valle de Pineta, el cual, es un valle característico del modelado glaciar en U (CHE, 2002a). Está rodeado por montañas de más de 3.000 m (destacando el macizo de las Tres Sorores con el Monte Perdido, el Cilindro de Marboré y el Pico Añisclo), con una elevada pendiente que llega a alcanzar los 1.400 m de desnivel (Figura 10; izquierda). Estas montañas están formadas por calizas, margas y areniscas. Sin embargo, en el fondo del valle lo que predominan son las gravas, conglomerados y areniscas. Y la deformación en esta parte del Pirineo está asociada a los cabalgamientos de Gavarnie y Bielsa (Oliva Urcia *et al.*, s.f.). El río en éste punto describe un trazado rectilíneo. Esta abrupta y compartimentada orografía es responsable en buena medida de diferencias climáticas

muy destacables según la altitud, la orientación, la exposición a los vientos húmedos dominantes, etc. (Del Valle Melendo, 1997).

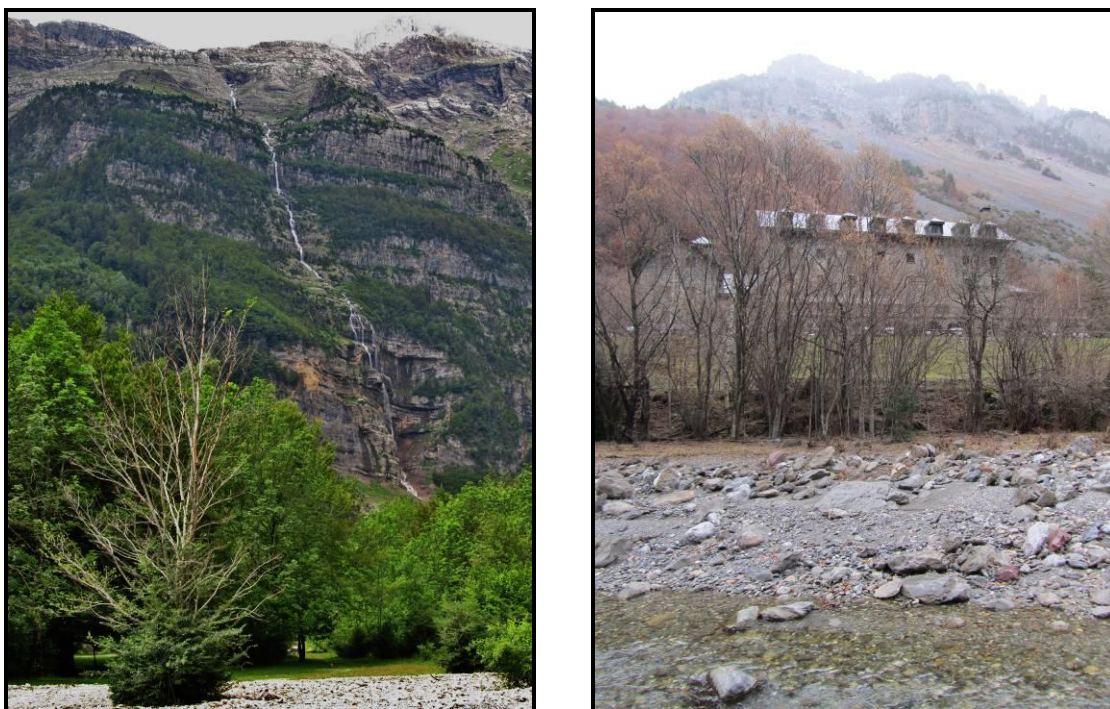


Figura 10. Detalles uno de los torrentes del valle de Pineta donde se aprecia el fuerte desnivel del terreno (izquierda) y el Parador Nacional de Turismo (derecha).

El principal afluente que recibe el Cinca en este tramo es el río La Larri. Tramo en el que el agua del Cinca se infiltra por las calizas del substrato y el río desaparece, volviendo a surgir más adelante.

Justo al lado del punto de muestreo C.1 del río, está el Parador Nacional de Turismo (Figura 10; derecha). Un poco más abajo se pueden encontrar dos campings y varias zonas de recreo en las dos orillas del río que ejercen una fuerte presión turística en los meses estivales (CHE, 2002a). La única carretera que comunica el valle es la A-138 por la que se accedió hasta el aparcamiento (por la carretera HU-V-64-02). Sólo hay algún núcleo de población aislado en el valle.

Según CHE (2002a) es un tramo donde habita la trucha (*Salmo trutta*) ya que puede soportar temperaturas más bajas que otros peces y también hay abundantes anfibios (urodelos y anuros). Las riberas están en buenas condiciones, siendo la erosión nival el proceso erosivo más importante. La vegetación de ribera en éste punto es la propia de esta franja altitudinal y está formada por sauces (*Salix sp.*), olmos (*Ulmus sp.*) avellanos (*Corylus avellana*), arces (*Arce sp.*), zarzas (*Rubus sp.*), pino silvestre (*Pinus silvestris*) y algún hayedo (*Fagus sylvatica*). Esta vegetación de ribera lleva asociadas algunas especies como el mirlo acuático (*Cinclus cinclus*) y las lavanderas (*Motacilla sp.*). Aunque también algunas que sólo están de paso como los cormoranes (*Phalacrocorax sp.*) y el ánade real (*Anas platyrhynchos*). Justo al lado, por la margen derecha del río se encuentra el Parque Nacional de Ordesa y Monte perdido (con el que limita el punto C.1

y por tanto se encuentra en la zona periférica de protección del Parque) y un poco más alejada, la reserva de la Biosfera Ordesa-Viñamala. En su margen derecha, aunque a mayor distancia, se encuentra el Parque Natural Posets-Maladeta. Tanto el Parque Nacional como su zona periférica están incluidos dentro de la Zona de Especial Protección para las Aves, ZEPA (Directiva 79/409/CEE). Y parte del tramo también se encuentra incluido en un LIC (Directiva 92/43/CEE) (CHE, 2002a). Por lo tanto, las rapaces que viven en éstas zonas también frecuentan este tramo del río: quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*), buitre leonado (*Gyps fulvus*), milano real (*Milvus milvus*), águila real (*Aquila chrysaetos*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), y el águila culebrera (*Circaetus gallicus*), entre otros. Además, se considera un área de interés botánico, por la población de *Cipripedium calceolus* (en el fondo de valle) y *Androsace pyrenaica* (en la alta montaña). El uso predominante en este punto del río es la pesca y el uso ganadero tradicional (DGCN-MIMAM; 2005).

El único vertido registrado anterior al punto de muestreo C.1 es el perteneciente al Parador Nacional de Turismo (Figura 11), que vierte su efluente directamente sobre el río por su margen izquierda. Se trata de un vertido de "Agua residual urbana o asimilable". La captación de agua anterior al punto C.1 corresponde a un manantial. El resto de vertidos de la zona afectan al siguiente punto de muestreo. Las captaciones situadas aguas abajo del punto C.1 pertenecen a pozos, manantiales y tomas para el abastecimiento de la población. Y los puntos de abastecimiento son fuentes o manantiales. También producen afección en este tramo los azudes del río Cinca e indirectamente, los localizados en el río Barrosa.

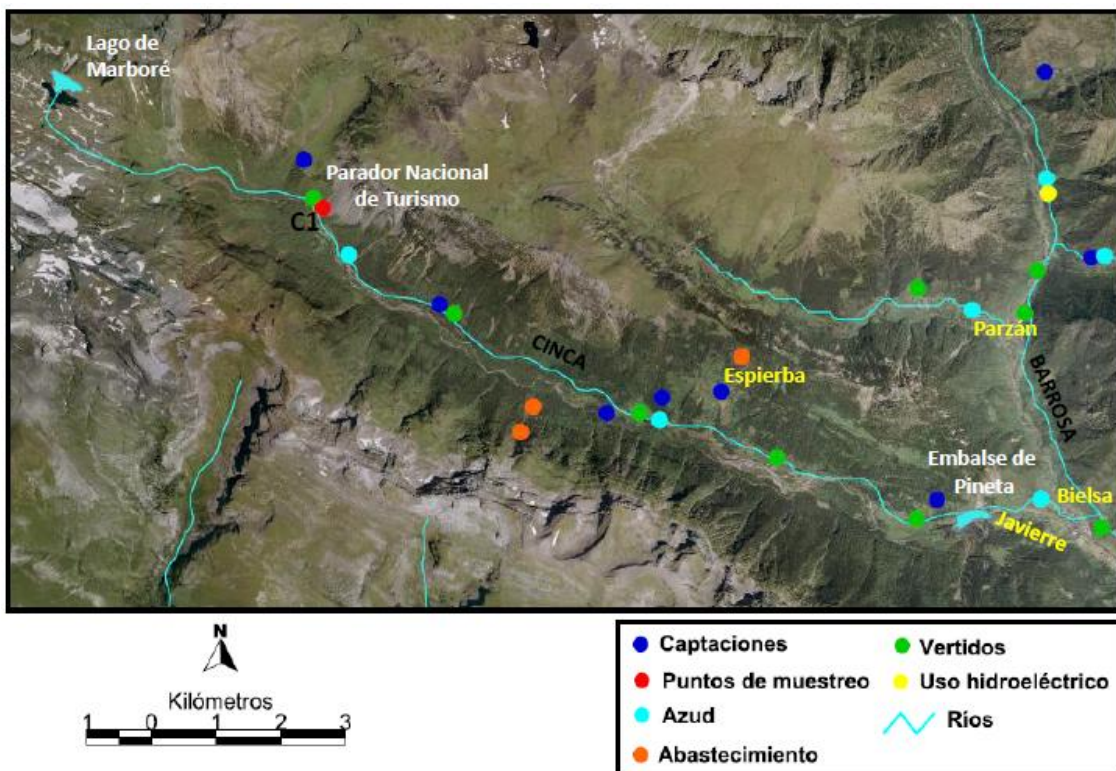


Figura 11. Mapa de localización del punto de muestreo C.1 "Parador de Bielsa" y los principales impactos que afectan al río Cinca en la zona. Fuente: Elaboración propia mediante gvSIG.

Observaciones



Figura 12. Detalle de las tuberías procedentes del Parador Nacional que vierten al río Cinca en el punto C.1 (invierno).

Durante el primer muestreo en otoño se observaron unas tuberías procedentes de la estación depuradora del Parador Nacional de Turismo (Figura 12). Por este motivo, se decidió repartir las unidades de esfuerzo (kicks) en los muestreos entre la zona de antes del vertido, y la zona de después para poder observar diferencias en las características del agua si las hubiese.

En el muestreo de verano que se realizó el 28/07/2013 el agua bajaba con mucha fuerza en este tramo y en las cumbres del valle todavía quedaba nieve. Esto no es de extrañar si se tiene en cuenta que la cuenca del río Cinca es una de las cuencas del Pirineo con mayor retención nival (junto con la del Noguera Ribagorzana, Ésera, Ara) por su mayor altitud media del relieve (García-Ruíz *et al.*, 2013).

✚ C.2 Pineta y C.3 Salinas



Figura 13. Detalle del punto de muestreo C.2 durante las cuatro estaciones del año. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: otoño, invierno, primavera y verano.



Figura 14. Detalle del punto de muestreo C.3 durante las cuatro estaciones del año. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: otoño, invierno, primavera y verano.

El segundo punto "C.2 Pineta" (Figura 13) y tercer punto "C.3 Salinas" (Figura 14) se encuentran a muy poca distancia el uno del otro (1,5 km aproximadamente; dato calculado a partir del geoportel SITEbro) en el municipio de Bielsa, en un tramo fluvial entre embalses (el de Pineta y el de Laspuña). En este tramo el río Cinca recibe al Cinqueta y el Barrosa. El punto C.2 está situado aguas abajo del embalse de Pineta (Figura 15), construido en 1920 con una capacidad máxima útil de 0,2 hm³. Éste embalse regula las aguas del río Cinca y de los canales de descarga de los ibones de Urdiceto, Trigoniero y Marboré y abastece a la central hidroeléctrica de Lafortunada. La presa mide 5 m de altura y tiene una superficie inundable de 14 ha. Su régimen de llenado es típico de una regulación para uso hidroeléctrico, con un volumen bastante constante. Los máximos se corresponden con los deshielos del mes de junio (CHE, 2008). El punto C.3 se encuentra aguas abajo de un azud (Figura 16) situado 2 km antes de Salinas. La zona de su margen izquierda en este tramo está considerada como LIC (el punto C.3 queda incluido).



Figura 15. Vista aérea del embalse de Pineta (CHE, 2008).



Figura 16. Detalle del azud en el punto de muestreo C.3 del río Cinca en invierno.

Antes de llegar a este tramo, el cauce sigue entre montañas de hasta 1.200 m antes de llegar a Bielsa, donde desciende bruscamente hasta la confluencia con el Cinqueta. La geología en este tramo es muy compleja (CHE, 2002a, 2008), se alternan calizas, margas y areniscas del Cretácico superior con margas del Triásico y areniscas y arcillas del Pérmico en la zona de Bielsa, pero tras la confluencia con el Cinqueta los materiales del Pérmico desaparecen (CHE, 2002a).

La forma del cauce sigue siendo bastante lineal y se pueden encontrar zonas con velocidades y profundidad muy diferentes: desde zonas con 5 m de ancho de rápidos y balsas profundas donde predomina la roca madre y grandes bloques, a zonas más anchas de hasta 30 m con rápidos y zonas someras donde predominan las gravas y arenas (formando a veces playas fluviales) (CHE, 2002a). Al aumentar la anchura del valle, el cauce queda más expuesto al sol que en el primer punto, aunque sigue habiendo bastante sombra ya que el valle es bastante cerrado. En éste caso, la zona del punto C.2 se encuentra mucho más abierta que la del punto C.3.

En este tramo las zonas de bosque se convierten en prados (con especies autóctonas principalmente). La vegetación acuática es pobre, aunque al haber mucha variabilidad de hábitat con diferentes características (zonas más o menos profundas, refugios, etc.) es un buen lugar para la fauna acuática. En éste tramo hay un coto de captura y suelta en el que se puede encontrar trucha común (*Salmo trutta*) representando a la comunidad de peces ya que en éste tramo disponen de refugios, zonas de arena y grava, y además las aguas permanecen frías todo el año (CHE, 2002a).

La vegetación de ribera está muy limitada debido a la orografía del terreno. Representada con arbustos como la sarga (*Salix elaeagnos*), chopos (*Populus nigra*) y álamos de Italia (*Populus pyramidalis*). Además también hay bosque de pino resinero (*Pinus pinaster*), y algunos prados con rosales (*Rosa sp.*) y zarzas (*Rubus sp.*). En esta zona, como todavía hay una fuerte pendiente, las aguas bajan con mucha fuerza (sobre todo en el punto C.2), esto evita que las comunidades de vegetación de ribera formen comunidades maduras (CHE, 2002a). En cuanto a fauna, se pueden encontrar mamíferos como la nutria (*Lutra lutra*) y el murciélago pequeño de herradura (*Rhinolophus hipposideros*). También frecuentan la zona las mismas rapaces que en C.1, además de alimoches (*Neophron percnopterus*) y alcotán europeo (*Falco subbuteo*) (DGCN-MIMAM, 2005).

La carretera y los márgenes se encuentran protegidos de la erosión fluvial con muros de hormigón. Y justo anterior al punto C.3 hay un pequeño azud de 18,5 m de alto (insalvable para los peces) que recoge agua para la central de San Marcial (CHE, 2002a).

En este tramo también existen algunas actividades que causan impacto sobre el río (Figuras 11 y 17), como los vertidos autorizados que vierten al Cinca por su margen izquierda aguas arriba del punto C.2, procedentes de un refugio de montaña en Pineta,

del camping de Pineta, de la población de Las Cortes y de otro camping. Y por su margen derecha recibe vertidos de la casa de colonias "Pare Jordi Turull" y de un hotel de Bielsa. Todos ellos de naturaleza "agua residual o asimilable". Pero además también hay que tener en cuenta los vertidos al río Barrosa como los de la población de Parzán y Chisagès (entre otros). En éste tramo el río se ve afectado por la regulación del embalse de Pineta, pero aguas abajo también por diversos azudes (Figura 17): uno justo después del embalse y otros tres localizados entre los puntos de muestreo C.2 y C.3. Aunque debido a la escasez de núcleos de población en la zona, no se ve afectado por la toma de numerosas captaciones de agua, tan solo alguna para uso doméstico o para riego (a la altura de Salinas de Bielsa) o la captación para un campamento de turismo cercana a Bielsa y la que se encuentra aguas arriba del embalse de Pineta para abastecimiento de población.

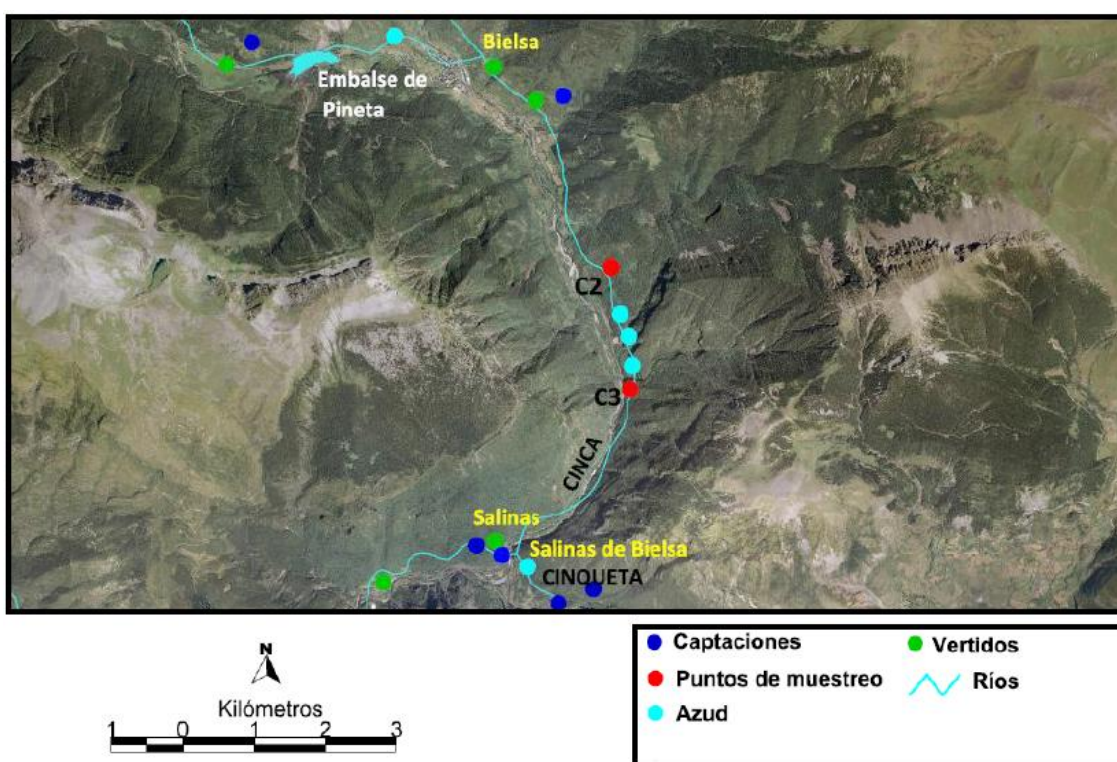


Figura 17. Mapa de localización de los puntos de muestreo C.2 "Pineta" y C.3 "Salinas" y los principales impactos que afectan al río Cinca en la zona. Fuente: Elaboración propia mediante gvSIG.

Observaciones

En otoño, en la estación de muestreo C.3 al tomar uno de los kicks cayó un ejemplar juvenil de trucha que se devolvió inmediatamente al río.

En el muestreo de verano se observó que en todos los puntos de muestreo las rocas estaban más sucias (con más algas y perifiton). Este hecho se puede apreciar con claridad en las figuras 13 y 14 donde se puede comparar el aspecto de la zona en las diferentes épocas del año.

C.4 Laspuña



Figura 18. Detalle del punto de muestreo C.4 durante las cuatro estaciones del año. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: otoño, invierno, primavera y verano.

En el siguiente tramo del río está situado el punto "C.4 Laspuña" (Figura 18), denominado así por encontrarse aguas abajo del embalse con el mismo nombre (Figura 19) y ubicado también, en el término municipal de Laspuña. Éste embalse se terminó de construir en 1965 como complemento al sistema hidroeléctrico del alto Cinca para abastecer a la central hidroeléctrica de Laspuña. Regula las aguas del río Cinca y los retornos de la central hidroeléctrica de Lafortunada. Su presa tiene 11 m de altura, una superficie inundable de 8 ha y su capacidad es de $0,35 \text{ hm}^3$ ($0,11 \text{ hm}^3$ de capacidad máxima útil según CHE, 2008).



Figura 19. Vista aérea del embalse de Laspuña (CHE, 2008).

En este punto del río, el valle se va abriendo paulatinamente. Los materiales del terreno están formados por calizas del Eoceno, rodeado de flysch (formación que alterna capas de materiales duros, calizas y calizas detríticas, con capas blandas de margas) (López Moreno & García-Ruiz, 2003), y en el fondo del valle materiales depositados del Cuaternario (gravas, conglomerados y arcillas). Aquí la pendiente ha disminuido mucho y su anchura aumenta considerablemente transformando el trazado lineal del río en uno trezado incluso con pequeñas islas. Debido a la amplitud del cauce en este tramo, el sol incide más horas sobre en el río, siendo muy escasas las sombras (CHE, 2002a) como se puede apreciar en las imágenes del punto de muestreo (Figura 18).

Las riberas están más alteradas que aguas arriba debido a la mayor cantidad de núcleos de población. Sin embargo continúa estando presente la trucha ya que la temperatura en el agua sigue siendo baja, pero ya aparecen otras especies más propias del curso medio de un río como el barbo de montaña (*Barbus haasi*) y el barbo común (*Barbus graellsii*). La vegetación de ribera es muy pobre debido a que la corriente de agua queda muy alejada de los márgenes del cauce por la gran anchura que alcanza. Predomina la sarga (*Salix elaeagnos*) y la mimbrera (*Salix purpurea*). También hay ejemplares de chopos (*Populus nigra*), álamos de Italia (*Populus pyramidalis*), y zarzas (*Rubus sp.*). Y a pesar de la ocupación humana, también hay nutria (*Lutra lutra*) y garzas reales (*Arderea cinerea*) (CHE, 2002a).

Por debajo de este punto, el río recibe varios afluentes, los más importantes: el Bellós, Yesa y Ara. Es importante señalar la excepcionalidad del río Ara, ya que es de los pocos ríos del Pirineo sin regular (CHE, 2008). En cuanto a los usos, bajo la presa de Laspuña existen unas balsas muy frecuentadas en verano como zona de baño y hay un coto de pesca (CHE, 2002a) pero se encuentra aguas abajo del punto de muestreo C.4.

Las poblaciones en el entorno son moderadas pero existen diferentes actividades antrópicas que afectan al río (Figura 20). Como por ejemplo, los vertidos autorizados de

"aguas residuales urbanas o asimilables" que vierten directamente en el río Cinca como los procedentes de Salinas (por la margen derecha) y del camping de Salinas por la margen izquierda. Pero también vertidos de "agua residual industrial" procedentes de las centrales hidroeléctricas Lafortunada-Cinca y Lafortunada-Cinqueta por su margen izquierda. Se producen efluentes de aguas residuales en las poblaciones de Tella y Cortalaviña que recoge el río Yaga antes de unirse al Cinca aguas abajo del punto C.4.

Son muchas las captaciones de agua que existen en la zona y que afectan al ecosistema fluvial. La mayoría están destinadas a riegos ya que en ésta zona hay un aumento del suelo utilizado para agricultura. Hecho a tener en cuenta por el aporte de nitratos y otros fertilizantes que al ser solubles en agua, pueden llegar a contaminar el río infiltrándose por el terreno o por escorrentía. En menor medida también se encuentran captaciones para el abastecimiento de las poblaciones circundantes e industrias. Otro tipo de afección en la zona son los azudes, que en éste caso se encuentran tanto en el río Cinca, como en sus tributarios: el Bellós y el Cinqueta.

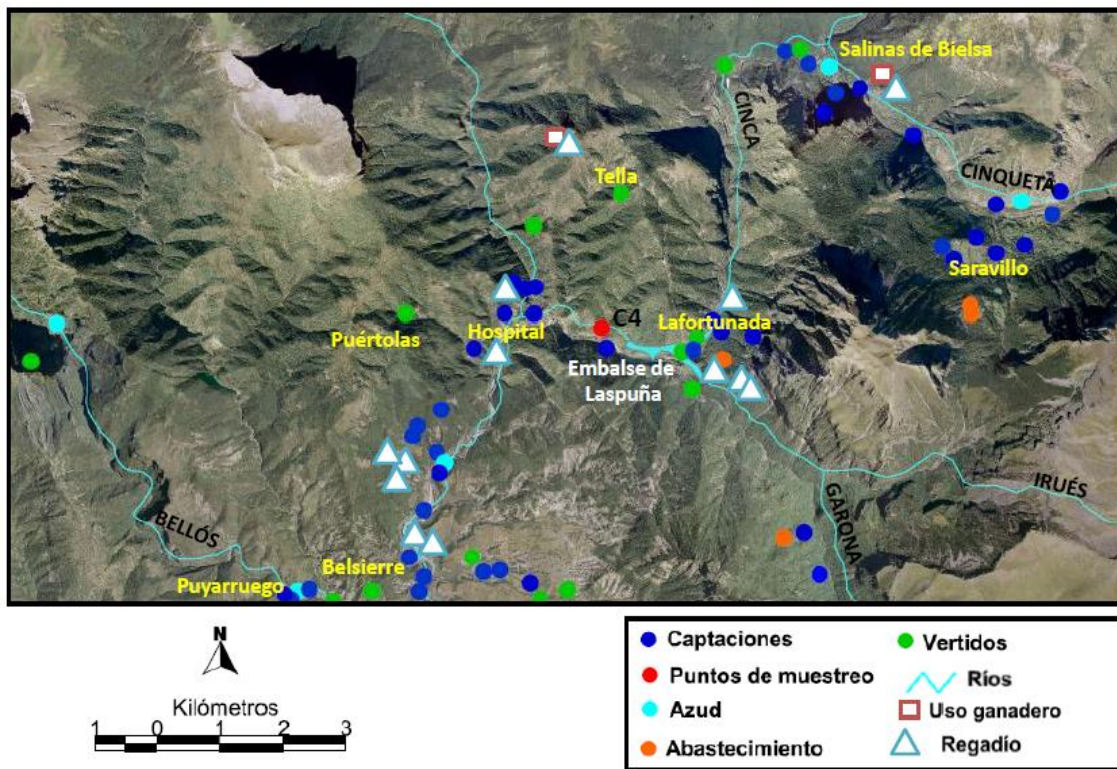


Figura 20. Mapa de localización del punto de muestreo C.4 "Laspuña" y los principales impactos que afectan al río Cinca en la zona. Fuente: Elaboración propia mediante gvSIG.

Observaciones

En verano, el agua en este punto tenía un color grisáceo desde la orilla hasta la mitad de la anchura de la corriente.

C.5 Mediano



Figura 21. Detalle del punto de muestreo C.5 completamente anegado por el agua (excepto en otoño) durante las cuatro estaciones del año. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: otoño, invierno, primavera y verano.

El embalse de Mediano (Figura 22) está situado aguas abajo de Aínsa, cuya presa (de gravedad y de hormigón) tiene una altura de 74 m sobre el cauce y una longitud de 500 m. Dicho embalse se construyó en dos fases, la primera se terminó en 1959, produciéndose el primer llenado en 1968, aunque luego se recreció y se terminó en 1973. Tiene una longitud de 13 km y almacena 435 hm³, aunque según CHE (2008), su volumen útil es de 428 hm³ y su superficie inundable de 1.722 ha. Su profundidad máxima son 72,5 m y su tasa de renovación es baja ya que el tiempo de residencia oscila entre 2 y 5 meses. El volumen de agua desembalsado varía ya que se vierte por los aliviaderos, la toma hidroeléctrica, el desagüe de medio fondo y el desagüe de fondo. Éstos suelen verter agua en noviembre, marzo, junio y septiembre. Cuando se vierte por el aliviadero se suele desaguar también de fondo. El tributario principal del embalse es el río Cinca, y el secundario el Ara que confluyen en la cola del embalse (aunque algunos pequeños barrancos de escasa importancia también vierten sus aguas en el embalse) (CHE, 2002a).

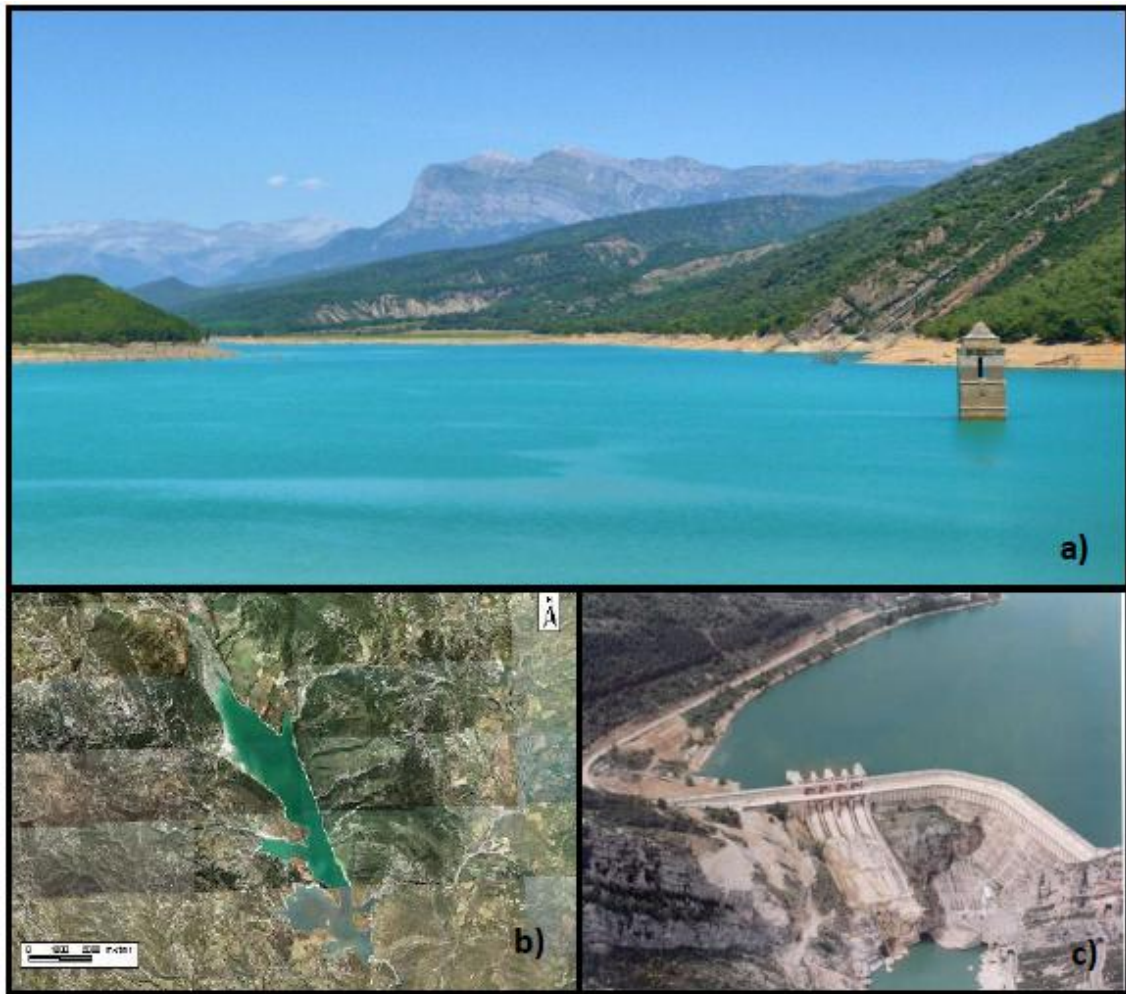


Figura 22. a) Imagen del embalse de Mediano en el que emerge la torre del campanario de la iglesia del antiguo pueblo de Mediano; b) Vista aérea del embalse de Mediano (CHE, 2008); c) Presa del embalse de Mediano (geoportal SITEbro).

Los hábitats acuáticos y la vegetación de ribera (casi inexistente) están muy afectados por las fuertes oscilaciones del nivel del agua. Además hay bastante erosión en las orillas debido al material de que están compuestas en gran parte (margas) y a la escasa pendiente, sin contar con la afluencia de personas. Esta zona, más árida, impide el crecimiento de vegetación para que los organismos bentónicos puedan alimentarse, y por lo tanto también afecta a los peces que ven reducido su alimento. En el embalse de Mediano habitan la madrilla (*Parachondrostoma toxostoma*), lucioperca (*Sander lucioperca*), barbo de Graells (*Barbus graellsii*), perca americana (*Micropterus salmoides*) y trucha común (*Salmo trutta*), ya que el embalse se considera de aguas trucheras (según la Ley 2/99, de pesca en Aragón). Y la fauna del entorno está formada por conejos, liebres y perdices y es zona de paso para la nutria. El mayor interés que presenta el embalse relacionado con la fauna se debe a las aves acuáticas como las grullas y cormoranes (*Phalacrocorax sp.*) en época de migración. Este tramo está calificado como de Régimen especial de aguas salmonícolas (Orden del 17 de Enero de 1996 de la DGA) y como tramo de Pesca intensiva según la Ley de Pesca 2/99. La vegetación de la zona consta de pino carrasco (*Pinus halepensis*), encina (*Quercus ilex ssp. rotundifolia*) y quejigo (*Quercus faginea*) y algunos matorrales.

Alrededor hay algunas poblaciones como Gerbe, Coscojuela de Sobrarbe o Mediano (el barrio nuevo), pero con muy pocos habitantes. Además hay un centro vacacional, Morillo de Tou con mucha afluencia de gente en verano. Este embalse es utilizado para aprovechamiento eléctrico en la central de Mediano (situada al lado de la presa) y parte del agua se deriva también para riegos por el Canal del Cinca (CHE, 2002a).

La cuenca del embalse donde está situada la estación de muestreo está formada por colinas de materiales básicos como calizas, yesos y margas, gravas, conglomerados y arcillas, aunque el sedimento es limoso (CHE, 2002a). El punto de muestreo C.5 "Mediano" (Figura 21) está situado aguas abajo de la presa y debido a la continuidad entre los embalse de Mediano y El Grado (del embalse de Mediano a la cola del embalse de El Grado hay 2,5 km según CHE; 2008), ya estaría incluido en la parte de la cola del embalse de El Grado, dentro del municipio de Abizanda.

Aguas arriba de la estación de muestreo C.5, como se ha mencionado en el punto anterior, existen vertidos pertenecientes a poblaciones (Figura 20) que son recogidos por el río Yaga y que desemboca en el Cinca. Pero además, se vierten al río (y al embalse) directamente ciertos vertidos autorizados (Figura 23) de "agua residual urbana o asimilable" del Hotel Peña Montañesa, del camping Peña Montañesa, de la población Morillo de Tou, de una vivienda aislada, y "agua residual industrial" de la central hidroeléctrica "Laspuña".

También existen vertidos a otros afluentes del río Cinca de algunas poblaciones cercanas: Belsierre, Puyarruego, Las Huertas de Muro, el camping "Valle de Añisclo" y las aguas residuales industriales procedentes de un matadero en Escalona que vierten al río Bellós. Los vertidos de agua residual urbana de las poblaciones de Laspuña, El Casal y Ceresa que también acaba recogiendo el río Cinca indirectamente, así como los de Boltaña, su polígono industrial de "Troteras" (que vierten al Ara) o Griébal que vierte al río Nata (entre otros). Además hay numerosas captaciones de agua (tanto de pozos, manantiales o tomas) con diferentes usos en todo el tramo que producen un impacto en el río además de los ya existentes como la regulación o la recepción de vertidos de distinta naturaleza (Figura 23). Igual que en el punto anterior, a ésta altura de la cuenca ya se pueden encontrar un mayor número de suelos agrícolas y ganaderos. Ambos realizan un aporte de nitratos y otros nutrientes a las aguas que pueden generar una situación de eutrofia en las aguas.

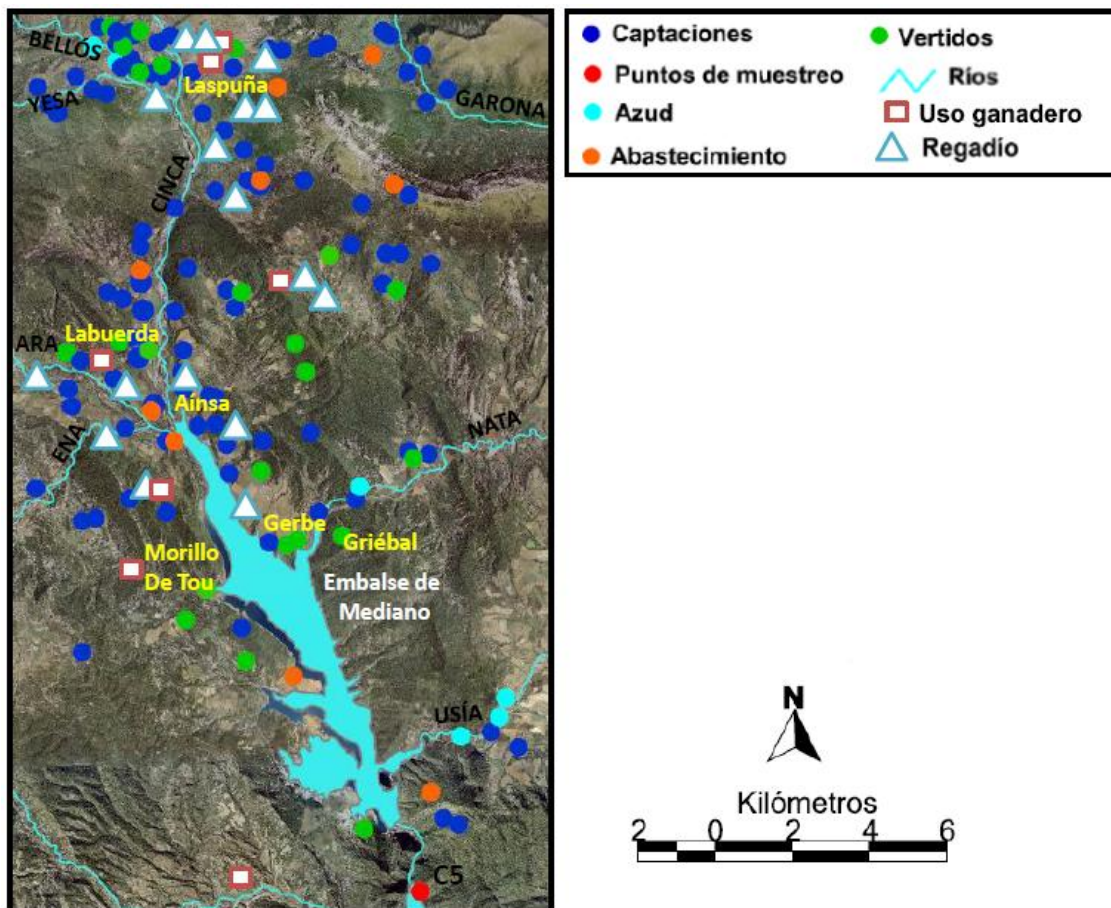


Figura 23. Mapa de localización del punto de muestreo C.5 "Mediano" y los principales impactos que afectan al río Cinca en la zona. Fuente: Elaboración propia mediante gvSIG.

Observaciones

El nivel de agua en el embalse en este punto fue muy elevado en todos los muestreos (sobre todo en primavera) excepto en otoño (Figura 21), por lo tanto en los tres últimos muestreos el lecho estaba formado por material fangoso (limo) ya que el agua ganaba terreno en el cauce. En verano incluso se observaron piragüistas. Y no se vieron macroinvertebrados pero sí renacuajos y peces (probablemente alevines de madrilla, trucha o barbo) y lo que resultaron ser (una vez analizadas en laboratorio con lupa binocular) dos larvas de tritón, que podrían pertenecer a una de las tres especies presentes en Aragón según Pérez Collados (2002): tritón pirenaico (*Euproctus asper*), el tritón palmeado (*Triturus helveticus*), o tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*).

C.6 El Grado



Figura 24. Detalle del punto de muestreo C.6 durante las cuatro estaciones del año. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: otoño, invierno, primavera y verano. La imagen del muestreo de otoño corresponde a la zona de aparcamiento ya que en ese momento llovía bastante y se decidió no bajar la cámara al punto de muestreo. Abajo se puede ver el río Cinca

Éste último punto (Figura 24), es el único englobado en la comarca del Somontano de Barbastro, situada, como su nombre indica en un piedemonte. En ésta zona existen flujos de agua subterránea procedentes de formaciones de baja permeabilidad, denominadas en la zona como *paules* (suelos húmedos) muy apropiadas para el cultivo, pero que con frecuencia van asociadas a suelos salinos, sódicos o alcalinos (Sánchez Navarro *et al.*, 1988).

El embalse de El Grado (Figura 25), situado aguas arriba del punto de muestreo C.6 (dentro del municipio de El Grado), se puso en funcionamiento en 1969, tiene capacidad para almacenar 400 hm³ (pero con un volumen útil de 246 hm³) y una superficie inundable de 1.270 ha (CHE, 2008). Su presa tiene una altura de 88 m y una longitud de 17 km. La tasa de renovación es de 2 a 5 meses. Su función es atender parte del sistema de riegos del Alto Aragón (al igual que el embalse de Mediano) a través del Canal del Cinca. También se aprovecha para producir energía eléctrica en las denominadas centrales de El Grado I y El Grado II (CHE, 2002a).

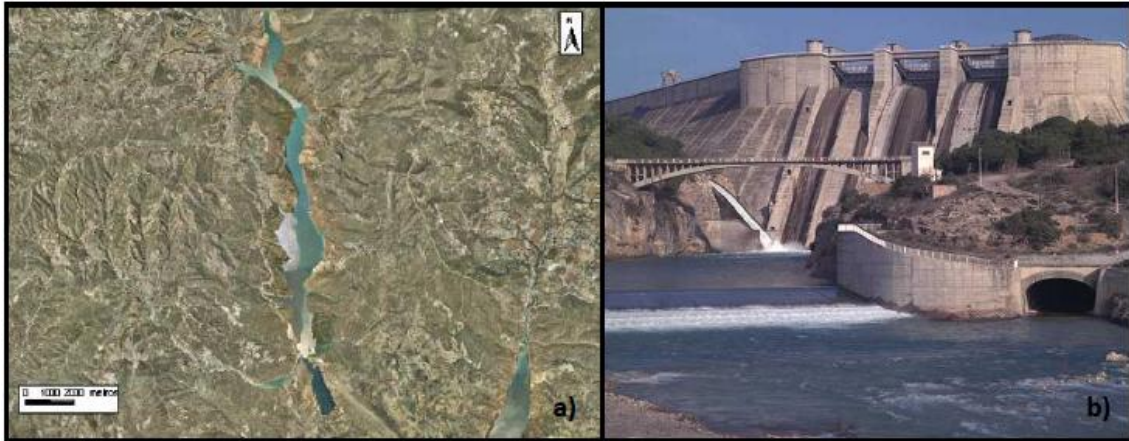


Figura 25. a) Vista aérea del embalse de El Grado (CHE, 2008); **b)** Presa del embalse de El Grado (geoportal SITEbro).

La explotación del embalse, deja un caudal mínimo insuficiente (no hay caudal de compensación oficial) que procede de los vertidos del aliviadero de fondo. El tributario principal es el río Cinca, aunque también recibe agua de pequeños afluentes y del río Susía en cuya cuenca tiene lugar una importante actividad ganadera. Hay poca presencia humana en la zona: el centro de vacaciones de Ligüerre de Cinca, el santuario de Torreciudad, Puy de Cinca y Mipanas.

Dentro del embalse predomina el régimen lento-profundo. La densidad de peces es baja y está compuesta por barbo de Graells, madrilla, perca americana (*Micropterus salmoides*), cacho (*Leuciscus idus*) y lucioperca. También la trucha común.

El Somontano se caracteriza por la instalación del carrascal mesomediterráneo (Predocchi-Renault, 1987) muy degradados y convertidos en gran parte en matorral de romero (Abós Castell, s.f.). La vegetación de la cuenca en este punto, es la que llega hasta la orilla del embalse y está formada por pinos (*Pinus halepensis*), quejigos (*Quercus faginea*) y encinas (*Quercus ilex*). Las zonas de matorral sirven de refugio a liebres, conejos, perdices y jabalíes. También hay algunas choperas de repoblación cercanas a las poblaciones. El estado de sus riberas es bueno porque no hay muchos accesos que lleguen al agua (CHE, 2002a).

Aguas abajo de la presa (de gravedad de planta curva) de este embalse, se encuentra situada la última estación de muestreo (C.6 El Grado) donde el valle se vuelve mucho más ancho y llano lo que conlleva muy pocas zonas de sombra. Los materiales que conforman el terreno son arcillas, margas y calizas del Eoceno en los laterales, y en la zona central de deposición: gravas, conglomerados y arcillas del Cuaternario. El cauce se vuelve muy uniforme en todo este tramo y su lecho está compuesto por cantos, gravas y algo de arena (en la estación de muestreo predominan los cantos). Este tramo tampoco se encuentra bajo ninguna figura de protección, e igual que el anterior, se encuentra totalmente regulado. Desde la presa de El Grado I hasta la salida de la central hidroeléctrica de El Grado II hay un caudal mínimo ecológico que disminuye, sin llegar a desaparecer, por las infiltraciones a través de la piedra caliza. Posteriormente, la

central de El Grado II devuelve parte del caudal al río, que aguas abajo, una piscifactoría (donde se cría trucha y esturión) vuelve a detraer parte (un 60% del agua en verano) (CHE, 2002a). Aunque esta actividad ya no afecta en este estudio ya que el punto C.6 se encuentra situado por encima de la piscifactoría "Viveros De Los Pirineos S.A".

Según CHE (2002a), el entorno cercano está ocupado por zonas dedicadas a explotaciones agrarias y la calidad paisajística de éste tramo es baja debido a la fuerte regulación hidrológica que modifica las características originales del río. En cuanto a fauna, aparecen moluscos y disminuyen los anuros. La especie más abundante aguas abajo de la presa de El Grado es la trucha (*Salmo trutta*), seguida de la especie introducida: trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Hay un coto de pesca intensiva en todo el tramo (hasta la desembocadura del Ésera). Es una zona frecuentada por la garza real (*Ardea cinerea*), que aprovecha la poca profundidad de este tramo para alimentarse, y la nutria (*Lutra lutra*) que no puede traspasar la presa y por ello habita en este tramo.

La vegetación de ribera es muy reducida y con muy pocas especies ya que los primeros 400 m bajo la presa de El Grado I se encuentran totalmente modificados y las riberas han sido excavadas. Hay sarga (*Salix elaeagnos*) y sauce orejudo (*Salix aurita*) y algunos ejemplares de higuera (*Ficus carica*). En las zonas con poco caudal los sauces invaden el cauce en busca de agua que no es muy abundante en algunos tramos ya que se infiltra en el terreno (CHE, 2002a).

De el mismo modo que en los puntos anteriores, también hay vertidos directos sobre el embalse de El Grado (Figura 26) de "aguas residuales o asimilables" procedentes de la población del Mesón de Ligüerre, del complejo de Aldea de Puy y de El Grado que afectan por lo tanto al último punto de muestreo (C.6). Además también existe un vertido de "agua residual industrial" procedente de un secadero de jamón. Pero también se deben tener en cuenta los vertidos indirectos de poblaciones cercanas como Escanilla, Secastilla, el Centro de Interpretación de la Vida en el Río Cinca, etc., que también se encuentran aguas arriba del punto C.6. Además el río se encuentra impactado por la explotación de sus aguas mediante varias captaciones (en su mayoría, tomas de agua) ya sean para riego, industria o abastecimiento de población y/o ganado junto con varios puntos de abastecimiento (acequias). El uso agrícola y ganadero va aumentando a medida se desciende por la cuenca del Cinca y aumentan los núcleos de población existentes. En éste tramo del río hay un gran número de zonas de regadío, principalmente en la zona aguas abajo del embalse de El Grado y por lo tanto, un mayor riesgo de contaminación por aporte excesivo de nutrientes al río.

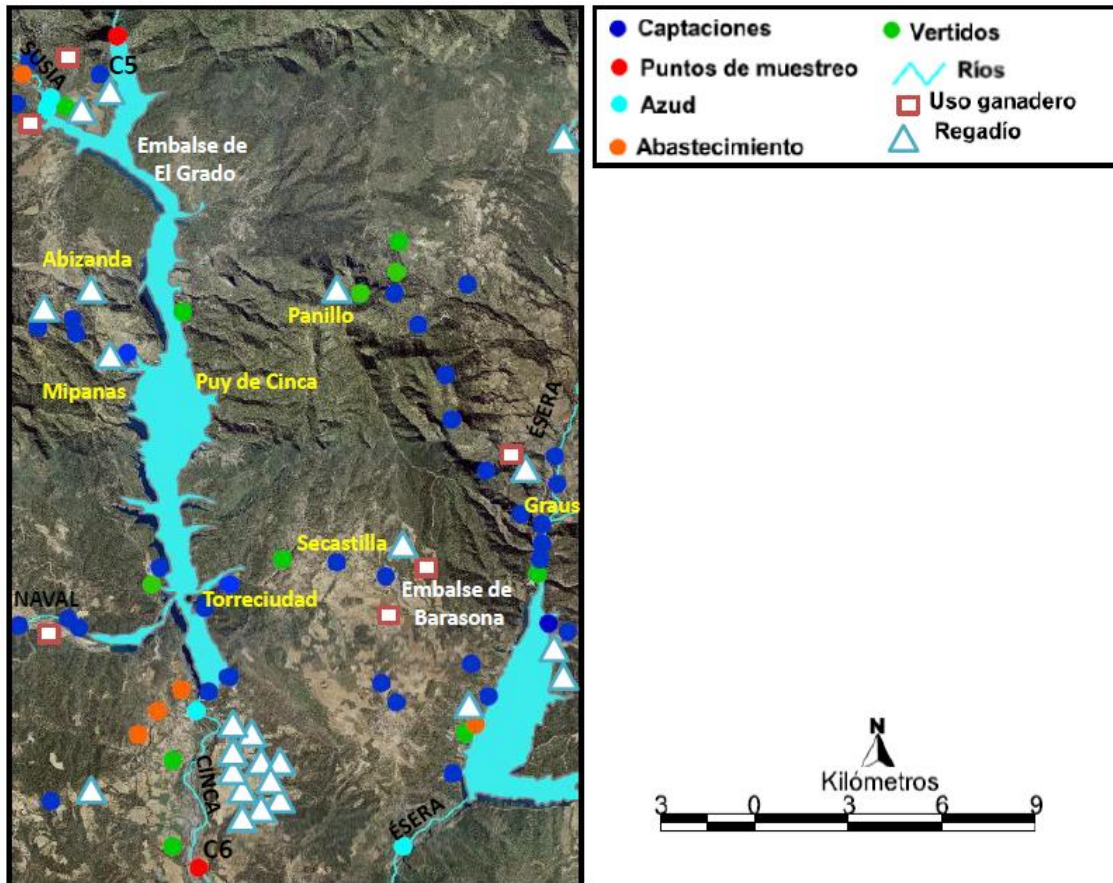


Figura 26. Mapa de localización del punto de muestreo C.6 "El Grado" y los principales impactos que afectan al río Cinca en la zona. Fuente: Elaboración propia mediante gvSIG.

Observaciones:

En el muestreo efectuado en otoño se capturó un cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*) en este punto. Esta especie introducida soporta niveles bajos de oxígeno, temperaturas altas y una notable contaminación del agua (Oscoz, 2012). En el lecho del río había un gran crecimiento de algas en ésta estación únicamente (Figura foto).

Esta estación de muestreo fue la que más cambió de una estación a otra su aspecto general. En el muestreo de otoño sus orillas eran extensas, sin embargo, tanto en invierno como en primavera el nivel del agua había subido considerablemente (dificultando el muestreo ya que además el agua bajaba con mucha fuerza), y finalmente en verano, la estación se había convertido en una poza con el fondo de cantos redondeados bastante grandes y limpios (sin perifiton), donde sus aguas no llevaban la menor corriente (de hecho al finalizar el muestreo se pudo comprobar que se utiliza como zona de baño por los habitantes de la zona). Se vieron ranas, cangrejo rojo (nuevamente) y muchos peces que teniendo en cuenta las especies que habitan en ésta zona podrían ser alevines de trucha común o trucha arcoíris.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Datos de caudal en el tramo de estudio

Para la obtención de los caudales se solicitaron los datos de éste parámetro al SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) de la Cuenca Hidrográfica del Ebro, quienes aportaron los datos de tres estaciones de aforo: Escalona (Figura 27), Mediano y El Grado (Figura 28). Con los datos que se obtuvieron se calcularon los caudales medios por año (2011, 2012 y 2013), y por estación y se compararon.

1. Cinca- Escalona

A pesar de que actualmente la comunicación de esta estación de aforo no se encuentra disponible (como se puede observar en la figura 27), sí se obtuvieron los datos necesarios para el periodo de tiempo que se solicitó.

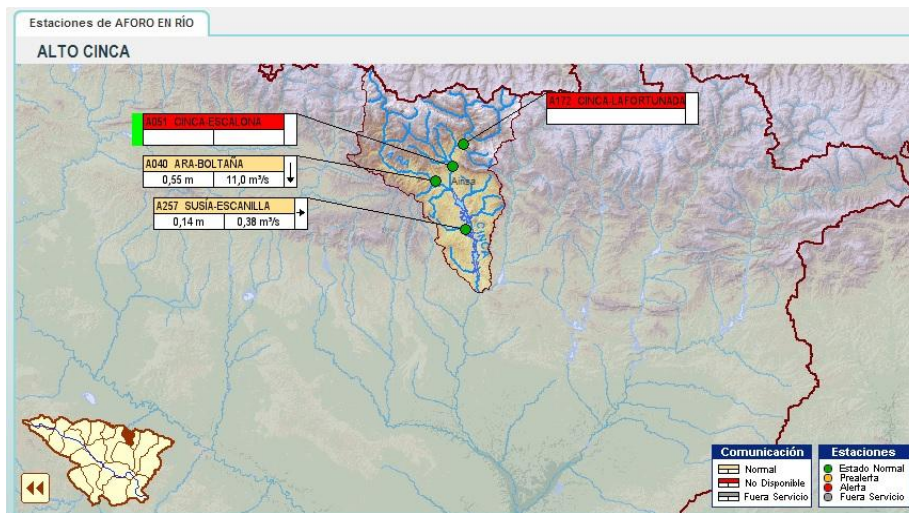


Figura 27. Localización de las estaciones de aforo en el Alto Cinca (SAIH Ebro).

2. Embalse de Mediano y de El Grado

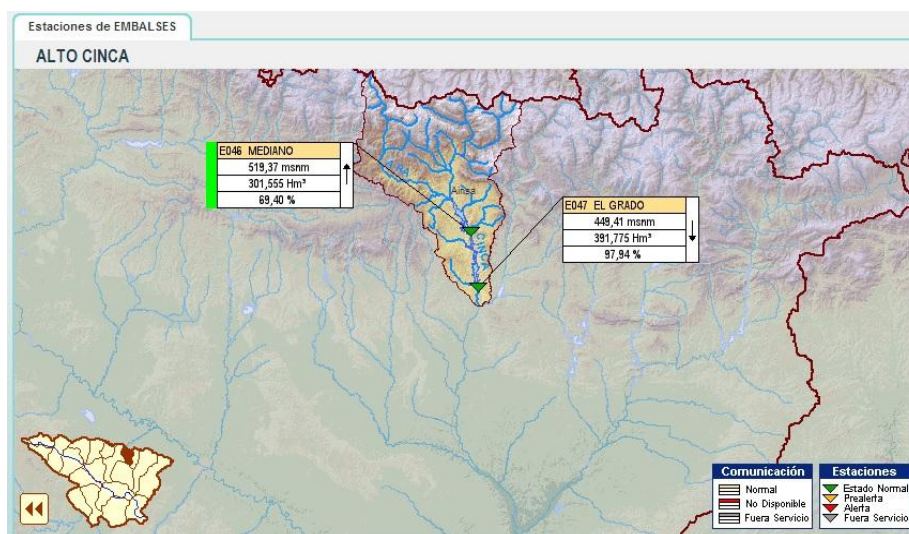


Figura 28. Localización de las estaciones de aforo en los embalses de Mediano y El grado (SAIH Ebro).

3.2 Parámetros físico-químicos

En cada uno de los seis puntos de muestreo establecidos a lo largo del río, se determinaron los parámetros (Figura 29; derecha): temperatura, pH, conductividad y concentración de oxígeno disuelto (en porcentaje y en mg O₂/l) *in situ* mediante una sonda multiparamétrica HQ30D (HACH-Lange, USA) (Figura 29; izquierda). Estas lecturas se realizaron siempre en tres zonas diferentes del mismo punto, situadas de la manera más equidistante posible (siempre y cuando las condiciones de acceso al cauce lo permitiesen) en cada estación de muestreo. El procedimiento a seguir fue el siguiente: la primera lectura se realizó en la zona más baja del río donde se iban a muestrear macroinvertebrados, la segunda, en medio, y por último, la tercera, aguas arriba. De esta forma, quedó representado todo el tramo de río perteneciente a cada uno de los seis puntos de muestreo, registrando tres lecturas por punto, y dieciocho lecturas por cada estación del año para cada parámetro.



Figura 29. Detalle de la sonda multiparamétrica (izquierda) y muestreo *in situ* de los parámetros físico-químicos en el punto C.3 "Salinas" (derecha) durante el muestreo de verano en el río Cinca.

3.3 Muestreo de perifiton y posterior tratamiento en laboratorio

Para recoger las muestras de perifiton y obtener a partir de ellas la concentración de clorofila bentónica se siguió el protocolo de Elosegui y Sabater (2009). En primer lugar, en cada punto de muestreo, se seleccionaron de dos a cinco piedras (para asegurar que se superase el límite de detección del método) sumergidas en tres zonas distintas del río y que fuesen representativas de dicho punto. Sobre estas piedras se colocó una plantilla de plástico con una superficie interna de 25 cm² y se recogió todo el material de la roca arrastrándolo mediante las cerdas de un cepillo de dientes (Figura 30). Éste material se introdujo en un vial de vidrio con agua destilada. Para limpiar el cepillo de dientes y

arrastrar los restos que quedasen en él, se lavó con el agua destilada contenida en un frasco lavador y se unió al resto de muestra en el vial.



Figura 30. Detalle del procedimiento para recolectar el perifiton sobre un área conocida de 25cm² mediante cepillo de dientes en el punto C.4 Laspuña durante el muestreo de otoño.

Una vez hecho esto, el vial (o los viales, ya que en algún punto de muestreo fueron necesarios varios recipientes) se etiquetó con un rotulador permanente haciendo constar: fecha, nombre del río, punto de muestreo y número de piedras utilizadas. El vial se envolvió en papel de aluminio para que quedase en total oscuridad y se guardó en una nevera de viaje para que se conservase hasta llegar al laboratorio.

El mismo día del muestreo, se filtraron las muestras de éstos viales mediante un filtro Whatman GF/F, quedando el material contenido en el filtro (Figura 31). Posteriormente, estos filtros se introdujeron en un vial de vidrio con un contenido de 10-20 ml de acetona al 90% hasta cubrir totalmente la muestra para extraer la clorofila.

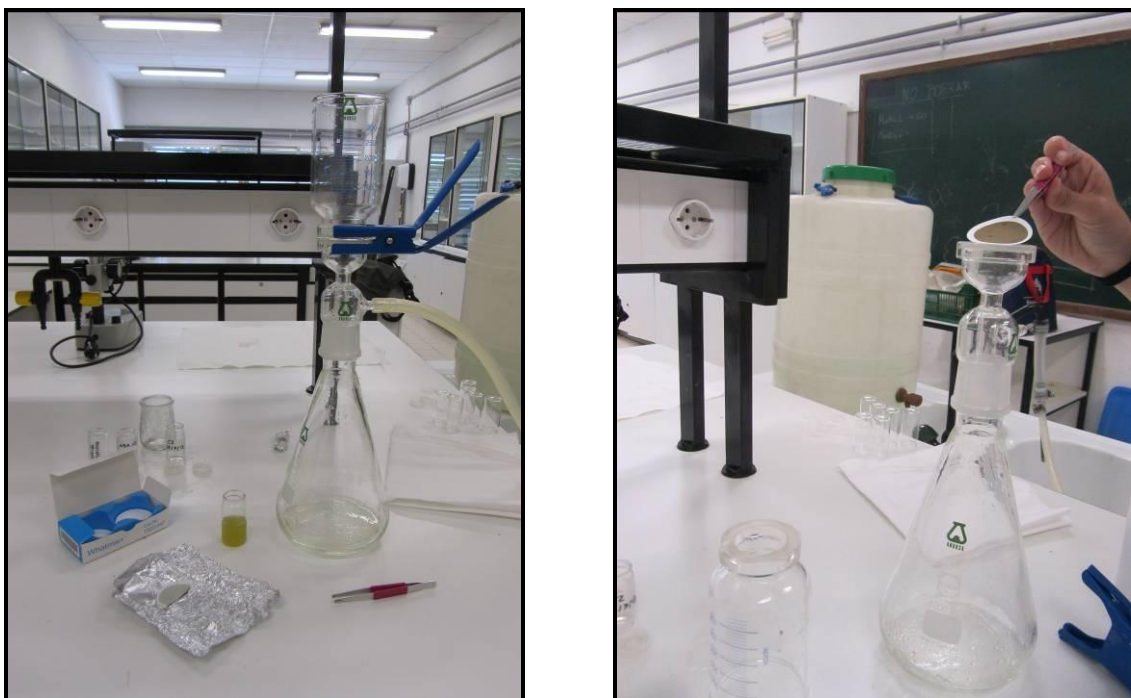


Figura 31. Detalle del filtrado de perifiton con filtro Whatman GF/F en laboratorio para obtener la clorofila bentónica después del muestreo de verano.

Los viales se etiquetaron y se dejaron en la nevera a una temperatura inferior a 4°C en oscuridad, envueltos en papel de aluminio durante 24 horas para que el disolvente orgánico extrajese la clorofila de las muestras. Una vez transcurrido este tiempo, se filtró el extracto con filtros Whatman GF/F para disminuir la turbidez y poder medir la absorbancia con un espectrofotómetro a distintas longitudes de onda (Figura 32). La clorofila-*a* absorbe principalmente a los 664 nm, la clorofila-*b* y clorofila-*c* a los 647 nm y 630 nm respectivamente, y la longitud de onda de 750 nm se usó para descontar la turbidez de la muestra (error del filtro) (William & Monghkonsri, 2002). Además, en las muestras de C.5 (Mediano) y C.6 (El Grado), y en primavera y verano en C.3 (Salinas), se midió la absorbancia a 440 nm para comprobar la presencia de sustancias húmicas (Domínguez Gómez *et al.*, 2012) puesto que presentaban un color con tonalidades marrones. Finalmente, las absorbancias se utilizaron para calcular la concentración por unidad de área con las fórmulas de Jeffrey & Humphrey (1975).

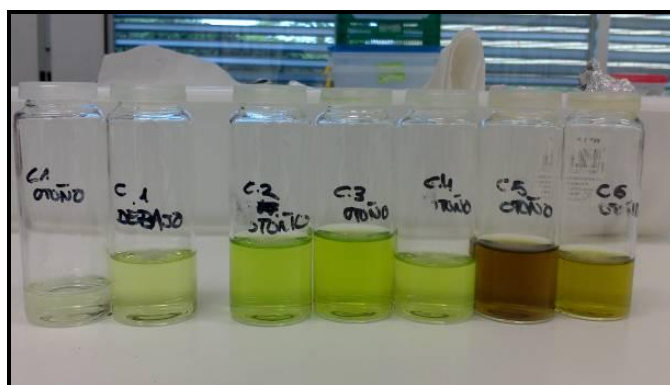


Figura 32. Detalle de los viales con la clorofila contenida en el perifiton de las muestras de otoño listas para ser medidas con espectrofotómetro. (Previamente añadida la acetona al 90% y pasadas 24h a baja temperatura y en oscuridad).

Todo este proceso se repitió cuatro veces (una vez por cada estación del año) y siempre recogiendo las piedras de abajo hacia arriba en el río para evitar enturbiar el agua y que afectase a las muestras.

A partir de los datos de concentración de clorofila-*a* en el bentos se determinó la situación trófica del río Cinca siguiendo la clasificación de Dodds *et al.*, (1998) (Tabla 3), establecida a partir de datos de más de 200 ríos templados de Norte América y Nueva Zelanda y muy aceptada entre la comunidad científica.

Clorofila bentónica (mg/m ²)	Estado trófico
< 20	Oligotrofia
20 -70	Mesotrofia
> 70	Eutrofia

Tabla 3. Rangos de referencia de clorofila bentónica (mg/m²) establecidos por Dodds *et al.*, (1998) para determinar el grado de eutrofia de un río.

3.4 Muestreo e identificación de macroinvertebrados

Para poder aplicar el IBMWP (explicado con más detalle en el apartado 3.5), en primer lugar se determinaron los puntos de muestreo de manera que fuesen representativos de la masa de agua evitando las zonas cuyo acceso entrañase un riesgo a la hora de llevar a cabo dicho muestreo. Se realizó un muestreo en cada estación del año ya que es lo deseable para reflejar la temporalidad (Alba-Tercedor *et al.*, 2005). De este modo, el procedimiento a seguir en los cuatro muestreos desde noviembre de 2012 hasta julio de 2013 fue el siguiente:

Para recolectar las muestras de macroinvertebrados se utilizó un vadeador con el que poder acceder al río a una determinada profundidad con mayor facilidad (impermeabiliza y protege de las bajas temperaturas), guantes de neopreno, una red de mano (o salabre) de superficie conocida (25 x 25 cm) y una red súrber de 30 x 30 cm. Ambas con malla de 500 μm de poro. Una vez en el río, se colocó la red de forma vertical y encarada a la corriente hasta tocar con el fondo y se removió el sustrato situado en el cuadrado de 0,5 m anterior a la boca de la red con la mano y/o botas (dependiendo de la profundidad y del tipo de sustrato) (Figura 33 y 34). De este modo, los macroinvertebrados eran arrastrados y entraban en la red.

En las zonas con aguas someras (<50 cm) se removió el sustrato con las manos principalmente, cogiendo las piedras de mayor tamaño y raspándolas para que los organismos se despegasen y entrasen en la red. Los depósitos más finos se removieron con manos o pies. Sin embargo en las zonas más profundas (50 cm- 1 m) fue necesario realizar la misma operación con los pies. En los casos en los el muestreo se hizo en zonas de remanso (como por ejemplo el punto C.5 Mediano en invierno, primavera y verano y el punto C.6 El Grado en verano) al no existir corriente, los macroinvertebrados no eran arrastrados dentro del salabre. En estos casos se procedió como en los anteriores, pero después de haber removido el sustrato se movió la red de un lado a otro para capturar a los organismos (Alba-Tercedor *et al.*, 2005).



Figura 33. Detalle del muestreo de macroinvertebrados en verano mediante red manual y rascado de piedras para recolectar individuos adheridos a ellas en el punto C.2 "Pineta". En la foto de la derecha (vista desde arriba), se puede observar la diferencia de color entre el sustrato del río en el área muestreada y en las zonas contiguas sin perturbación.



Figura 34. Muestreo de invierno en el punto C.6 "El Grado" en el río Cinca.

Cada uno de los seis puntos de muestreo de otoño e invierno, se realizó con una unidad de esfuerzo de 20 kicks repartidos en tres zonas. Con una duración de 2 minutos por kick. Sin embargo, en los sucesivos muestreos (primavera y verano) se disminuyó la unidad de esfuerzo a 10 kicks tras comprobar la alta cantidad de individuos que se recolectaron en los muestreos anteriores. Se creyó conveniente utilizar una unidad de esfuerzo menor y posteriormente equiparar los resultados para que los datos fuesen comparables.

Además, en el primer punto de muestreo, denominado "C.1" y correspondiente al Parador Nacional de Turismo de Bielsa, se observó en el primer muestreo la existencia de una pequeña tubería que procedía del hotel y vertía en las aguas del río Cinca justo al lado de la zona del punto de muestreo. Por ésta razón, el primer punto se decidió dividirlo en dos (también en los sucesivos muestreos), tomando la mitad de los kicks antes y la otra mitad después, para poder observar si había diferencias significativas entre ellos a causa de dicho vertido. De ahora en adelante se hará referencia a estos puntos como "C.1 Antes" y "C.1 Después".

La red se fue vaciando varias veces por cada punto de muestreo en bandejas de plástico para evitar que se colmatase y escapasen algunos de los macroinvertebrados capturados (Figura 35). Después, el contenido de las bandejas (piedras, arena, ramas, hojas, macroinvertebrados, etc.) se traspasó a unos botes de plástico herméticos con ayuda de agua del propio río. Se intentó utilizar la mínima cantidad de agua posible para que después, al añadir el conservante (alcohol al 70%, concentración final), no quedase muy diluido e hiciese su función. Las muestras se fijaron con alcohol inmediatamente después de la recolección para evitar la interacción entre organismos (depredación, etc.). Los macroinvertebrados que quedaban enganchados en la red se cogieron uno a uno con pinzas y se añadieron a la muestra.



Figura 35. Detalle del procedimiento de vaciado de la red (o salabre) con macroinvertebrados en las bateas (bandejas blancas) antes de su introducción en botes herméticos (abajo en la figura).

Al terminar el muestreo, cada muestra fue etiquetada con rotulador permanente (y celo encima del rótulo para evitar que se borrara) dejando constar: nombre del río, identificación del punto de muestreo y la fecha en que se llevó a cabo (p.ej: "río Cinca", "C.2", "24/05/2013").

Al terminar de muestrear en los seis puntos del río, la red se limpió a contracorriente por ambas caras en el propio río para evitar la contaminación de las muestras entre los diferentes puntos (y para no transportar organismos patógenos si los hubiese).

Una vez ya en el laboratorio, se guardaron las muestras debidamente etiquetadas en la nevera para una mejor conservación. Después, se procedió a la limpieza de todas ellas (7 botes por muestreo debido a la separación en dos botes diferentes de la muestra del primer punto). La limpieza consistió en ir echando pequeñas porciones de muestra en las mismas bandejas (de color blanco para encontrar con mayor facilidad los macroinvertebrados) utilizadas en los muestreos con un poco de agua y retirar en primer lugar, las piedras, hojas y ramas más grandes para facilitar la posterior recolección de individuos (Figura 36). De esta forma, se fueron seleccionando y recogiendo con pinzas uno a uno todos los macroinvertebrados y se traspasaron a unos viales pequeños de vidrio con alcohol (96%) para que se mantuviesen bien conservados hasta su identificación (Figura 37).



Figura 36. Detalle de dos muestras (punto C.1 "Parador de Bielsa" a la izquierda y punto C.6 "El Grado" a la derecha, ambas del muestreo de otoño) dentro de las bateas durante su limpieza (búsqueda de macroinvertebrados).



Figura 37. Detalle de la lupa binocular (izquierda) y los viales con los macroinvertebrados identificados hasta nivel taxonómico de familia (derecha).

Por último, se contaron e identificaron todos los macroinvertebrados hasta nivel taxonómico de familia (Figura 38) (que es el exigido por el IBMWP) con la ayuda de una lupa binocular y el apoyo de manuales de taxonomía como la guía de Macroinvertebrados de la Cuenca Hidrográfica del Ebro (Oscóz *et al.*, 2011), una guía de campo derivada de la misma (Oscóz, 2012) y el libro Tachet *et al.*, (2000).



Figura 38. Detalle de algunos macroinvertebrados recolectados de la familia *Perlidae* (izquierda) y *Athericidae* (derecha).

3.5 Cálculo de índices biológicos

- **IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party; Alba- Tercedor *et al.*, 2004)**

Para determinar el estado ecológico del río Cinca se llevó a cabo el método IBMWP. Éste índice es el adoptado como métrica de seguimiento biológico por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) para cumplir con las exigencias de la Directiva 2000/60/CE de la Unión Europea (Directiva Marco del Agua, DMA) que requieren la identificación de los elementos de calidad biológica, parámetros y métricas que permitan establecer el estado ecológico. El IBMWP consiste en un muestreo que incluya todas las familias de macroinvertebrados que habitan en el tramo de estudio.

El índice IBMWP utiliza los macroinvertebrados bentónicos porque son uno de los grupos más ampliamente usados como indicadores de calidad del agua desde hace décadas. Esto es debido a que tienen muchas de las cualidades que se espera de un indicador: elevada diversidad con taxones con requerimientos ecológicos diferentes, relacionados con las características hidromorfológicas, fisicoquímicas y biológicas del medio acuático. Además son el grupo dominante en los ríos e indican alteraciones a medio y largo plazo (Miserendino *et al.*, 1999; Segnini, 2003; Alba-Tercedor, 2005; Alonso, 2006).

Una vez se tuvo a todos los macroinvertebrados identificados se usó la hoja de cálculo del IBMWP (Anexo I, Figura 5) de la Confederación Hidrográfica del Ebro para obtener las puntuaciones asignadas a cada familia. La calificación final de cada punto de muestreo se obtuvo de la suma de la puntuación de todas las familias presentes en dicho punto. Las puntuaciones se agrupan en cinco clases de calidad que inicialmente se han asimilado a los niveles del estado ecológico (Alba-Tercedor *et al.*, 2005) (Tabla 4). Posteriormente se adaptó el valor del IBMWP en función al ecotipo de río al que pertenece cada tramo del río Cinca estudiado en éste trabajo (Tabla 5).

Estado Ecológico	IBMWP	Calidad
Muy bueno	>100	Buena. Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible
Bueno	61-100	Aceptable: Son evidentes algunos efectos de contaminación o alteración
Aceptable (=Moderado)	36-60	Dudosa: Aguas contaminadas (sistema alterado)
Deficiente	16-35	Crítica: Aguas muy contaminadas (sistema muy alterado)
Malo	<15	Muy crítica: Aguas fuertemente contaminadas (sistema fuertemente alterado)

Tabla 4. Puntuación IBMWP. Fuente: Modificado de Alba-Tercedor *et al.*, (2005).

Estado ecológico	Montaña mediterránea calcárea	Alta montaña	Baja montaña mediterránea	Montaña húmeda calcárea	Grandes ríos poco mineralizados
Muy bueno	>90	>110	>66	>100	>65
Bueno	71-90	86-110	56-65	81-100	56-65
Aceptable	55-70	66-85	41-55	61-80	41-55
Deficiente	25-54	35-65	20-40	31-60	20-40
Malo	0-24	0-34	0-19	0-30	0-20

Tabla 5. Valores del índice IBMWP para cada uno de los tipos presentes en la cuenca del río Cinca. Fuente: Modificado de CHE (2008).

- **Diversidad de Shannon-Weaver (1963)**

Este índice determina la diversidad de las familias de macroinvertebrados en un determinado hábitat.

Fórmula: $H' = -\sum P_i * \ln P_i$

Dónde: P_i = Abundancia relativa

- **Riqueza taxonómica (S) (Margalef, 1995)**

S = N° familias presentes

- **Equidad de Pielou (J') (1975)**

El índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima relación esperada.

Fórmula: $J' = H' / H'_{\text{máx}}$

Dónde: $\left\{ \begin{array}{l} H'_{\text{máx}} = \ln(S) \\ S = \text{riqueza específica (n° de familias)} \end{array} \right.$

Además se estudiaron varias características ecológicas o *traits* de las diferentes familias de macroinvertebrados para observar si seguían una distribución basada en los requerimientos ecológicos de cada grupo. Los *traits* considerados fueron: su estrategia trófica, la preferencia de microhábitat (tipo de sustrato), el grado de eutrofia que soportan dentro del río, la preferencia por un tipo de corriente u otro y la afinidad por una determinada altitud, según las referencias de Tachet *et al.*, (2000).

3.6 Metodología estadística

Con ayuda del programa estadístico R (versión R 2.12.2) y el paquete "R Commander" (Rcmdr), se realizó un test Shapiro-Wilk y un test de Barlett para contrastar la normalidad y la homogeneidad (repectivamente) de varianzas de los datos de las diferentes variables incluídas en el estudio: conductividad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, clorofila-*a*, abundancia, diversidad de Shannon, equidad de Pielou, índice IBMWP y riqueza taxonómica. Una vez comprobado si se cumplían o no ambos requisitos (normalidad y homogeneidad), se aplicó un método paramétrico (ANOVA) cuando éstos se cumplían, o un método no paramétrico (test de Kruskal-Wallis) en el caso de que alguno de los dos no se cumpliera. Una vez hecho el test ANOVA de la variable, si ésta resultaba ser no normal o no homogénea, se transformó aplicando el logaritmo neperiano o la raíz cuadrada, y se volvió a aplicar el test ANOVA. Pero cuando aun así, no cumplía con ambos requisitos (cuando no se podía transformar), es cuando se aplicó el test no paramétrico Kruskal-Wallis. Además, se hizo un test Post- hoc después de realizar las ANOVAS de cada variable. Estos métodos permitieron conocer si existían diferencias significativas entre los puntos de muestreo o entre las diferentes estaciones del año.

También se hizo un análisis de correlación de Pearson con el objetivo de determinar el grado de relación entre los índices de calidad y diversidad utilizados en este trabajo: IBMWP, diversidad, riqueza taxonómica, equidad y también, con la concentración de clorofila-*a*.

Finalmente, para analizar la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados en las muestras, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) con los paquetes de datos de R de "Rcmdr" y "ade4". El Análisis de Componentes Principales (PCA) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, su objetivo es reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible (Terrádez Gurrea, 2000). Para llevar a cabo dicho análisis se introdujo una tabla que contenía la abundancia de cada familia recolectada en cada punto de muestreo y estación.

Como complemento al PCA y para obtener una mayor información acerca de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados en el río Cinca, se calculó la abundancia EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*), y la abundancia de *Chironomidae* y *Oligochaeta*. Los taxones EPT, en general, son considerados indicadores de buena calidad de las aguas (con puntuaciones IBMWP entorno a 10), por el contrario, tanto los quironómidos (valor IBMWP=1) como los oligoquetos (valor IBMWP=2) son grupos tolerantes a la contaminación orgánica. Éstas métricas no se trataron de igual forma que los índices de calidad y diversidad, si no como un complemento explicativo del PCA para ampliar la información obtenida por éste.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis y comparación de caudales

Se comparó el promedio de caudal en 2013 con los dos años anteriores para cada una de las tres estaciones de aforo (Escalona, Mediano y El Grado). Esta comparación reflejó un caudal en el año 2013 notoriamente mayor que los dos años anteriores (Figura 39). Señalar también, que el caudal a la salida del embalse de Mediano y El Grado fue similar (tanto en 2011 como en 2012 y 2013) debido a que se encuentran muy regulados y a la poca distancia que hay entre ellos.

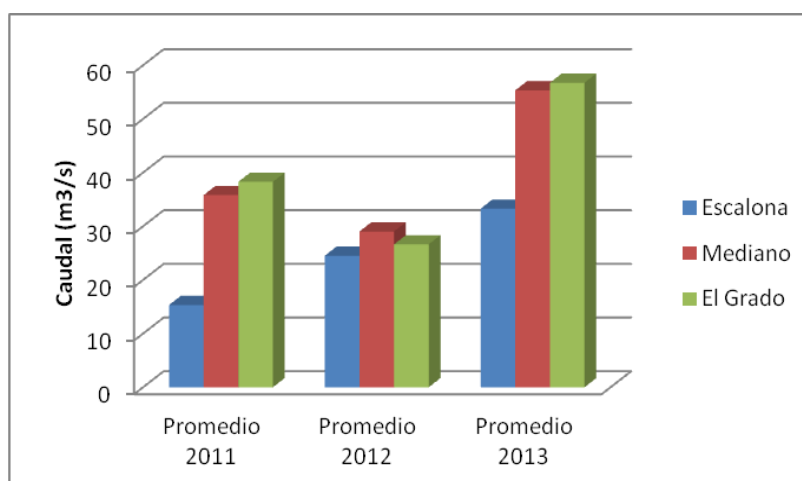


Figura 39. Caudal (m^3/s) promedio por año y estación de aforo. Fuente: Elaboración a partir de datos del SAIH.

Puesto que el estudio se realizó en el periodo de 2013, se analizaron con mayor detalle los datos de caudal promedio en éste periodo (Figura 40). Los caudales de los dos grandes embalses (Mediano y el Grado) fueron a la par a lo largo del año, registrándose la mayor diferencia de caudales entre ambos en otoño. La estación de aforo de Escalona registró datos de caudales menores a las otras dos estaciones que oscilan entre los 20 m^3/s y los 50 m^3/s . Además, las tres estaciones de aforo tuvieron su caudal mínimo en invierno, y su caudal máximo en primavera, tal y como cabría esperar del régimen natural del río. Merece la pena destacar el dato del caudal en verano, ya que lo esperable sería que fuese más bajo que en otoño por la dinámica estacional del río, pero como se deduce de la figura 40, no ocurre así.

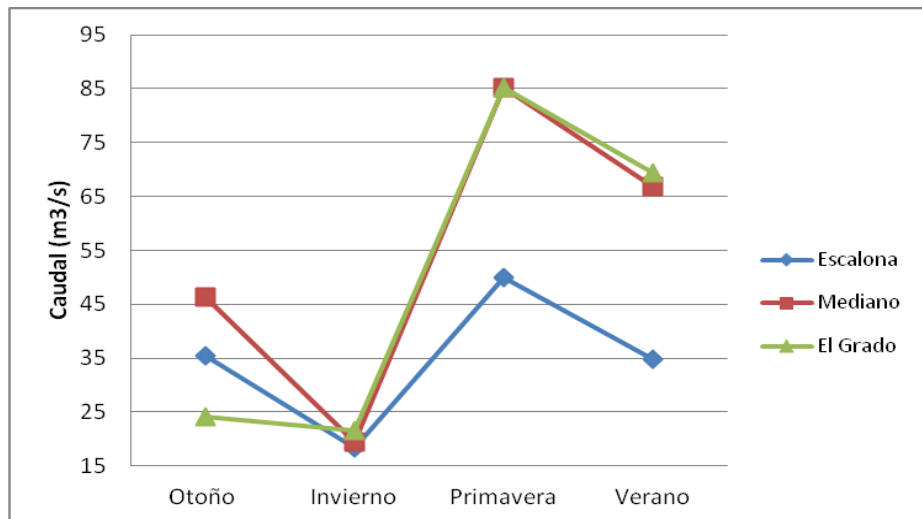


Figura 40. Caudal (m^3/s) medio medido durante el periodo de estudio (año 2013) en las diferentes estaciones de aforo para cada estación del año. Fuente: Elaboración a partir de datos del SAIH.

A continuación se analizó la evolución de los caudales en cada una de las estaciones de aforo por separado. Se comparó el caudal promedio en cada estación del año con el caudal exacto que se registró el día que se llevó a cabo el muestreo, observándose diferencias entre ellos.

Respecto a los caudales promedios, cabría esperar que hubieran sido mayores en otoño y primavera que en el resto del año ya que en invierno el agua en la cabecera de los ríos suele estar en forma de hielo y en verano hay una mayor tasa de evaporación por las altas temperaturas. Sin embargo, al analizar las gráficas se observó que esto solo se cumplía en la estación de Escalona (Figura 41) pero no en Mediano (Figura 42) y El Grado (Figura 43). En el embalse de Mediano y El Grado los mayores promedios de caudal se registraron en primavera y verano, indicando una alteración del régimen natural del río. Los caudales promedios de cada estación del año fueron muy similares entre las distintas estaciones de aforo (sobre todo entre Mediano y El Grado en los que prácticamente no varió).

Por otra parte, analizando los datos del caudal que bajaba por el río los días en que se realizaron los muestreos, se puede observar la fuerte oscilación de caudal que se produce en otoño variando desde lo más alto del río (Escalona) con $25,75 m^3/s$ hasta $60,8 m^3/s$ (en Mediano) y aguas abajo disminuye de nuevo hasta los $15,34 m^3/s$ en El Grado. Cabe destacar también el aumento de caudal que se produjo en primavera en El Grado, pasando de $39,17 m^3/s$ y $43,81 m^3/s$ en Escalona y Mediano respectivamente hasta los $77,77 m^3/s$ registrados en El Grado. Éste último dato coincide con el mayor caudal registrado en días de muestreo, seguido de los $64,4 m^3/s$ de Escalona en primavera.

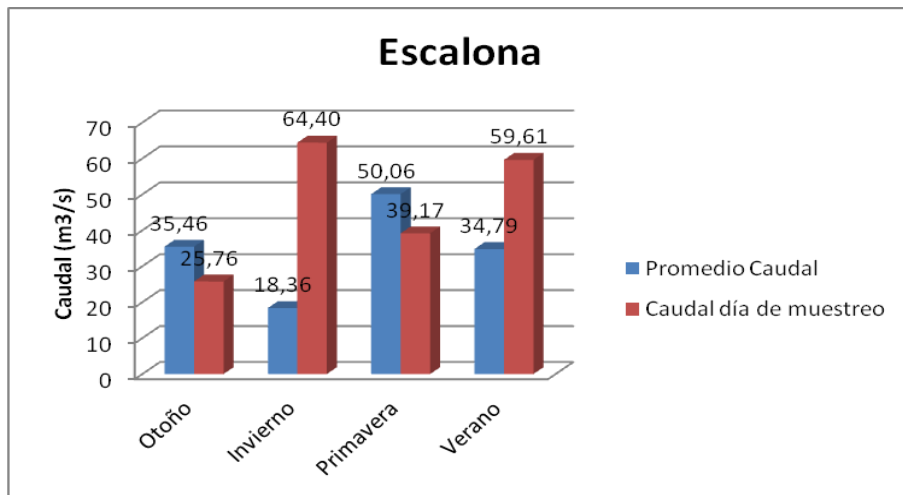


Figura 41. Caudal(m³/s) promedio del año 2013 frente al caudal del día de muestreo en la estación de aforo de Escalona. Fuente: Elaboración a partir de datos del SAIH.

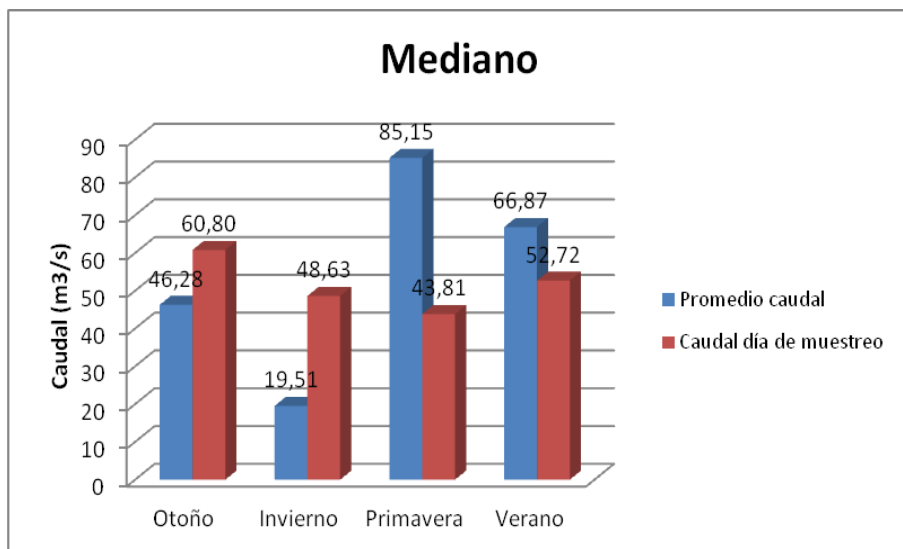


Figura 42. Caudal(m³/s) promedio del año 2013 frente al caudal del día de muestreo en la estación de aforo de Mediano. Fuente: Elaboración a partir de datos del SAIH.

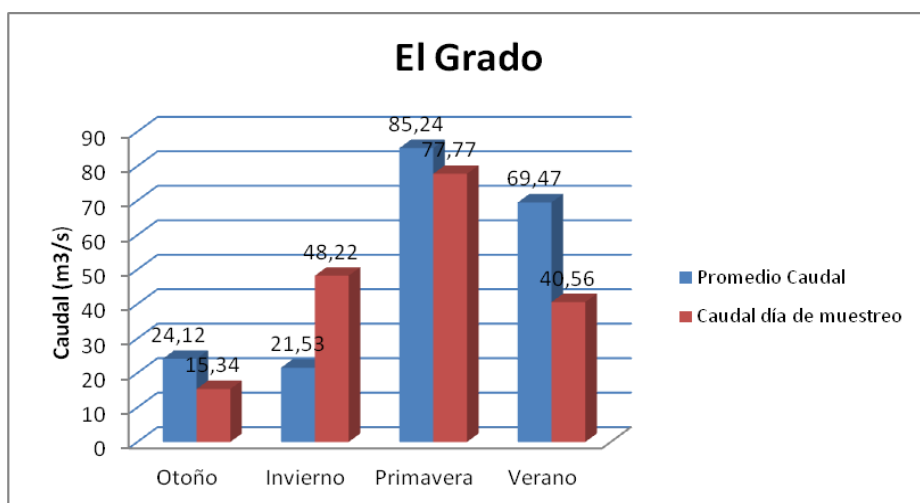


Figura 43. Caudal(m³/s) promedio del año 2013 frente al caudal del día de muestreo en la estación de aforo de El Grado. Fuente: Elaboración a partir de datos del SAIH.

4.2 Parámetros físico-químicos

Con el objetivo de conocer las características físicas y químicas del río Cinca, y en concreto del tramo de estudio, se han analizado los datos de los diferentes parámetros medidos a lo largo del año y su evolución tanto en el espacio como en el tiempo. Además, se presentan los gráficos de diagramas de caja en los que aparecen los datos de: Df: grados de libertad; F: valor del estadístico (en el caso de haberse aplicado un test ANOVA) o X^2 : valor del estadístico (en el caso de haberse aplicado un test Kruskal-Wallis); p: p-value.

• Temperatura

Las gráficas dan una visión clara de la situación. A lo largo de todo el año la variación térmica del agua fue de 5,9°C (mínima en otoño y primavera) a 24,07°C (máxima en verano) (Figura 44). Durante el verano, como era de esperar, se dieron las temperaturas más altas en la totalidad de los puntos de muestreo, oscilando entre una mínima de 10°C y 24°C, particularmente en los dos últimos puntos: Mediano y El Grado.

El resto de estaciones del año, en todos los puntos de muestreo, la temperatura se situó entre unos valores de 6°C y 14°C. Destacar también que la temperatura más baja en todas las estaciones del año se registró en el primer punto de muestreo. La tendencia general de éste parámetro es a ir subiendo conforme descendemos en el río.

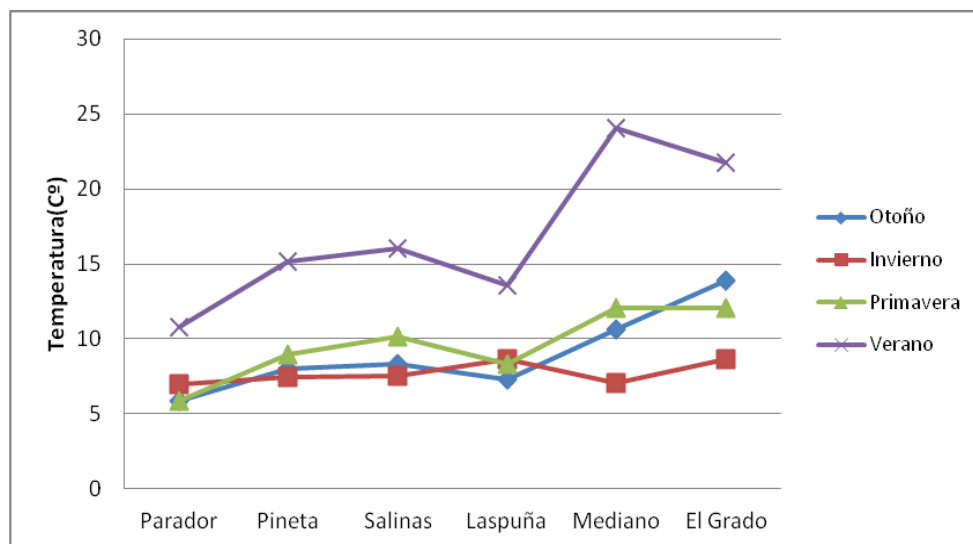


Figura 44. Temperatura (°C) en las diferentes estaciones del año y puntos de muestreo.

Para poder ver la distribución que seguía ésta variable, se hizo un análisis estadístico en el que la temperatura resultó ser una variable no normal, pero sí normalizable (se transformó aplicándole el logaritmo neperiano). A continuación se hizo un test ANOVA que dio como resultado la existencia de diferencias significativas entre las distintas estaciones del año (ANOVA, $p < 0,001$) (Figura 45), pero no entre puntos de muestreo (ANOVA, $p > 0,05$) (Figura 46).

Para ver cuáles son estas diferencias entre las estaciones, se acudió a los diagramas de caja en los que se observó que la temperatura media sigue un orden lógico estacional siendo mayor en verano que en el resto de estaciones. Además hay una menor dispersión de datos en invierno y primavera ya que para ambos coincidió su temperatura máxima con su percentil 75%, y en el caso del invierno prácticamente también coincidió su mínima con su percentil 25%, lo cual indica que dispone de datos muy agrupados. Esta diferencia entre estaciones del año fue suficiente para que también se reflejase en el test Post- hoc.

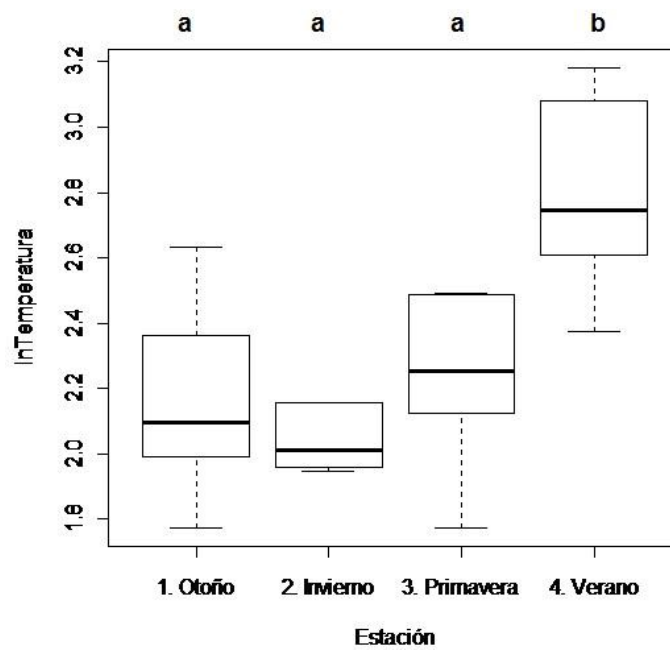


Figura 45. Diagramas de caja de la temperatura (°C) en las diferentes estaciones del año. Datos transformados a logaritmo neperiano. Test ANOVA (Df=3; F= 10,24; p= 0,0002689). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

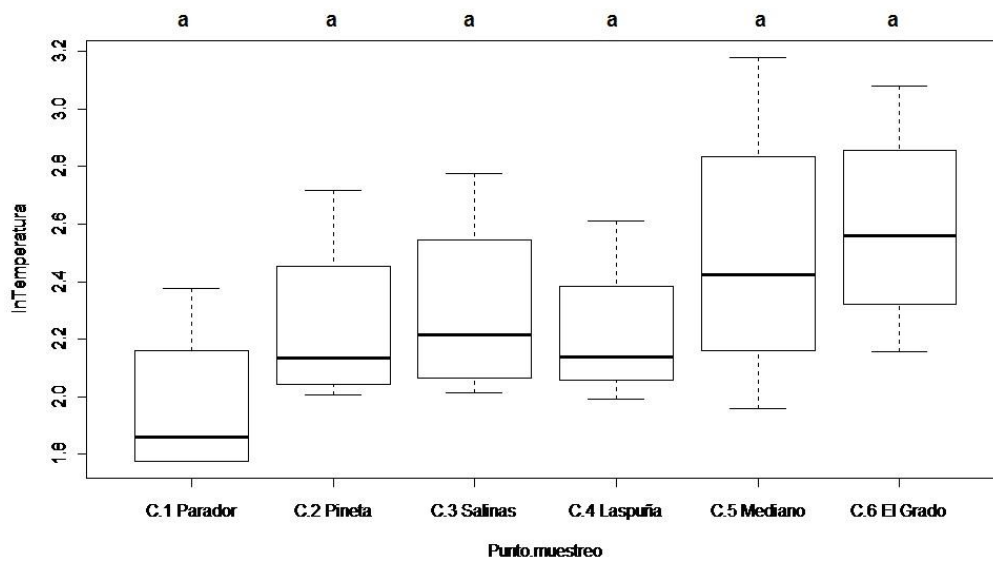


Figura 46. Diagramas de caja de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en los diferentes puntos de muestreo. Datos transformados a logaritmo neperiano. Test ANOVA ($Df=5$; $F= 1,5$; $p= 0,24$). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

• Conductividad

La conductividad en el tramo osciló entre los $100\text{-}520 \mu\text{S/cm}$ (Figura 47). En el embalse de El Grado la conductividad aumentó considerablemente en todas las estaciones del año con valores entre $300\text{-}520 \mu\text{S/cm}$, siendo la más elevada en otoño. Otro dato interesante a destacar es el rango de datos de invierno en todo el tramo de estudio, ya que al compararlo con el patrón que siguió la conductividad el resto del año, fue totalmente diferente. La conductividad en esta estación del año bajó en los puntos de Pineta, Salinas y El Grado, y subió en Laspuña (con un pico de $400 \mu\text{S/cm}$), al contrario que pasó en otoño, primavera y verano. Se produce un aumento de la conductividad conforme descendemos en el río (Figura 47 y 49).

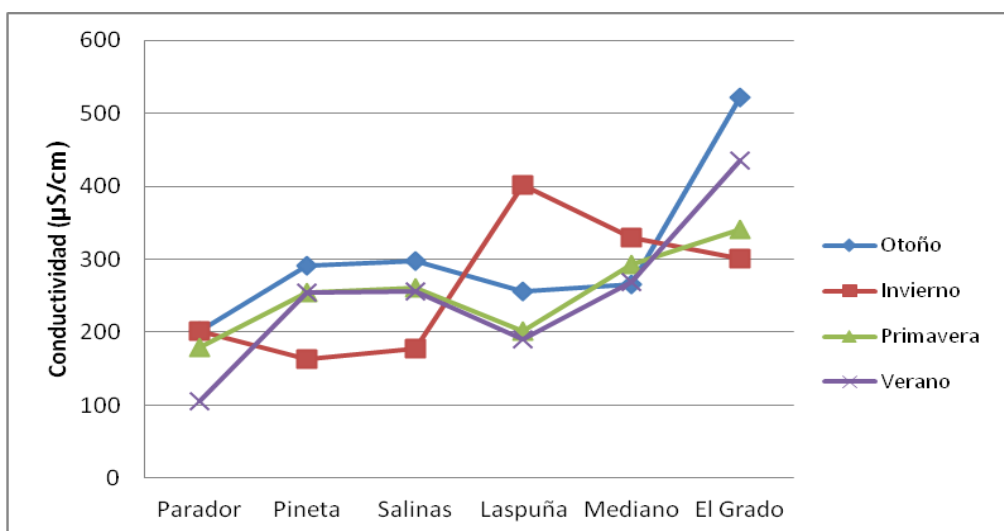


Figura 47. Conductividad ($\mu\text{S/cm}$) en las diferentes estaciones del año y puntos de muestreo.

La conductividad no mostró diferencias significativas entre estaciones del año (ANOVA, $p > 0,05$), pero sí entre los puntos de muestreo (ANOVA, $p < 0,05$).

Cabe destacar que el diagrama de caja referente al factor "Estación" (Figura 48) reflejó dos datos atípicos: dato 7= 522 $\mu\text{S}/\text{cm}$ correspondiente a El Grado en otoño y dato 28= 435,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ correspondiente a El Grado en verano (valores más altos de conductividad de todo el periodo de estudio). Y una mayor dispersión de los datos en invierno. En el diagrama de caja elaborado para el factor "Punto de muestreo" (Figura 49) se observó una progresión continua de la conductividad, produciéndose un aumento de la misma desde el primer punto de muestreo hasta el último.

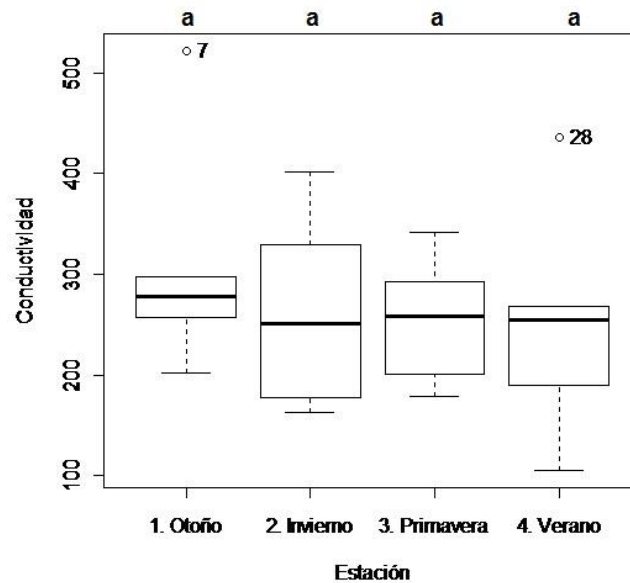


Figura 48. Diagramas de caja de la variable conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en las diferentes estaciones del año. Datos no transformados. Test ANOVA ($Df=3$; $F= 0,41$; $p= 0,7456$). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

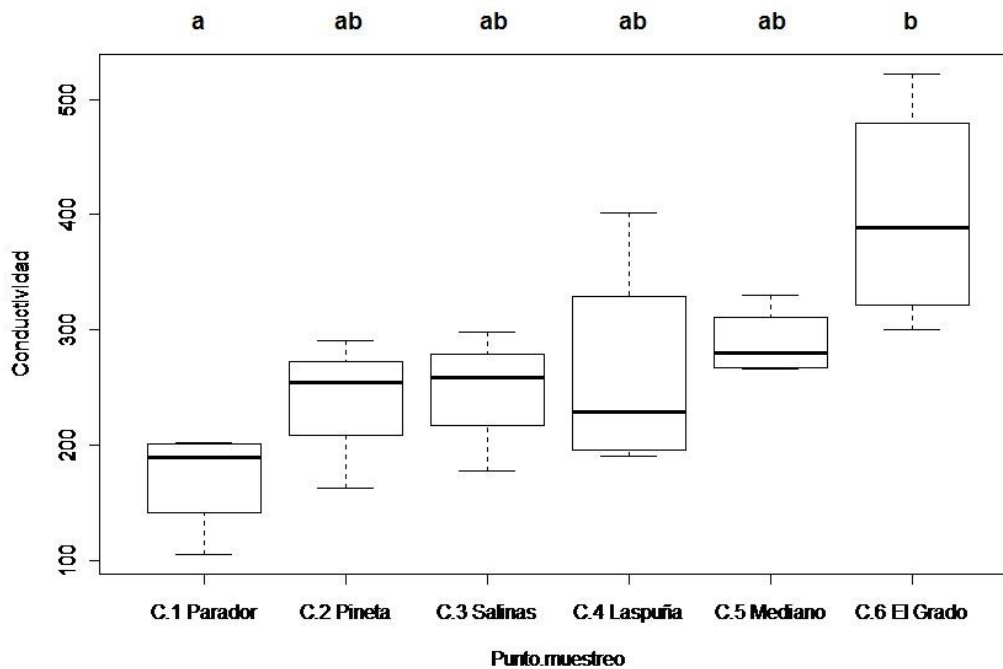


Figura 49. Diagramas de caja de la variable conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para los diferentes puntos de muestreo. Datos no transformados. Test ANOVA ($Df=5$; $F= 4,90$; $p=0,005297$). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

- **Oxígeno disuelto**

En este caso, se observaron valores entre 9-13 mg/l de O_2 disuelto en el agua entre los puntos de muestreo del Parador de Bielsa y pasado el embalse de Laspuña (Figura 50) lo que indicó una concentración muy buena para la mayoría de vida animal en ríos. Ésta concentración disminuyó un poco en los dos últimos puntos correspondientes al embalse de Mediano y El grado. La estación del año que registró menor oxigenación en sus aguas fue el verano, y por el contrario, en otoño es cuando más oxigenadas se encontraban (Figura 52). La relación inversa entre el oxígeno disuelto y la temperatura se observa claramente a lo largo del ciclo anual: a mayor temperatura, menor contenido en oxígeno (Figura 51). De éste modo, la evolución de éste parámetro sigue lo esperado con una tendencia a ir disminuyendo desde la cabecera hasta la desembocadura.

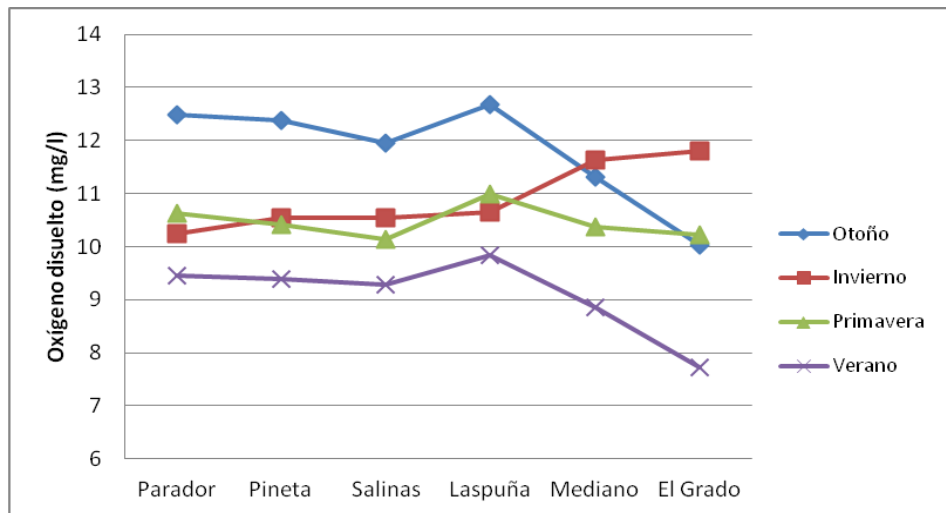


Figura 50. Oxígeno disuelto (mg/l) en las diferentes estaciones del año y puntos de muestreo.

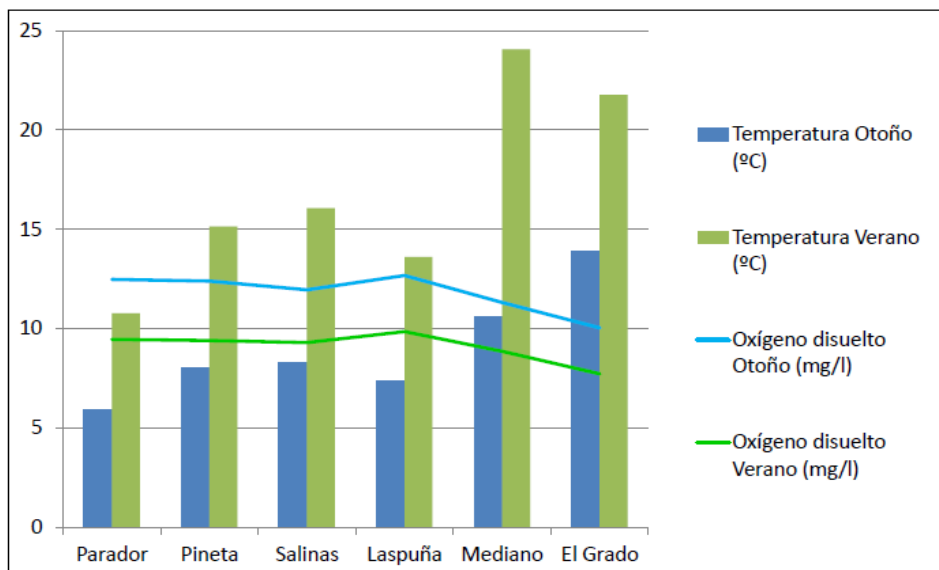


Figura 51. Comparación de la tendencia de las variables temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/l) en otoño y verano.

Se obtuvieron diferencias significativas entre las diferentes estaciones del año (ANOVA, $p < 0,001$), pero no entre puntos de muestreo (ANOVA, $p > 0,05$).

Las diferencias fueron suficientes para que el test Post-hoc en el factor "Estación" mostrara diferencias entre estaciones. Se obtuvo un dato atípico en verano en El Grado (dato 28= 7,71 mg/l) que correspondió con el valor más bajo de oxígeno disuelto registrado en todo el periodo de estudio. En primavera los datos estuvieron más concentrados que en el resto de estaciones ya que oscilaron entre 10,14 mg/l y 10,98 mg/l.

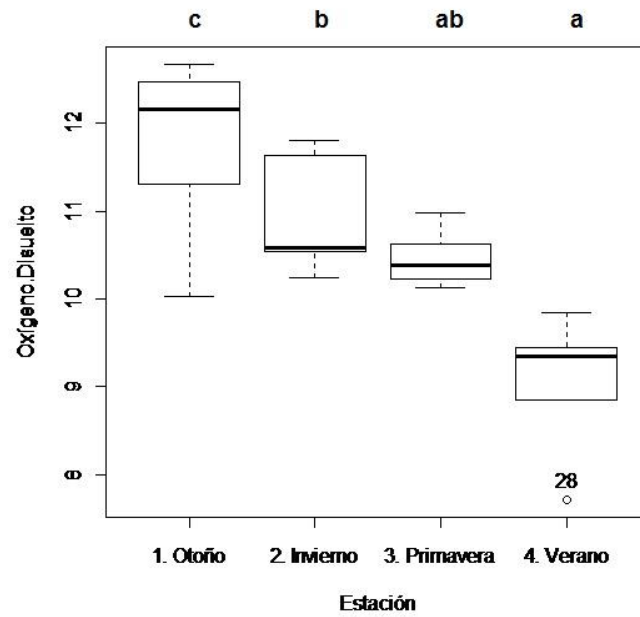


Figura 52. Diagramas de caja de la variable oxígeno disuelto (mg/l) en las diferentes estaciones del año. Datos no transformados. Test ANOVA ($Df=3$; $F= 14,85$; $p= 2,56 \cdot 10^{-5}$). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

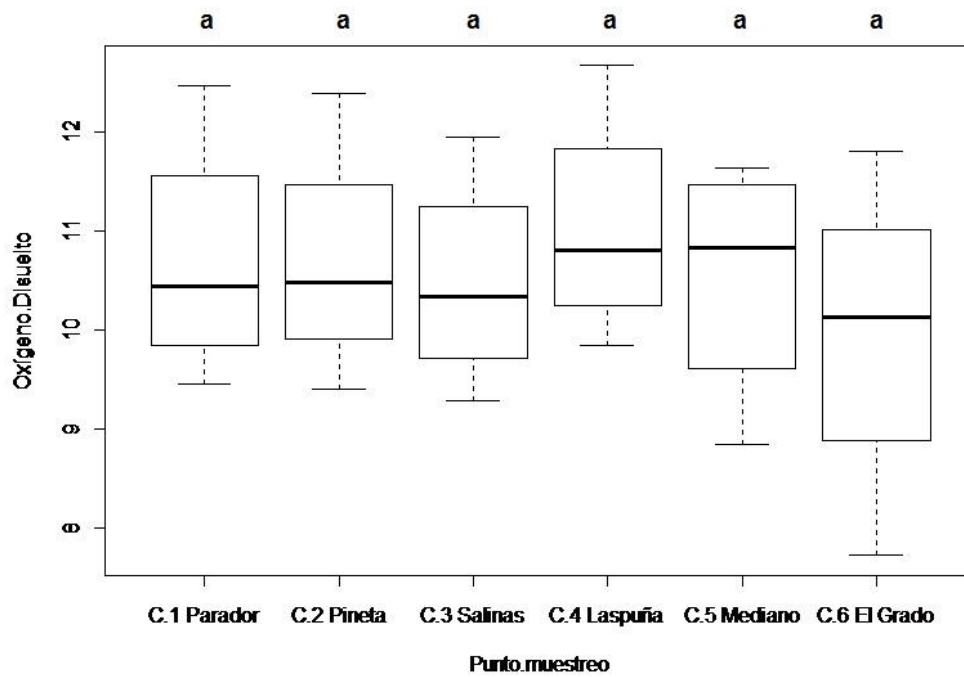


Figura 53. Diagramas de caja de la variable oxígeno disuelto (mg/l) en los distintos puntos de muestreo. Datos no transformados. Test ANOVA ($Df=5$; $F= 0,30$; $p= 0,905$). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

- pH

El pH tomó valores de 8 a 8,9 (Figura 54). Apenas experimentó variaciones a lo largo del tiempo ni del espacio. Las mayores diferencias en éste parámetro entre los distintos puntos de muestreo se dieron en verano, obteniendo sus mínimos al inicio y final del tramo de estudio (a su vez, los valores mínimos anuales) y su máximo en el punto de Salinas (a su vez, el valor máximo anual).

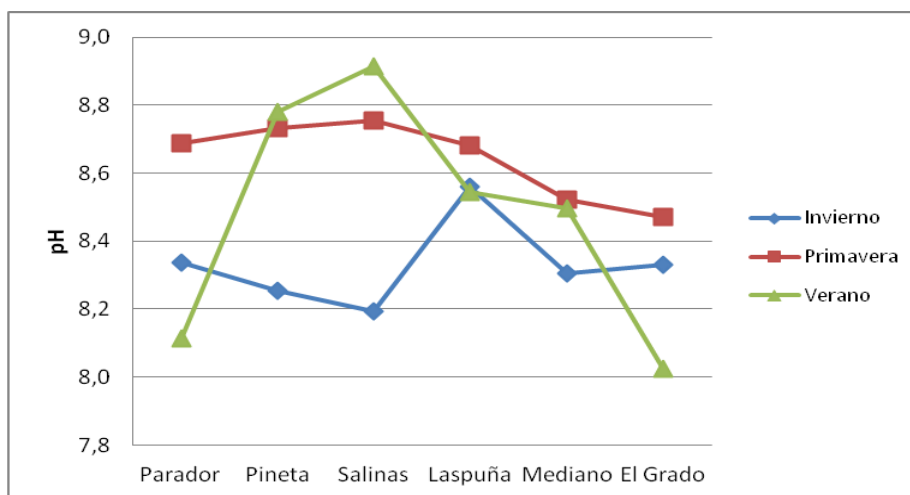


Figura 54. pH en las diferentes estaciones del año (excepto en Otoño) y puntos de muestreo.

El pH resultó ser una variable no normal ni normalizable, y por lo tanto se aplicó el test no paramétrico Kuskal-Wallis. Este test reveló que no existían diferencias significativas para ninguno de los dos factores estudiados: "Estación" (Figura 55) y "Punto de muestreo" (Figura 56) (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$).

En los diagramas de caja para el factor "Estación" (Figura 55) hubo un dato atípico en invierno en Laspuña (dato 12= 8,56) que corresponde al valor de pH más elevado en esta estación del año. En otoño no hay caja porque como se ha explicado en la metodología, todavía no se disponía de la sonda adecuada para medir éste parámetro durante el primer muestreo.

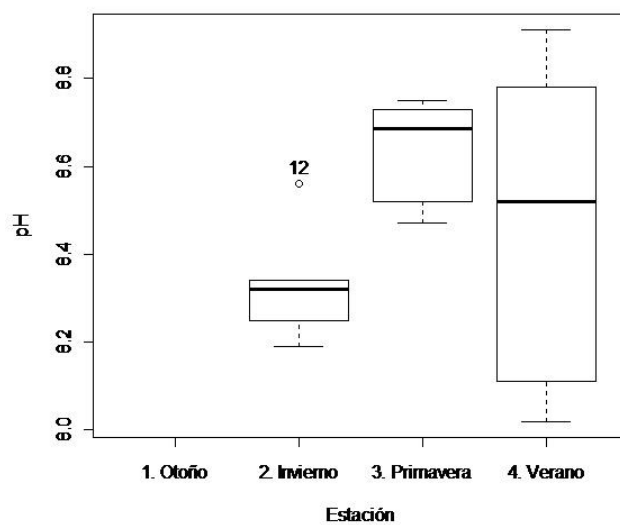


Figura 55. Diagramas de caja de la variable pH en las diferentes estaciones del año. Datos no transformados. Test Kruskal-Wallis (Df =2; $X^2 = 4,46$; $p = 0,108$).

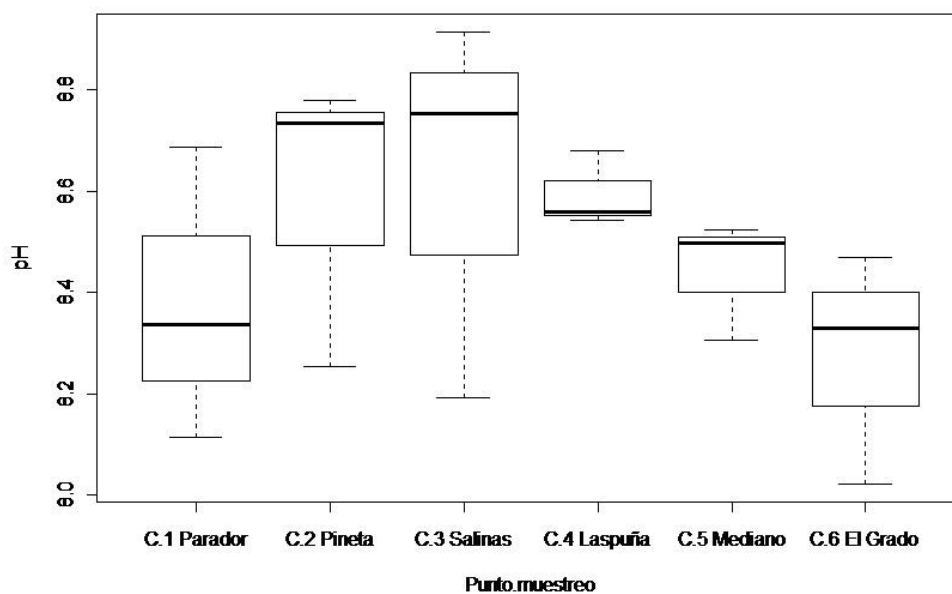


Figura 56. Diagramas de caja de la variable pH para los diferentes puntos de muestreo. Datos no transformados. Test Kruskal-Wallis (Df =5; $X^2 = 4,88$; $p = 0,43$).

4.3 Análisis de la cantidad de clorofila bentónica y del estado trófico del río

4.3.1. Cantidad de clorofila bentónica

Como se ha explicado anteriormente en la metodología, se analizó la concentración de clorofila bentónica a partir del perifiton de las rocas asentadas en el sustrato del río. Los datos más relevantes pertenecen a los de la clorofila-*a* (Figura 57), la más abundante de los tres tipos de clorofila en los organismos que contienen cloroplastos, con valores pico en Salinas en primavera (96,93 mg/m²) y verano (91,5 mg/m²), seguidas de El Grado en otoño (25,85 mg/m²) y aguas abajo del embalse de Laspuña en invierno (24,87 mg/m²). Por otra parte, donde menor concentración de clorofila hubo, fue en el Parador de Bielsa en verano, antes de la tubería que vierte al río (0,40 mg/m²), en invierno en el punto de Salinas (0,63 mg/m²) y en el punto de El Grado (0,60 mg/m²).

Mientras que la clorofila de tipo *b* y *c* que se encuentra mayoritariamente en macrófitos y algas respectivamente, no mostraron, en general, una información relevante. Sin embargo, vale la pena señalar los dos picos que aparecen en Mediano (Figura 57a) para ambas clorofilas, coincidiendo con los dos valores más altos de medida de la absorbancia a 440 nm. Sus valores máximos en todo el año se dieron en otoño (9 mg/m² de clorofila-*b* y 16,94 mg/m² de clorofila-*c*). Así pues, fue a la clorofila-*a* a la que se dedicó un análisis más exhaustivo.

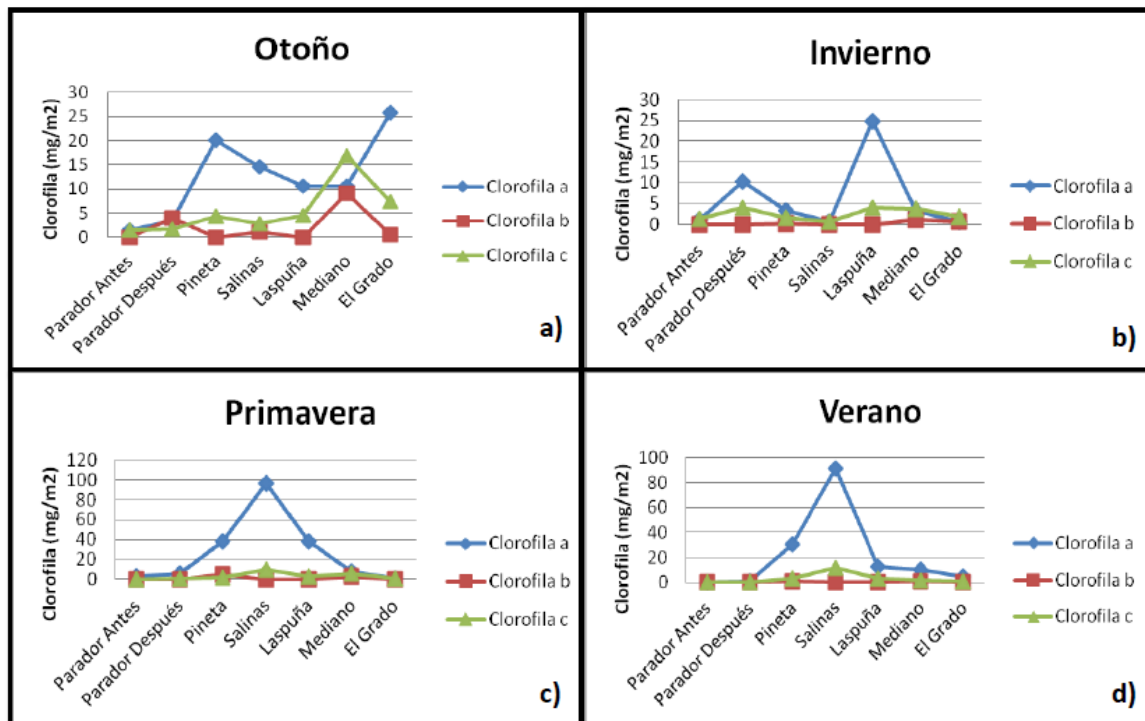


Figura 57. Cantidad (mg/m²) de clorofila-*a*, clorofila-*b*, y clorofila-*c* en los distintos puntos de muestreo y estaciones del año: a) otoño; b) invierno; c) primavera; d) verano.

Debido a que los datos de clorofila-*a* no cumplían con los requisitos de normalidad y homogeneidad, se transformó la variable, calculando el logaritmo neperiano de la misma. Mostró diferencias significativas entre los diferentes puntos de muestreo (Figura 59) donde se refleja un aumento de clorofila-*a* en el tramo central del río (ANOVA, $p < 0,05$), pero no entre las estaciones del año (Figura 48) (ANOVA, $p > 0,05$). Sin embargo, al aproximarse tanto el *p*-valor a 0,05, el test Post-hoc no consideró que las diferencias fueran suficientes como para asignarles una letra distinta.

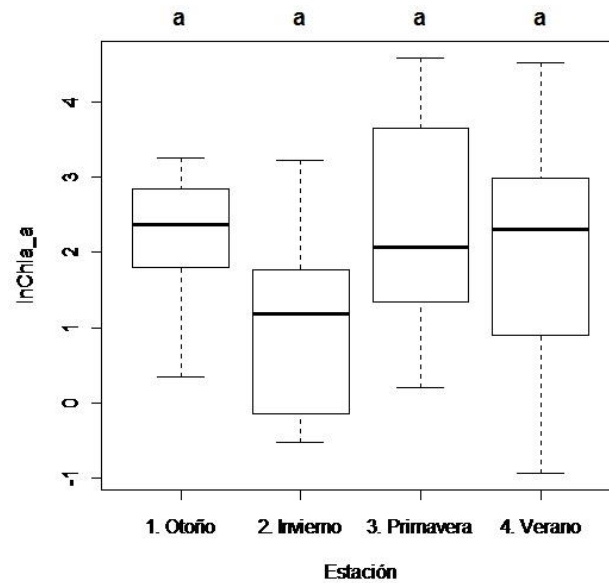


Figura 58. Diagramas de caja de la clorofila-*a* en las diferentes estaciones del año. Datos transformados a logaritmo neperiano. Test ANOVA (Df= 3; F= 1,15; $p = 0,3482$). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

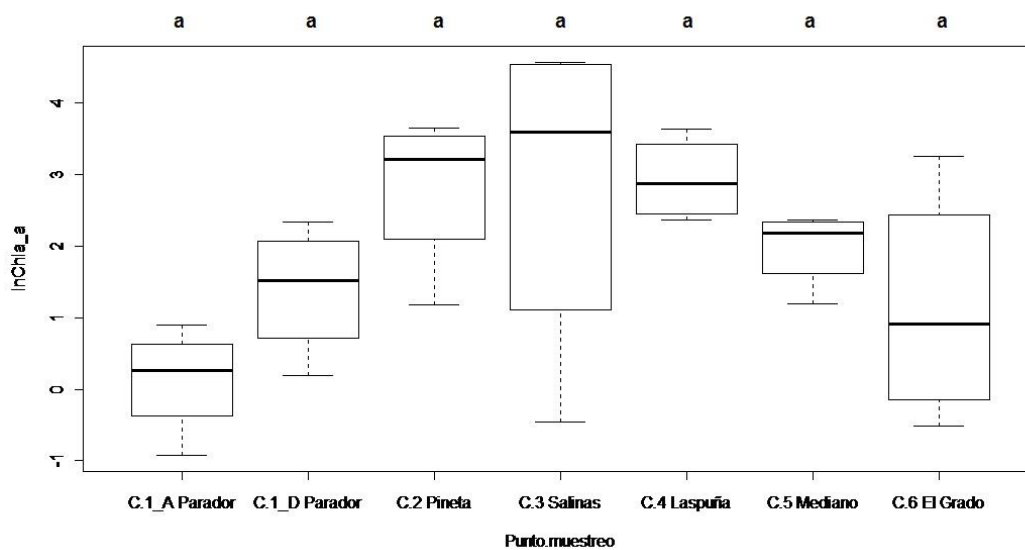


Figura 59. Diagramas de caja de la clorofila-*a* en los diferentes puntos de muestreo. Datos transformados a logaritmo neperiano. Test ANOVA (Df= 6; F= 2,71; $p = 0,04155$). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

4.3.2 Estado trófico del río

De acuerdo a la clasificación de Dodds *et al.*, (1998) se puede afirmar que el tramo estudiado del río Cinca es en su mayor parte, oligotrófico (Figura 60). Tanto en el punto de muestreo "C.1 Parador antes" como "C.1 Parador después" y "C.5 Mediano" en las cuatro estaciones del año presentaron oligotrofia. Por otro lado, el punto "C.2 Pineta" resultó ser mesotrófico (excepto en invierno que mostró oligotrofia). Otros dos puntos que presentaron mesotrofia son "C.4 Laspuña" (en otoño y verano es oligotrófico y en invierno y primavera mesotrófico) y "C.6 El Grado" (oligotrófico en invierno, primavera y verano, pero mesotrófico en otoño). El único punto de todo el tramo que presenta eutrofia en dos de las estaciones (primavera y verano) es "C.3 Salinas", mientras que en otoño e invierno es oligotrófico.

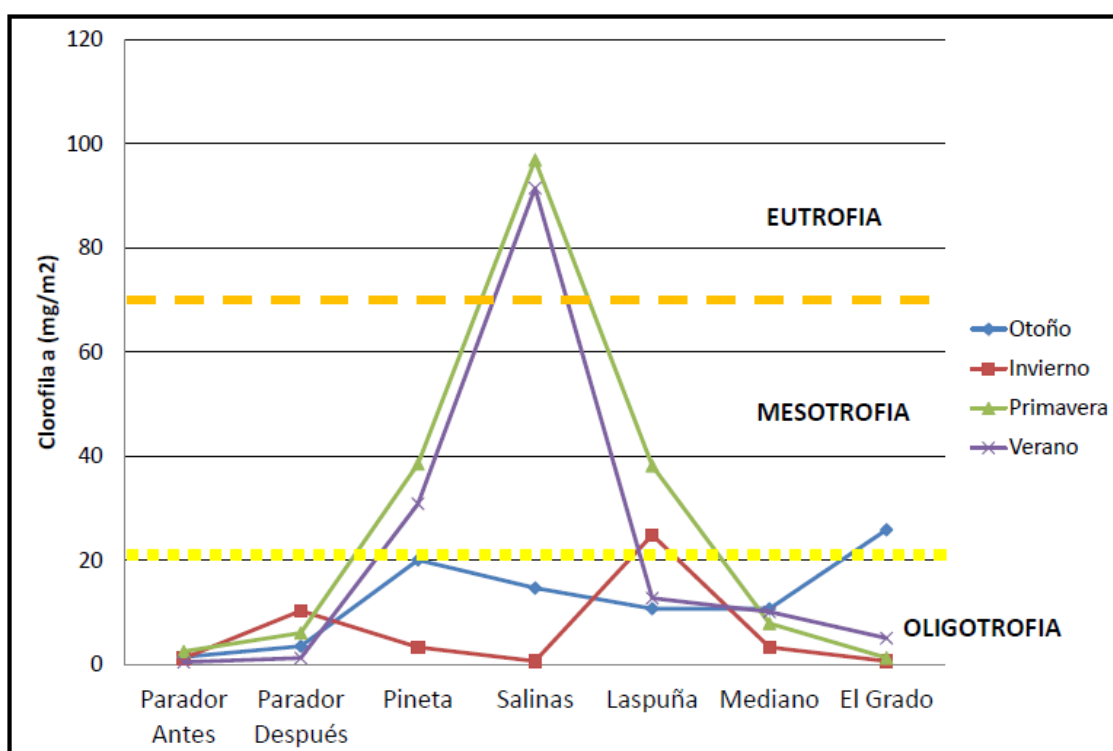


Figura 60. Clorofila-a (mg/m^2) en las distintas estaciones del año y puntos de muestreo.

4.4 Índices biológicos

4.4.1 Análisis de los índices de calidad y diversidad de las aguas

- **IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party)**

El índice biótico IBMWP señala que hay una mayor calidad ecológica en los puntos de Pineta y Laspuña (Figura 61), en los que en al menos en dos de los cuatro muestreos se registraron valores superiores a 100, lo cual indica un estado ecológico de las aguas "Muy bueno". En El Grado también se da el valor de 112 en otoño.

Por el contrario, la peor calidad se obtuvo en el embalse de Mediano con los valores más bajos de IBMWP (entre 6 y 22), sin contar con el valor de IBMWP en verano en el punto de El Grado que es cero debido a que en el muestreo no se recolectó ningún ejemplar de macroinvertebrado.

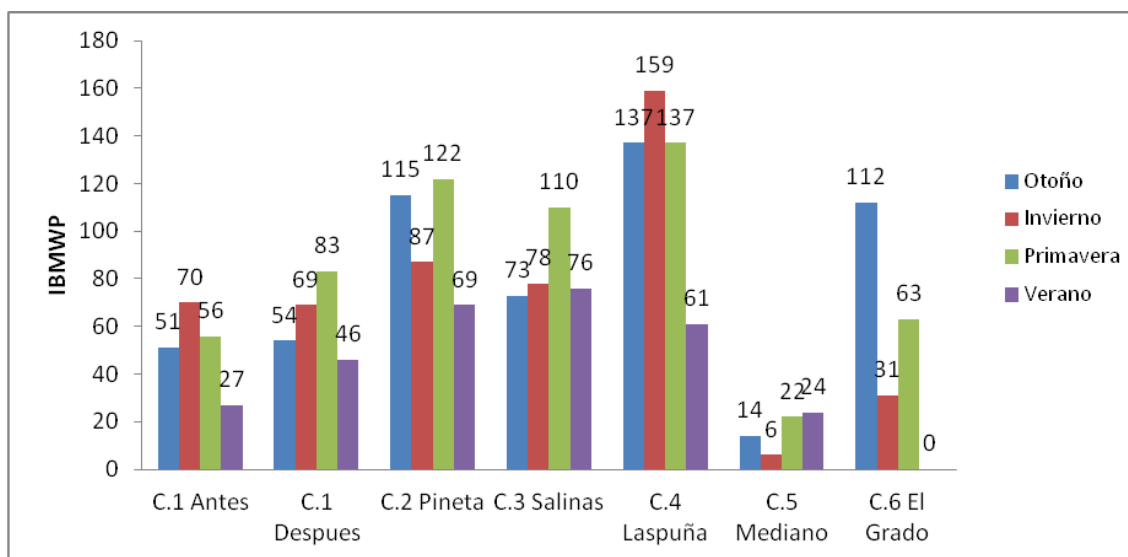


Figura 61. Índice IBMWP en los distintos puntos de muestreo y estaciones del año en el río Cinca.

La variable IBMWP resultó ser normal sin necesidad de transformarla. Se dieron diferencias significativas entre puntos de muestreo (Figura 63) (ANOVA, $p < 0,001$), pero no entre estaciones (Figura 62) (ANOVA, $p > 0,05$). En los diagramas de caja para el factor "Estación" en invierno en el punto de muestreo de Laspuña aparece un dato atípico en (dato 12=159) que resulta ser el valor más alto del IBMWP que se da en todo el periodo de muestreo.

Los dos puntos de muestreo con mayores diferencias según el test Post-hoc son Laspuña y Mediano, que corresponden con el punto que mayor calidad ecológica tiene, y el que menor, respectivamente (Figura 61 y Tabla 7).

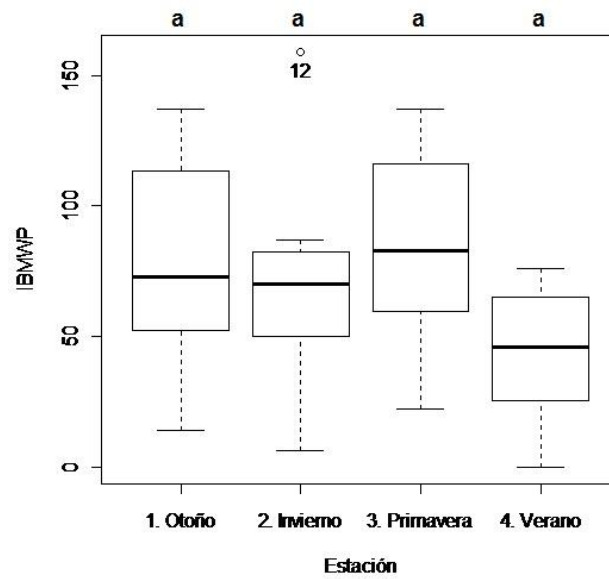


Figura 62. Diagramas de caja del índice IBMWP en las diferentes estaciones del año. Datos no transformados. Test ANOVA (Df= 3; F= 1,43; p= 0,2574). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

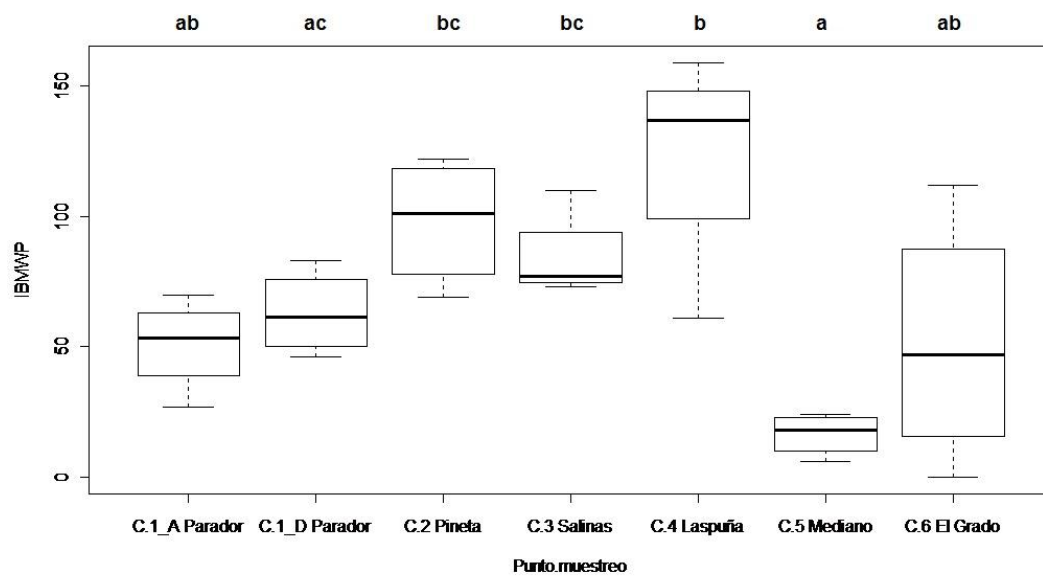


Figura 63. Diagramas de caja del índice IBMWP en las diferentes puntos de muestreo. Datos no transformados. Test ANOVA (Df= 6; F= 6,13; p= 0,0007832). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

Evolución del estado ecológico del río mediante el índice IBMWP

La tabla 6 muestra la clasificación del estado ecológico en cada punto de muestreo (dependiendo de la estación) basado en la clasificación IBMWP general (Tabla 4) sin tener en cuenta el ecotipo al que según CHE (2008) pertenece cada tramo de río.

Punto de muestreo	Estado ecológico en Otoño	Estado ecológico en Invierno	Estado ecológico en Primavera	Estado ecológico en Verano
C.1_Antes	Aceptable	Bueno	Aceptable	Deficiente
C.1_Despues	Aceptable	Bueno	Bueno	Aceptable
C.1	Bueno	Bueno	Bueno	Aceptable
C.2	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno
C.3	Bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno
C.4	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
C.5	Malo	Malo	Deficiente	Deficiente
C.6	Muy bueno	Deficiente	Bueno	Malo

Tabla 6. Estado ecológico de los puntos de muestreo en las diferentes estaciones del año en el río Cinca según el índice IBMWP. La línea de C.1 corresponde a dicho punto de muestreo en su conjunto, teniendo en cuenta las familias presentes tanto en C.1_A como en C.1_D.

Sin embargo, se ha querido mostrar la tabla obtenida al tener en cuenta el reescalado de las clases de IBMWP según los tipos de regiones ecológicas propuestas por CHE (2008) (Tabla 5), para apreciar las diferencias entre ambas y comprobar la importancia de adecuar los índices y sus métricas a las diferentes zonas de estudio con características concretas.

Punto de muestreo	Estado ecológico en Otoño	Estado ecológico en Invierno	Estado ecológico en Primavera	Estado ecológico en Verano
C.1_Antes	Deficiente	Aceptable	Deficiente	Malo
C.1_Despues	Deficiente	Aceptable	Aceptable	Deficiente
C.1	Aceptable	Buena	Buena	Deficiente
C.2	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Aceptable
C.3	Aceptable	Aceptable	Bueno	Aceptable
C.4	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Deficiente
C.5	Malo	Malo	Malo	Malo
C.6	Muy bueno	Deficiente	Aceptable	Malo

Tabla 7. Estado ecológico de los puntos de muestreo del río Cinca en las diferentes estaciones del año teniendo para cada tipo de tramo de río según la región ecológica en la que se encuentra. La línea de C.1 corresponde a dicho punto de muestreo en su conjunto, teniendo en cuenta las familias presentes tanto en C.1_A como en C.1_D.

Si se compara la tabla 6 con la tabla 7 (que tiene en cuenta las diferentes regiones ecológicas) el resultado de la clasificación es más estricto en ésta segunda tabla. Los puntos de muestreo en muchos casos empeoran su clasificación del estado ecológico, y esto es debido a que este reescalado de valores es más estricto para los tramos de "Alta montaña" al cual pertenecen los cuatro primeros puntos de muestreo. Seguido de los de "Montaña húmeda calcárea" (puntos C.5 y C.6) y "Montaña mediterránea calcárea". Los

valores de referencia menos estrictos se establecen para los tramos de río de "Baja montaña mediterránea" y "Grandes ríos poco mineralizados".

De la tabla 7 se deduce que la mejor calidad ecológica en el río Cinca la podemos encontrar durante la estación de otoño y la peor en verano, donde todos los puntos fueron clasificados como "Aceptables", "Deficientes" o "Malos".

- **Diversidad de Shannon-Weaver**

La mayor diversidad de familias se encontró en el punto de muestreo de Laspuña durante el invierno y la primavera, seguidos de la diversidad en El Grado en otoño (Figura 64). Se debe considerar también que la diversidad en el punto C.1 si se analiza en su conjunto, obtiene una elevada diversidad también (sobre todo en primavera), similar a los puntos de Laspuña y El Grado (datos no mostrados).

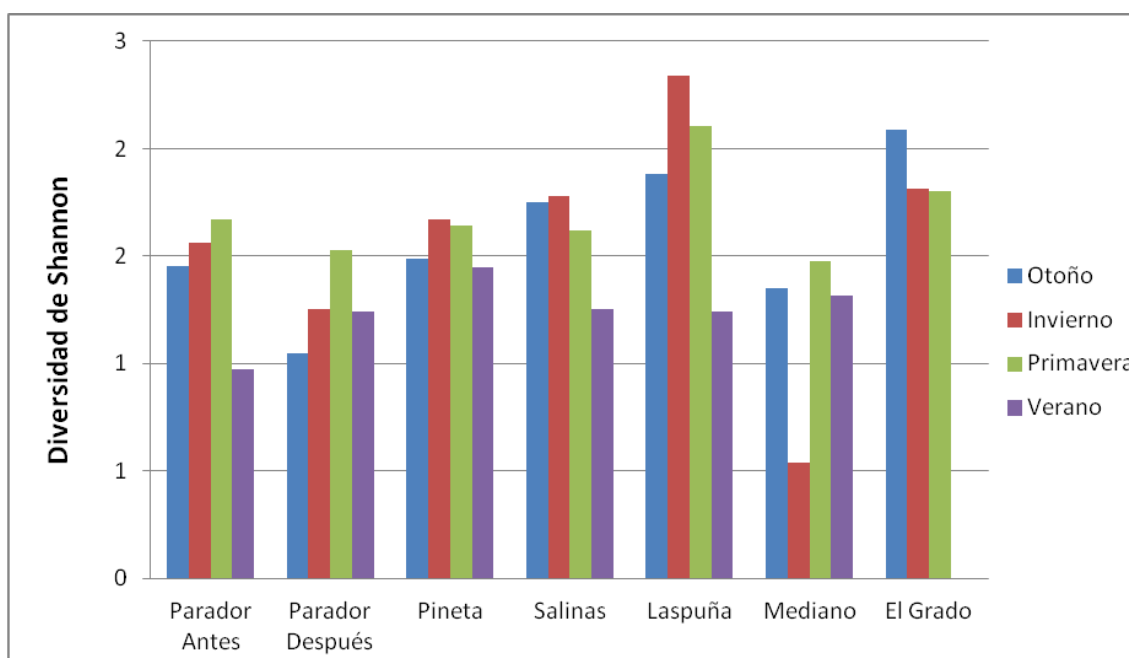


Figura 64. Diversidad en los distintos puntos de muestreo y estaciones del año en el río Cinca.

La diversidad se mostró como una variable no normal ni normalizable. Por lo tanto, se le aplicó el test Kruskal-Wallis mostrando diferencias significativas entre estaciones (Kuskal-Wallis, $p < 0,05$), pero no entre puntos de muestreo (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$).

Los diagramas de caja acompañan estos resultados (Figura 65 y 66). Mostrando además según las estaciones, algún dato atípico. En invierno aparece el dato 13 como atípico que corresponde a Mediano (0,54), en primavera el dato 19 de Laspuña (2,10) que corresponde al máximo de diversidad (sólo superado por el Parador cuando se analiza la muestra en su conjunto) y en verano el dato 28 (0) de El Grado, correspondiente con el mínimo de diversidad.

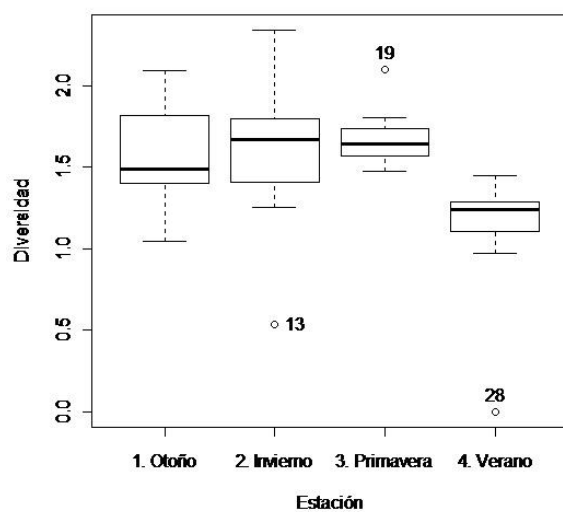


Figura 65. Diagrama de caja del índice de diversidad de Shannon-Weaver en las diferentes estaciones del año. Datos no transformados. Test Kruskal-Wallis ($Df= 3$; $X^2= 10,39$; $p= 0,016$).

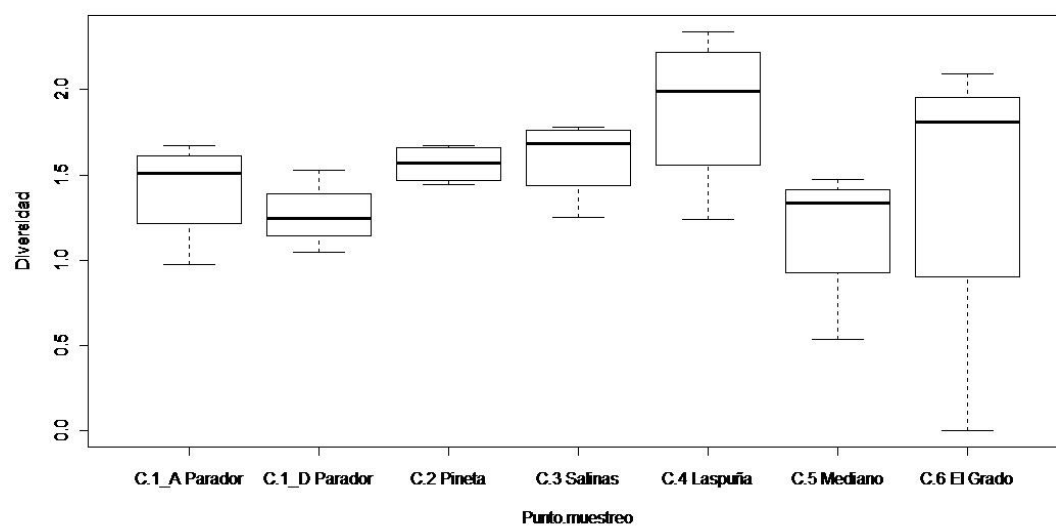


Figura 66. Diagramas de caja del índice de diversidad de Shannon-Weaver en los diferentes puntos de muestreo. Datos no transformados. Test Kruskal-Wallis ($Df= 6$; $X^2= 8,70$; $p= 0,19$).

- **Riqueza taxonómica**

Los puntos en el río Cinca que muestran una mayor riqueza son los situados en el tramo intermedio: el punto de Pineta, Salinas y Laspuña (Figura 67).

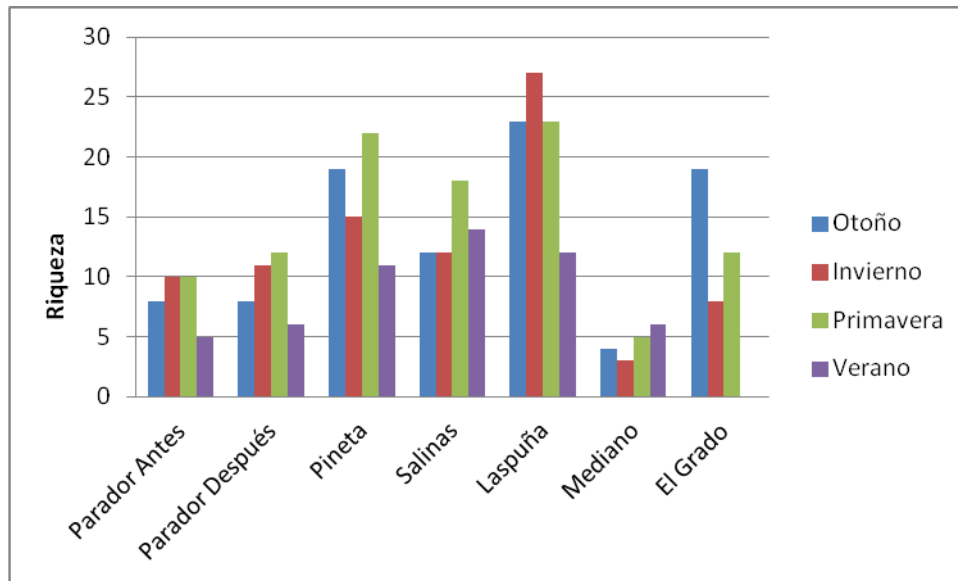


Figura 67. Riqueza taxonómica en los distintos puntos de muestreo y estaciones del año en el río Cinca.

La variable "Riqueza taxonómica" mostró una distribución normal, cumpliendo tanto el requisito de normalidad como con el de homogeneidad. Los resultados del test ANOVA mostraron diferencias significativas entre puntos de muestreo (ANOVA, $p < 0,001$), pero no entre estaciones del año (ANOVA, $p > 0,05$). El diagrama de caja y el test Post-hoc, tampoco desvelan diferencias significativas entre estaciones del año (Figura 68). Aparece un dato atípico en invierno en Laspuña (dato 12=27) que corresponde con el valor máximo de riqueza taxonómica en todo el estudio.

Hay diferencias entre los puntos de muestreo (Figura 69), y queda patente con la asociación de letras del test Post-hoc. Así, se muestra la inexistencia de diferencias significativas entre los puntos C.1_A, C.A_D y C.6 que corresponden al parador de Bielsa (los dos primeros) y al embalse de El Grado. Los puntos C.2 y C.3 muestran características (en cuanto a riqueza se refiere) intermedias. Y los puntos C.4 y C.5 (Laspuña y Mediano respectivamente) son los que se encuentran más diferenciados entre ellos por poseer la mayor riqueza taxonómica y la menos, respectivamente.

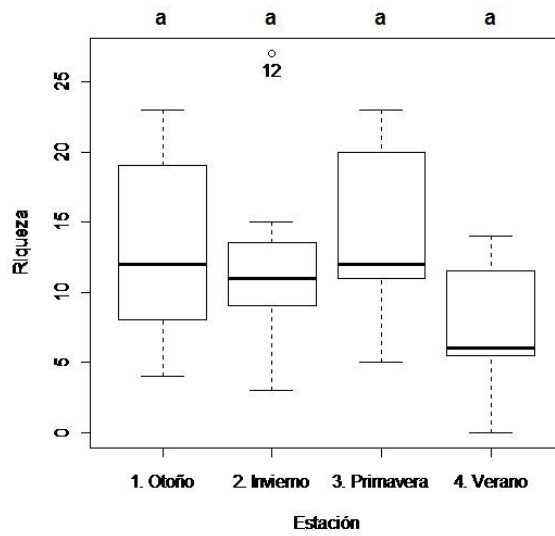


Figura 68. Diagramas de caja de la riqueza taxonómica en las diferentes estaciones del año. Datos no transformados. Test ANOVA (Df= 3; F= 1,43; p= 0,2579). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

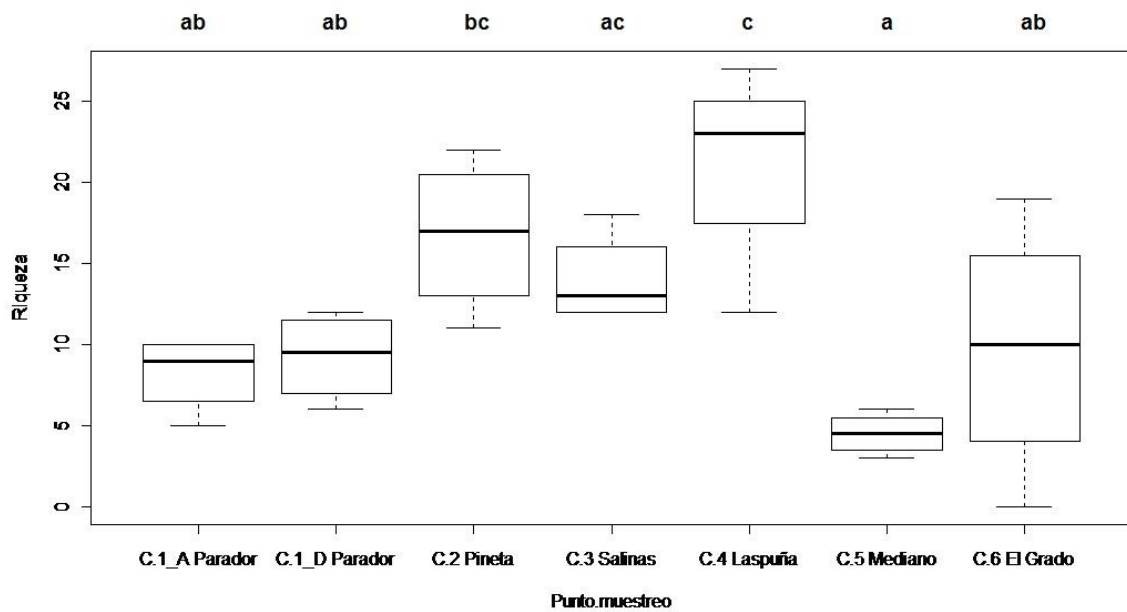


Figura 69. Diagramas de caja de la riqueza taxonómica en los diferentes puntos de muestreo. Datos no transformados. Test ANOVA (Df= 6; F= 6,06; p= 0,0008369). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

- **Equidad de Pielou**

El punto del río Cinca que presenta mayor equidad es Mediano (valores de 0,9 tanto en otoño como en primavera). Por ello, éste será el punto donde las abundancias de cada familia de macroinvertebrados estén más igualadas (Figura 70).

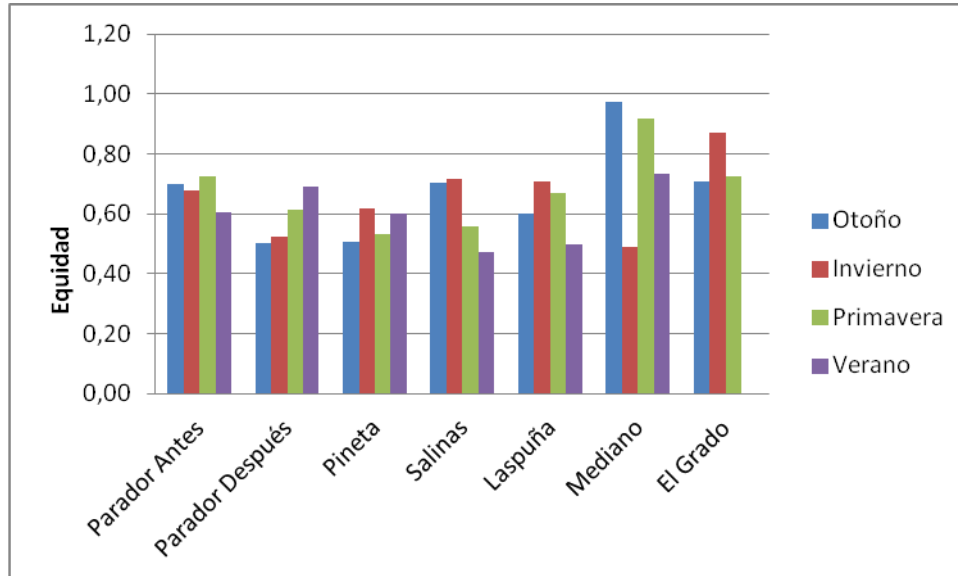


Figura 70. Equidad en los distintos puntos de muestreo y estaciones del año en el río Cinca.

La equidad resultó ser una variable no normal y al transformarla en logaritmo neperiano se pudo aplicar un ANOVA que no mostró diferencias significativas ni entre estaciones ni entre puntos de muestreo (ANOVA, $p > 0,05$) como también muestran los diagramas de caja (Figura 71 y 72).

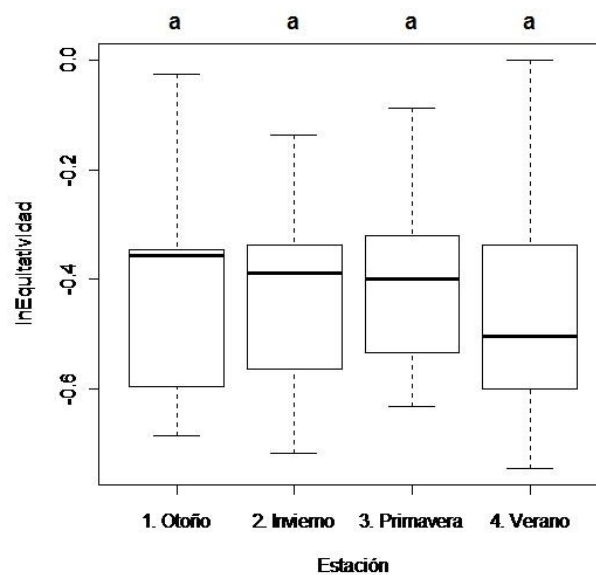


Figura 71. Diagramas de caja de equidad en las diferentes estaciones del año. Datos transformados a logaritmo neperiano. Test ANOVA ($Df = 3$; $F = 0,43$; $p = 0,7364$). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

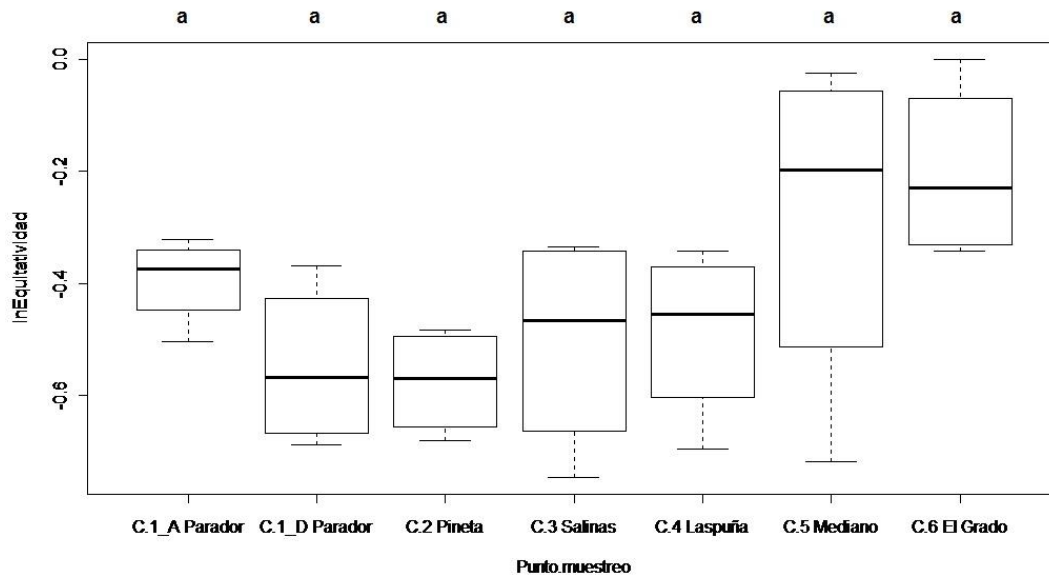


Figura 72. Diagramas de caja de la equidad en los diferentes puntos de muestreo. Datos transformados a logaritmo. Test ANOVA (Df= 6; F= 1,82; p= 0,1455). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

4.4.2 Correlación entre los índices de diversidad y de calidad de aguas

Se ha estudiado el grado de relación entre los índices utilizados en este trabajo (IBMWP, diversidad de Shannon, riqueza taxonómica y equidad), y el grado de relación de éstos con la concentración de clorofila-*a*. Las variables a las que se tuvo que aplicar el logaritmo neperiano por no seguir una distribución normal (equidad y clorofila-*a*), a la hora de relacionarlas con otra variable, ésta segunda variable también se tuvo que transformar en logaritmo neperiano para que la relación fuese lineal. De este modo se realizó un análisis de regresión lineal de Pearson. La clorofila-*a* no mostró una correlación significativa con el IBMWP (Df= 1 y 26; $R^2=0,09565$; F= 2,75; p= 0,1093), como tampoco lo hizo con la diversidad (Df= 1 y 26; $R^2 =0,04747$; F= 1,296; p= 0,2654), ni con la equidad (Df= 1 y 26; $R^2 =0,09795$; F= 2,823; p= 0,1049). Tampoco resultó significativa la correlación entre la diversidad y la equidad (Df= 1 y 26; $R^2 =0,08043$; F= 2,274; p= 0,1436). El resto de índices sí mostraron estar relacionados significativamente (Figura 73). Cabe destacar la alta correlación entre el IBMWP y la riqueza taxonómica con un valor de $R^2 = 0,9691$ (Figura 73b). Así como que la clorofila-*a* tan solo muestra mantener una correlación significativa con la riqueza ($R^2=0,1838$) (Figura 73e).

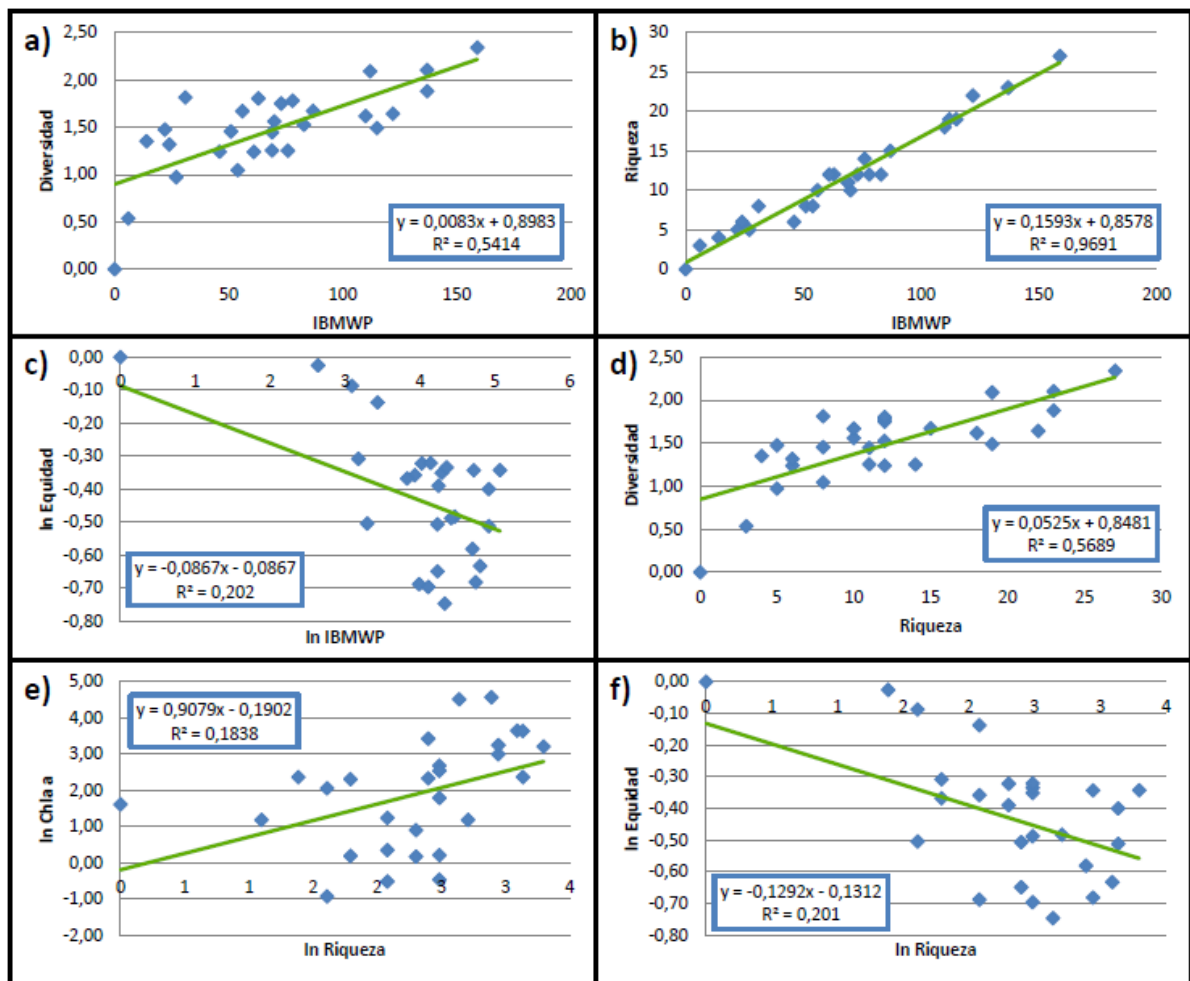


Figura 73. **a)** Gráfico de regresión lineal de Pearson entre el IBMWP y la diversidad (Df= 1 y 26; F= 30,69; $p= 8,128 \cdot 10^{-6}$); **b)** Gráfico de regresión lineal de Pearson entre el IBMWP y la diversidad (Df= 1 y 26; F= 30,69; $p= 8,128 \cdot 10^{-6}$); **c)** Gráfico de regresión lineal de Pearson entre el IBMWP y la equidad (Df= 1 y 26; F= 6,581; $p= 0,01643$); **d)** Gráfico de regresión lineal de Pearson entre la riqueza y la diversidad (Df= 1 y 26; F= 34,31; $p= 3,558 \cdot 10^{-6}$); **e)** Gráfico de regresión lineal de Pearson entre la clorofila-a y la riqueza (Df= 1 y 26; F= 5,855; $p= 0,02283$); **f)** Gráfico de regresión lineal de Pearson entre la riqueza y la equidad (Df= 1 y 26; F= 6,54; $p= 0,01673$). Mostrando: Df: grados de libertad; F: valor del estadístico; p: p-value.

4.5 Análisis de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el tramo de estudio

4.5.1 Análisis de la abundancia

Se analizó la abundancia de igual forma que los índices biológicos anteriores y se obtuvieron resultados que indican un mayor número de individuos recolectados en el punto de Pineta en todas las estaciones menos en invierno, donde se recolectaron más individuos en Laspuña (Figura 74).

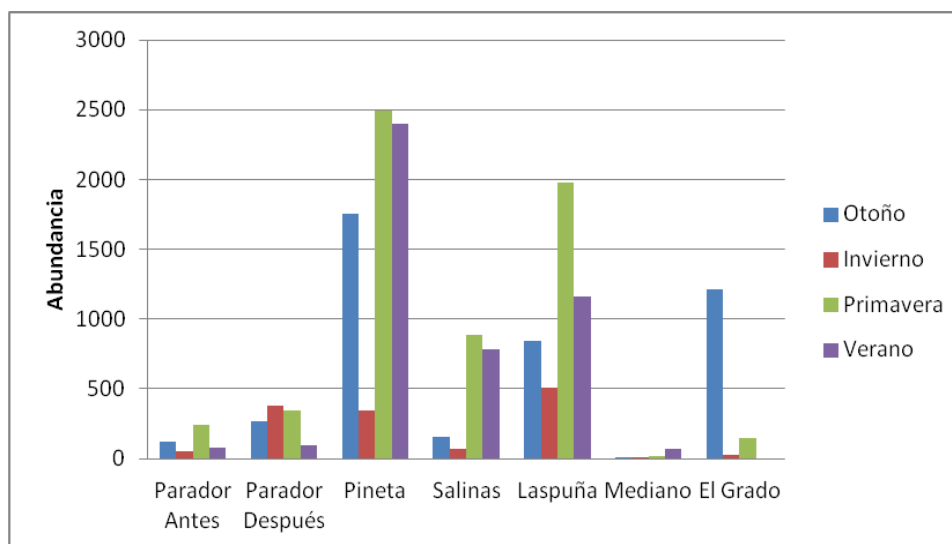


Figura 74. Abundancia en los distintos puntos de muestreo y estaciones del año en el río Cinca.

La abundancia tuvo una distribución no normal, pero normalizable (transformación a logaritmo neperiano). Los resultados reflejaron que no existían diferencias significativas entre estaciones del año (ANOVA, $p > 0,05$), pero sí entre los puntos de muestreo situados a lo largo del tramo de estudio (ANOVA, $p < 0,001$). Cabe destacar, que en los diagramas de caja para el factor "Estación" (Figura 75) se da el caso de dos datos atípicos, uno en otoño en Mediano (dato 6=1,95) y otro en verano en El Grado (dato 28= 0) que corresponde a los valores más bajos de la distribución. En el caso de verano fue debido a que no se recolectó ningún individuo. Según el punto de muestreo (Figura 76), hay mayores abundancias de individuos en el tramo central del río.

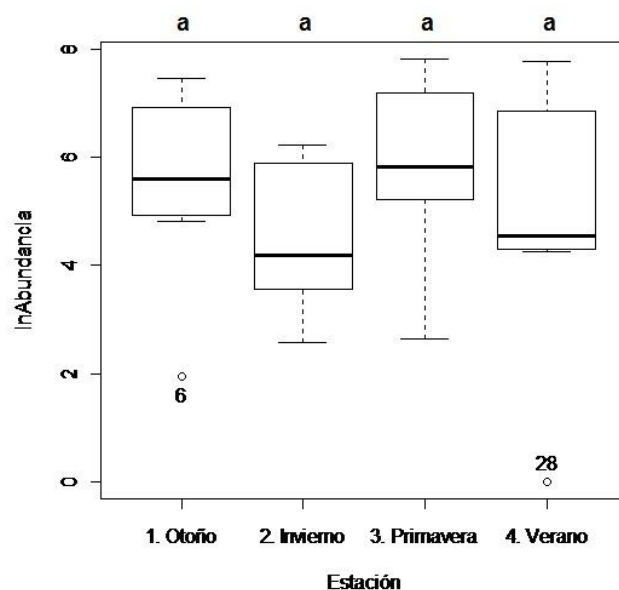


Figura 75. Diagrama de caja y test Post-hoc del parámetro abundancia en las diferentes estaciones del año. Datos transformados a logaritmo neperiano. Test ANOVA (Df= 3; F= 0,88; p= 0,4641). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

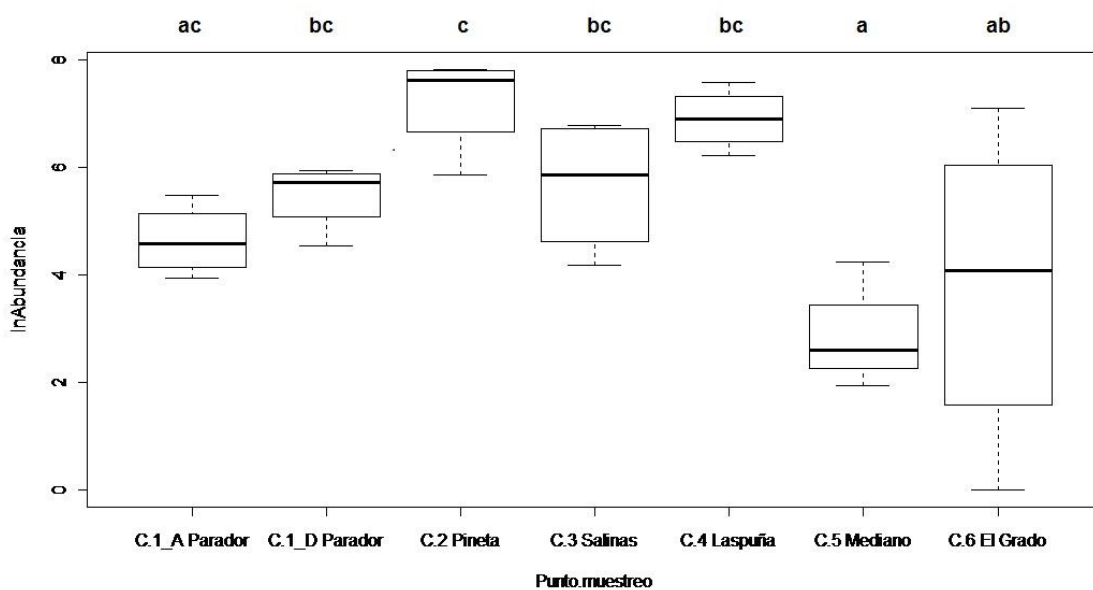


Figura 76. Diagrama de caja y test Post-hoc del parámetro abundancia en los diferentes puntos de muestreo. Datos transformados a logaritmo neperiano. Test ANOVA (Df= 6; F= 7,95; p= 0,0001792). El Test Post-hoc queda representado mediante letras en el gráfico.

4.5.2 Descripción general de la comunidad: composición y estructura

El número total de individuos recolectados a lo largo del año 2013 en los cuatro muestreos fue de 16.443 individuos, agrupados en 3 *Phylum* (*Annelida*, *Mollusca* y *Arthropoda*), 12 órdenes y 51 familias distintas. Los órdenes con mayor riqueza son *Trichoptera* (11 familias) y *Diptera* (10 familias), seguidos de *Ephemeroptera* y *Coleoptera* (ambos 8 familias), *Plecoptera* (5 familias) y *Basommatophora* (4 familias). El resto de órdenes tan solo están representados por una familia en el tramo de río estudiado. El orden *Diptera* es el más abundante representando el 41% del total (Figura 77).

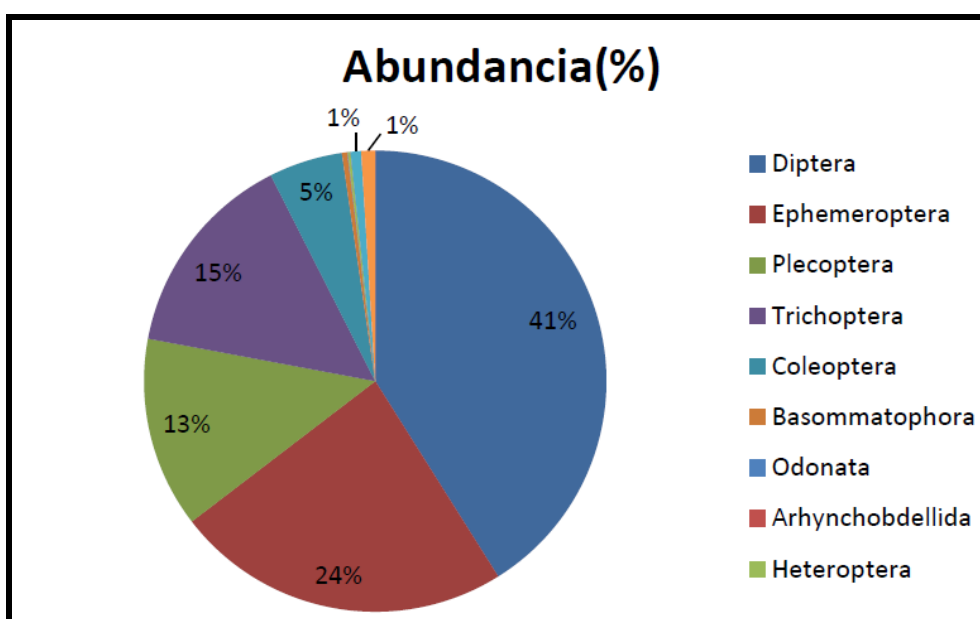


Figura 77. Abundancia (%) de los órdenes de macroinvertebrados recolectados a lo largo de todo el año en el río Cinca. Los órdenes *Basommatophora*, *Odonata*, *Arhynchobdellida*, *Heteroptera* y *Mesogastropoda* representan menos del 1% del total.

La abundancia de cada familia que se encontró en cada punto de muestreo en las distintas estaciones del año viene detallada en el Anexo I: En otoño (Anexo I, Figura 1) el taxón más abundante es *Ephemeroptera* (excepto en los puntos C.5 y C.6 que predomina *Basommatophora* y *Trichoptera*). En invierno (Anexo I, Figura 2) los taxones más abundantes son: *Plecoptera* (en C.1), y *Diptera* y *Ephemeroptera* en el resto de puntos. Durante la primavera (Anexo I; Figura 3) hay un claro predominio de *Ephemeroptera* (excepto en C.2 y C.3 que es más abundante el orden *Diptera*). Por último, en verano (Anexo I, Figura 4) no hay un taxón predominante, ya que en cada punto de muestreo el taxón más abundante varía: en C.1 (tanto antes como después de la tubería) predominan efemerópteros, en C.2 y C.4 hay mayor número de dípteros, en C.3 los plecópodos y en C.6 los heterópteros.

Para ver cómo se distribuyen las familias en los diferentes puntos de muestreo y en cada estación del año, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) (Figura 78). Los dos primeros ejes del gráfico explican el 58,74% de la varianza. El primer eje explica el 48,4% de la varianza y por lo tanto es el de mayor peso. En éste primer eje se

ve la forma en que se distribuyen las familias en función de su abundancia. Las familias más abundantes (*Chironomidae* y *Baetidae*) son las más alejadas del origen de coordenadas y por lo tanto las más visibles (parte negativa del eje). Conforme se acercan al origen, se encuentran: *Leuctridae*, *Heptageniidae*, *Simuliidae*, *Elmidae* e *Hydropsychidae* colocadas por orden de mayor a menor abundancia, y todas las demás familias están amontonadas cerca del origen de coordenadas ya en la parte positiva del eje. Esto es debido a la equivalencia entre inercia y varianza, pues sólo las especies con elevada abundancia tienen significado en el resultado (Alcaraz Ariza, 2013). La figura 78 ha sido modificada para que los resultados fuesen más visuales y para permitir ver todas las familias de macroinvertebrados que contiene, ya que las tres columnas de familias situadas a la derecha del gráfico se encontraban superpuestas y dificultaba su lectura. Por lo tanto se debe entender que todas ellas ocupaban un lugar similar y muy próximo en el gráfico.

Del mismo modo, los puntos de muestreo con mayor abundancia de individuos de la familia *Chironomidae* (en relación con el resto de familias encontradas en dicho punto), aparecen situadas más cerca de ésta familia en el gráfico. Éste sería el caso de "C5.In" con un 84,6% de individuos de la familia *Chironomidae*, seguido de "C2.Pr" (57,7%) y "C2.In" (47%). Al contrario ocurre con los puntos de muestreo en los que se recolectaron menor cantidad de individuos de esta familia como ocurre en "C4.Ve" (7,2%) o ninguno (como es el caso de "C5.Ot"), en cuyo caso, se sitúan más cercanos al origen o zona positiva del eje. Cabe señalar que al no haberse recolectado ningún individuo en el punto C.6 en verano, éste está situado en el origen de coordenadas (aunque en el gráfico aparece un poco desplazado hacia la izquierda para que no estuviese superpuesto a las familias que también ocupan ese mismo lugar). Lo mismo ocurre con los puntos de muestreo con mayores abundancias de la familia *Baetidae*. Éstos puntos se encuentran cercanos a dicha familia en el gráfico (también en el lado negativo de éste primer eje) y corresponden a los puntos "C1_D.Pr" con un 50,3% de baétidos, seguido de "C6.Pr" con 45,8% y "C1_A.Pr" con 33,3%.

El segundo eje explica el 10,3% de la varianza, y en él se distribuyen los datos de los puntos de muestreo según las estaciones del año. En el eje positivo están situadas las familias *Baetidae*, *Leuctridae*, *Heptageniidae* e *Hydropsychidae* y también la mayoría de puntos de muestreo de las estaciones de otoño y primavera con representación de 6 y 4 puntos respectivamente en éste lado del eje debido a que en estas dos estaciones (y en concreto en los puntos de muestreo que se sitúan en el lado positivo de éste segundo eje) hay una mayor abundancia de los órdenes *Plecoptera* y *Ephemeroptera* (Anexo, Figura 1 y 3), representados por las familias *Heptageniidae* y *Leuctridae* en el primer caso, y por la familia *Baetidae* en el segundo caso. Que a su vez son las familias más significativas en éste lado del gráfico.

En el lado negativo de éste segundo eje encontramos las familias *Chironomidae*, *Elmidae*, *Simuliidae* y una mayoría de puntos de muestreo de verano e invierno, representados por 6 y 5 puntos respectivamente. La característica más llamativa de estos puntos es que tienen un mayor porcentaje de dípteros (Anexo I, Figura 2 y 4), orden que

a su vez se encuentra representado por la familia *Chironomidae*, la cual destaca en el gráfico a éste lado del eje. Los puntos más cercanos a la familia *Chironomidae* coinciden con los puntos en los que predomina ésta familia como ocurre con el primer eje. Dato que además se puede ver también en la figura 79. En el punto C1_D, como se recolectaron el mismo número de baétidos que de quironómidos, está situado justo en el eje del gráfico.

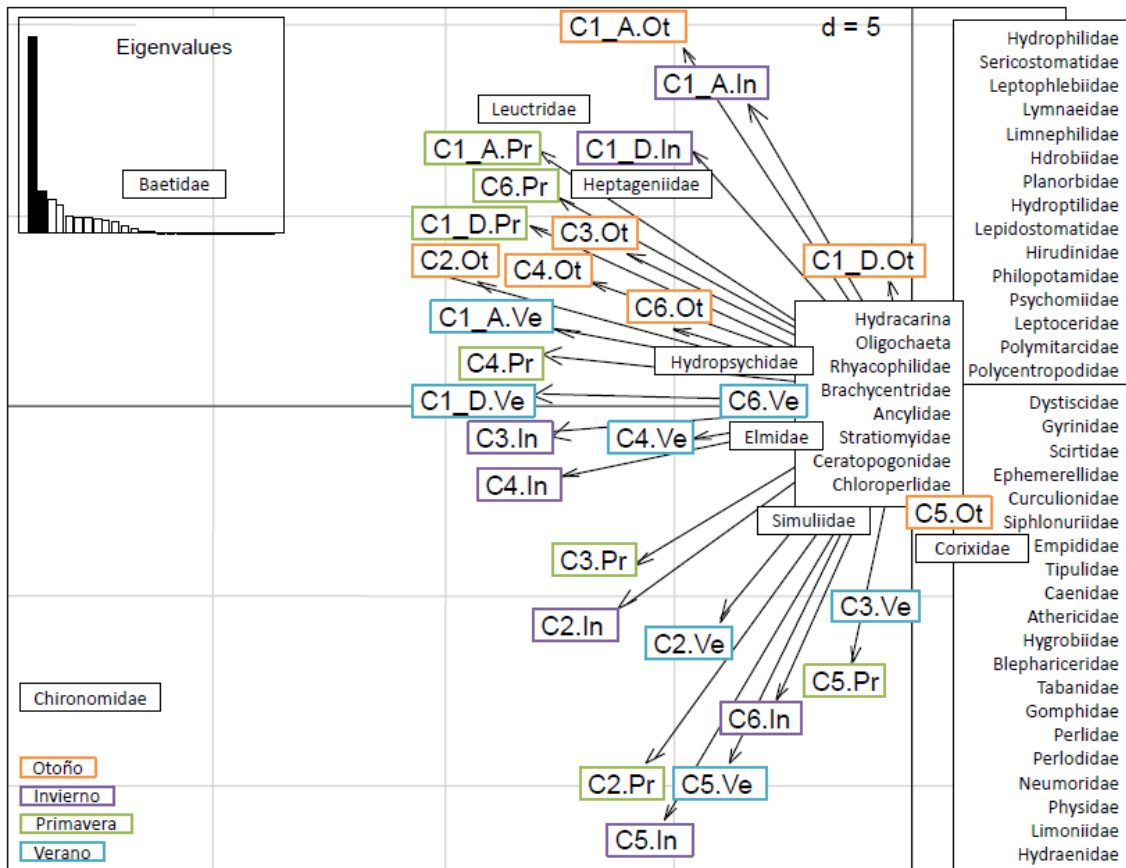


Figura 78. Gráfica modificada del Análisis de Componentes Principales (PCA) referido a la abundancia de cada familia en función de la estación del año y del punto de muestreo.

Para obtener una mayor información de la situación en la que se encuentra el río Cinca en cuanto a composición taxonómica, se calculó la abundancia EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*), la abundancia de *Chironomidae* y *Oligochaeta* en porcentaje (Figura 79). La abundancia EPT es muy utilizada como variable de la comunidad bentónica con potencial para indicar la condición biológica de los ríos ya que éstos tres grupos reciben altas puntuaciones habitualmente en el índice IBMWP por ser insectos sensibles a las perturbaciones. El grupo EPT está considerado como un buen indicador de la contaminación en general y las alteraciones del hábitat (Jesús *et al.*, 2001; Segnini, 2003; Alba-Tercedor *et al.*, 2005; Torralba Burrial & Ocharan, 2007; Korte *et al.*, 2010). Por contra, tanto los quironómidos como los oligoquetos son en general grupos

muy tolerantes a la contaminación por materia orgánica (Alonso & Camargo, 2005) y en el índice IBMWP se les otorga un valor de 2 y 1 respectivamente.

Los taxones EPT tienden a disminuir desde la cabecera del río Cinca hasta el tramo final de muestreo, con ciertos tramos en los que se produce una recuperación de éste grupo como ocurre en C.3 "Salinas" en todas las estaciones del año menos en otoño, que sigue aumentando en C.4 "Laspuña" para volver a caer al llegar a los dos puntos de los grandes embalses (Mediano y el Grado) en invierno y verano, aunque no en primavera. En primavera el porcentaje EPT sigue aumentando hasta el último punto de muestreo.

Los oligoquetos no son muy abundantes en las muestras y tan sólo resulta significativo el alto porcentaje encontrado en C.5 "Mediano" durante el otoño. Por otra parte, los quironómidos, generalmente, aumentan río abajo. Y se encontraron en mayor número en Mediano y El Grado en primavera e invierno, aunque en Pineta también son abundantes. Es importante destacar la total ausencia de taxones ETP en el punto C.5 en invierno.

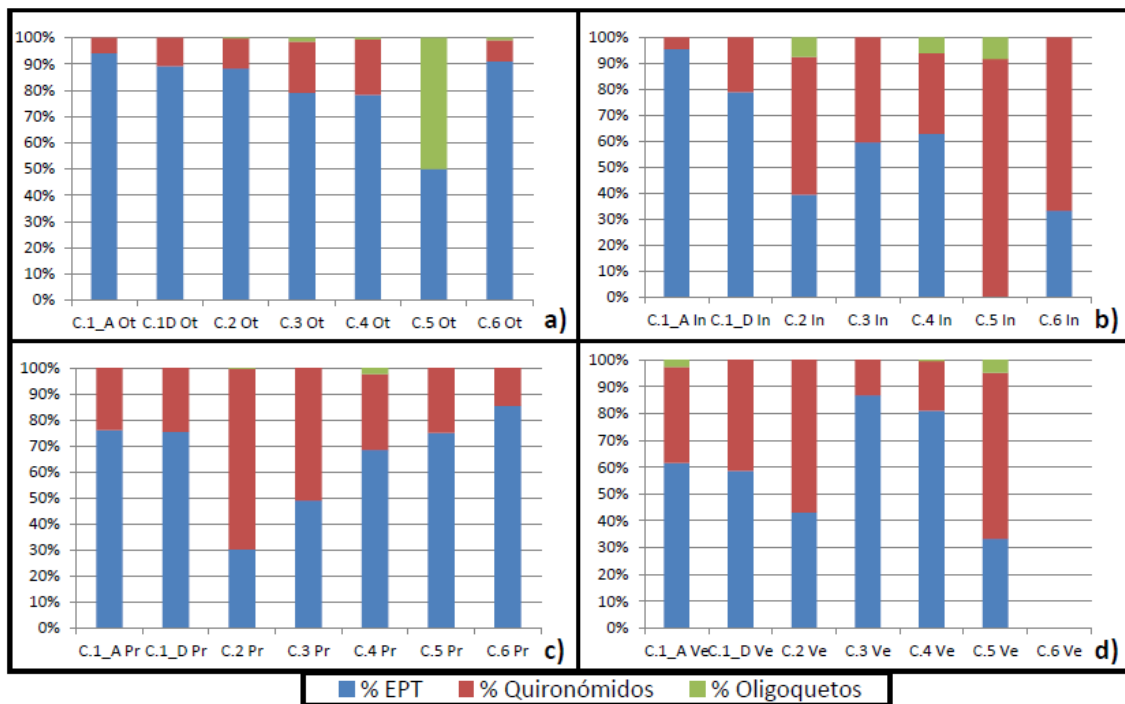


Figura 79. Porcentaje de familias pertenecientes a los grupos *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera* (EPT), Quironómidos y Oligoquetos en cada punto de muestreo y su evolución a lo largo del año: **a)** otoño; **b)** invierno; **c)** primavera; **d)** verano en el río Cinca.

4.5.3 Características ecológicas de la comunidad de macroinvertebrados

La integridad biótica es afectada indirectamente por las variables externas y directamente por las variables internas (Segnini, 2003) (Figura 80).

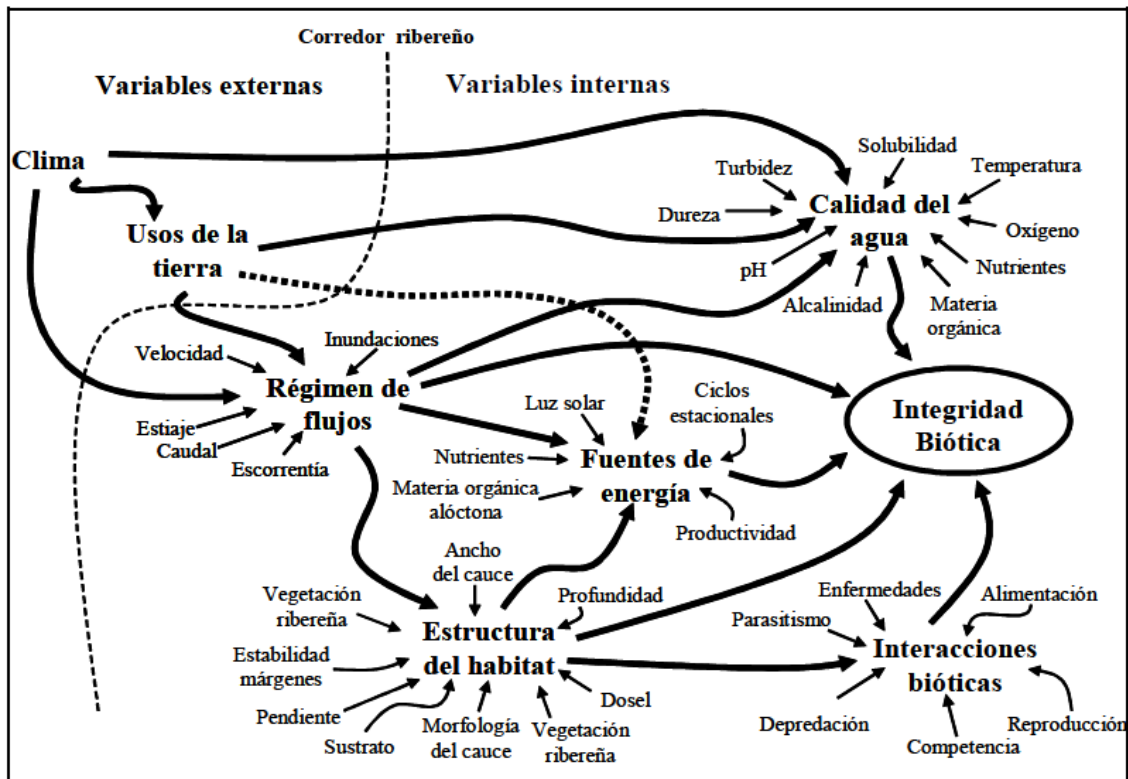


Figura 80. Variables que afectan la integridad biótica (Segnini, 2003).

Para ver cómo afectan éstas variables, se estudiaron diferentes *traits* (o características) de la comunidad de macroinvertebrados para poder relacionarlos con su evolución espacio-temporal. En primer lugar, se analizó el porcentaje de familias asociadas a las diferentes estrategias tróficas. También se hizo una diagnosis de la relación que mantienen los macroinvertebrados con el tipo de sustrato del río (microhábitat). Se estudió la relación de la variable altitudinal, la preferencia de corriente, así como del grado de eutrofia preferente de las familias de macroinvertebrados. Todos los *traits* han sido considerados según lo descrito por Tachet *et al.*, (2000) y en el caso de la estrategia trófica, también por Oscoz (2012).

En el análisis del rasgo ecológico de la estrategia trófica (Figura 81), para su clasificación se tuvo en cuenta la existencia de tres tipos de organismos: los herbívoros (tritadores, filtradores y raspadores), los carnívoros (depredadores masticadores ó depredadores perforadores-succionadores) y los detritívoros (fragmentadores de partículas de más de 1 mm, filtradores ó recolectores de partículas menores de 1 mm) (Hanson *et al.*, 2010). A las familias que disponían de tres o más estrategias tróficas se las consideró en el grupo "generalistas".

En el tramo alto del río Cinca predominan las familias de trituradores-detritívoros, seguida de los detritívoros y los raspadores (que se alimentan de perifiton y microbios adheridos a las rocas u otros sustratos). En el tramo medio de río estudiado (correspondiente al tramo que va de C.2 a C.4) aumenta el porcentaje de raspadores respecto al tramo alto. Sin embargo, en el tramo contiguo al punto de cabecera siguen predominando las familias con la combinación de estrategia trituradora-detritívora. Situación que cambia progresivamente a partir del punto situado aguas abajo del embalse de Laspuña (C.4) donde los depredadores y trituradores ven incrementado su número (aunque no significativamente). El tramo final de estudio, correspondiente a los puntos situados aguas abajo de los dos grandes embalses, se caracteriza por un predominio de familias con estrategias filtradoras (sobre todo en C.6) y detritívoras. Los filtradores se alimentan de partículas en suspensión que recolectan mediante cepillos bucales o redes de seda. Los depredadores se mantienen de manera constante durante todo el tramo.

Esto es lo que ocurre en el río Cinca si no se tienen en cuenta a las familias generalistas que son las predominantes en la mayor parte del tramo debido a que dentro de cada familia, en muchas ocasiones, existen géneros con diferentes estrategias tróficas.

Pero además de un diagnóstico longitudinal del río, se puede señalar el aumento de las familias filtradoras en verano respecto al resto de estaciones del año. Y el punto C.3 (anterior a la población de Salinas), con un predominio claro de estrategia trófica depredadora. En el punto C.6 en verano no fue recolectado ningún individuo.

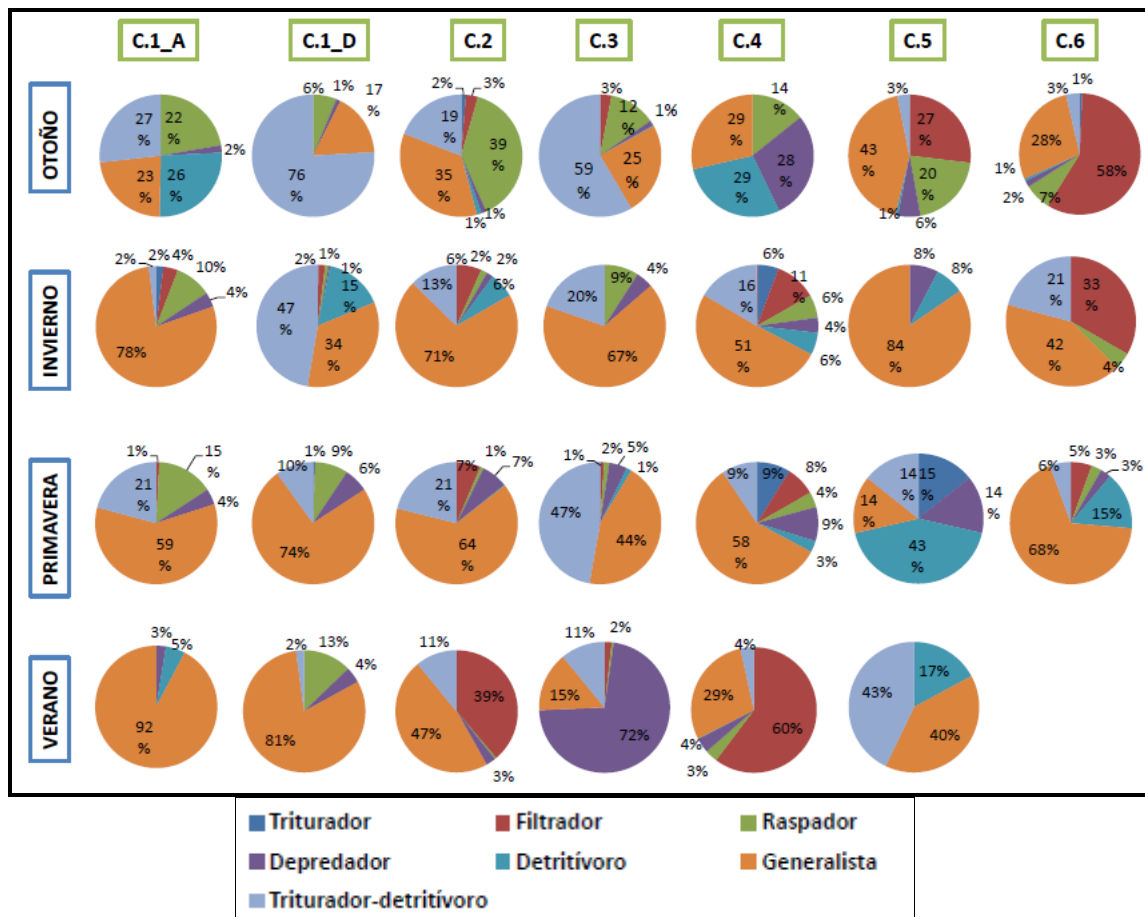


Figura 81. Porcentaje de individuos con las diferentes estrategias tróficas en cada punto de muestreo del río Cinca y su evolución en las diferentes estaciones a lo largo del año.

Las diferentes familias de macroinvertebrados están asociadas a un tipo de microhábitat concreto, pero en muchas ocasiones la preferencia por un sustrato u otro puede ser similar o incluso no tener ningún requerimiento de sustrato especial como ocurre con los quironómidos o los oligoquetos que se adaptan a cualquier medio (Tachet *et al.*, 2000). Para llevar a cabo el análisis de la distribución de la comunidad de macroinvertebrados en función del tipo de sustrato (Figura 82), se hizo la siguiente clasificación de los mismos: sustrato grueso, mantillo, sustrato grueso-vegetal, sustrato fino, sustrato vegetal-mantillo, sustrato grueso-fino, sustrato vegetal, sustrato fino-mantillo e indiferente (para las familias con afinidad por tres o más tipos de sustrato). Dentro del sustrato grueso están englobados los bloques, losas, piedras, guijarros y gravas. El sustrato fino lo componen los fondos de arena y limo. Los sustratos vegetales hacen referencia a los que contienen macrófitos, algas filamentosas, micrófitos, ramas y raíces. Y por último el mantillo (materia orgánica).

Según ésta clasificación, las familias más abundantes a lo largo de todo el año son las afines al sustrato combinado grueso-vegetal. No se aprecia un cambio temporal acorde con éste factor, puesto que las proporciones de las familias con unos requerimientos de

sustrato u otro se mantienen a lo largo del año. El único rasgo reseñable es el referente al aumento de familias afines a sustratos grueso-fino en invierno.

Sin embargo, sí hay diferencias destacables es su evolución espacial a lo largo del río. En la cabecera y los puntos consecutivos hay un claro predominio de familias afines a sustrato grueso, al vegetal y en menor medida las que no tienen preferencia por ningún tipo de sustrato (indiferente). Esta dinámica cambia en cuanto sobrepasamos el embalse de Mediano (C.5), donde se ve incrementado el número de familias que prefieren un tipo de sustrato vegetal o aguas debajo de El Grado (C.6) donde hay un mayor número de familias asociadas al sustrato fino, al mantillo y al vegetal. Además de las familias que ya se encontraban aguas arriba que prefieren sustrato grueso-vegetal y sustrato grueso únicamente.

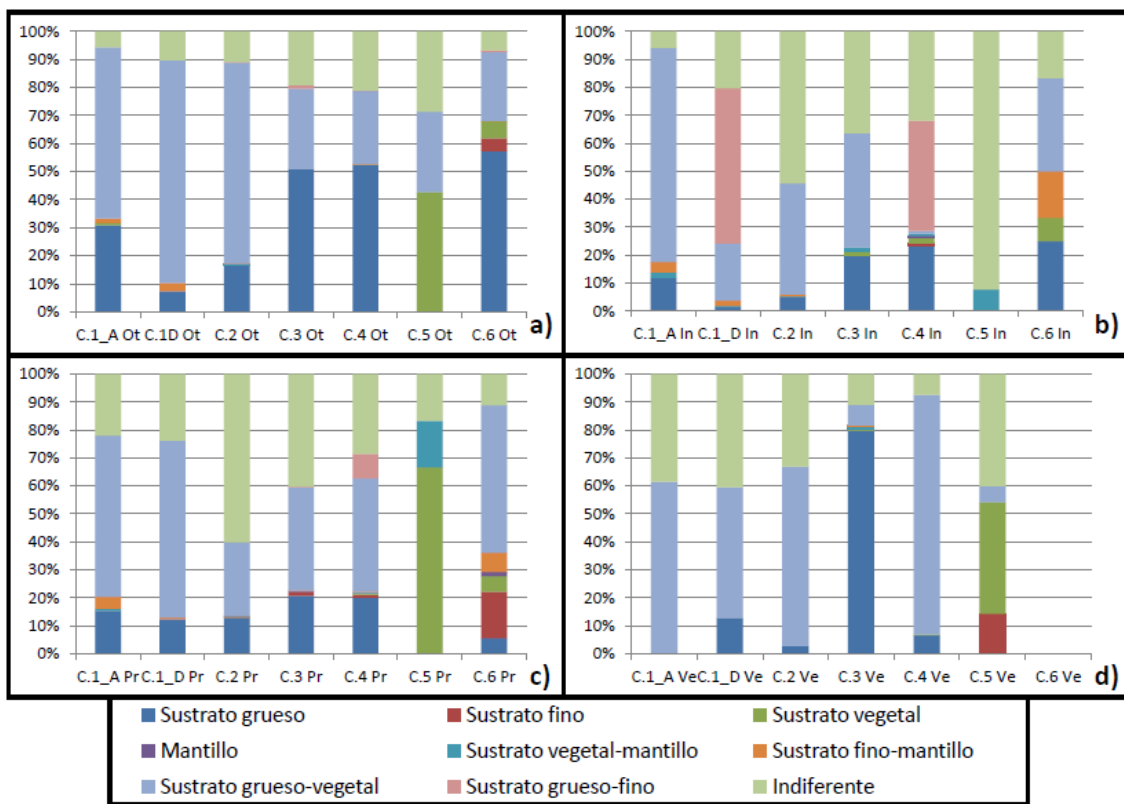


Figura 82. Porcentaje de individuos afines a los diferentes tipos de sustrato (microhábitat) del río Cinca en cada punto de muestreo y su evolución temporal a lo largo del año: a) otoño; b) invierno; c) primavera; d) verano.

El siguiente *trait* o rasgo que se analizó fue la preferencia por los diferentes grados de eutrofia en el río. Como se ha demostrado anteriormente en el punto 4.3.2 de éste trabajo, no todo el río tiene la misma concentración de clorofila bentónica, y por lo tanto el grado de eutrofia varía de un tramo a otro. Algunos macroinvertebrados tienen preferencia por unos tramos u otros en función de éste factor y para comprobar la manera en que se distribuyen se hizo la siguiente clasificación (Figura 83): oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, eutrofia-mesotrofia, oligo-mesotrófico e indiferente (para los macroinvertebrados que no muestran una preferencia concreta). Las zonas oligotróficas corresponden a las que tienen una baja productividad primaria causada por bajos

contenidos de nutrientes. Las mesotróficas a las que tienen un nivel intermedio de nutrientes y las eutróficas a las que tienen una alta abundancia de éstos.

La forma en que se distribuyen los macroinvertebrados asociados a los diferentes grados de eutrofia es muy cambiante dependiendo de la estación del año y del tramo. Pudiéndose dividir en tres zonas (sin tener en cuenta a las familias generalistas que forman parte de la clasificación "indiferente"): cabecera (C.1), tramo intermedio (de C.2 a C.4) y tramo final (C.5 y C.6). Así, en las estaciones más frías, hay un mayor número de macroinvertebrados asociados a zonas oligotróficas en la zona de cabecera del río. Sin embargo, en las estaciones más cálidas ya en las zonas de cabecera se puede encontrar una mayoría de individuos asociados a la eutrofia-mesotrofia. En los puntos consecutivos (desde C.2 a C.4) en otoño predominan los organismos afines a zonas oligo-mesotróficas. Pero en éste mismo tramo durante el invierno y la primavera, son los macroinvertebrados asociados a zonas de eutrofia-mesotrofia los que mayor abundancia tienen. En verano, el mayor porcentaje de individuos corresponde a los individuos afines a zonas oligotróficas.

En el tramo final de estudio, correspondiente a los puntos posteriores a Mediano (C.5) y El Grado (C.6) predominan las familias asociadas a la eutrofia- mesotrofia y aumentan considerablemente (respecto a los puntos anteriores) los que prefieren zonas mesotróficas. Mencionar también que en El Grado en las estaciones frías (otoño e invierno) contiene un notable número de familias asociadas con la oligotrofia. El mayor porcentaje de macroinvertebrados que prefieren zonas eutróficas, se encuentran situadas en C.5 (Mediano).

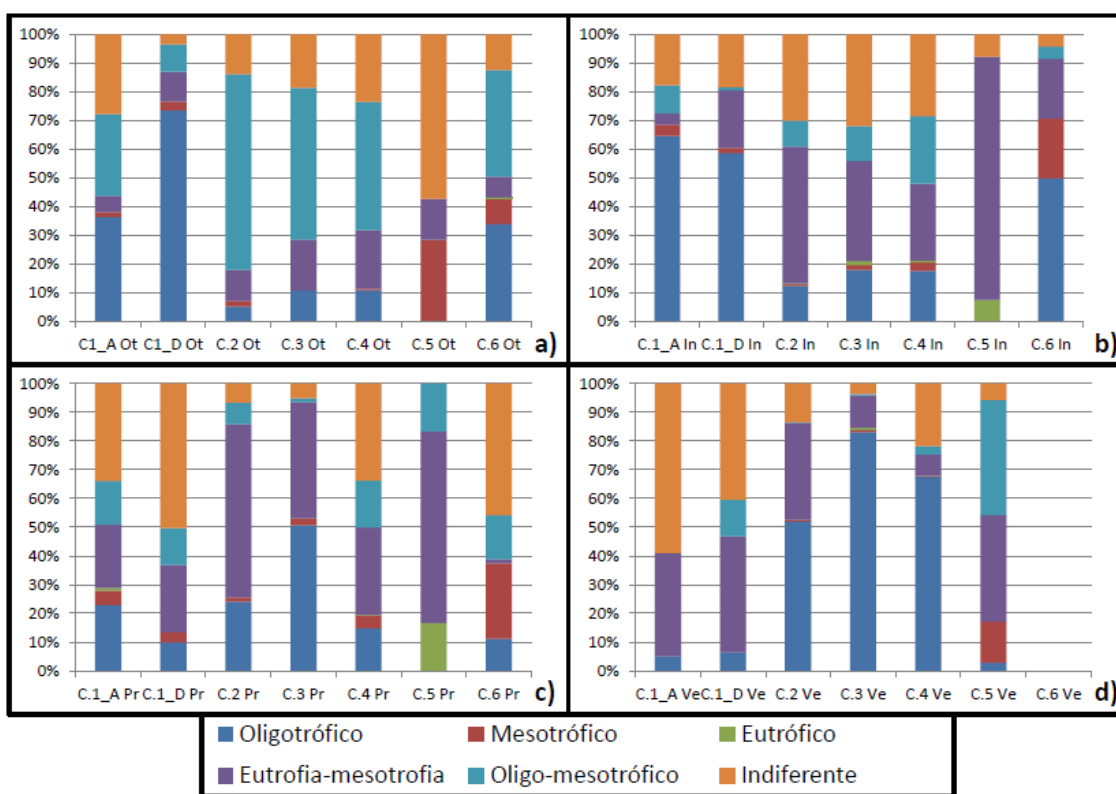


Figura 83. Porcentaje de individuos afines a los diferentes grados de eutrofia en cada punto de muestreo del río Cinca y su evolución temporal a lo largo del año: **a)** otoño; **b)** invierno; **c)** primavera; **d)** verano.

Otro factor de distribución para los macroinvertebrados es la altitud. Para analizar la situación en el río Cinca, se tuvieron en cuenta cuatro clases (Figura 84): Llanura (< 1.000 m), montaña (1.000-2.000), la combinación de ambas (llanura-montaña), e "indiferente" para aquellas familias que no tienen un requerimiento específico por uno de los tipos anteriores. La clasificación "alpina" (>2.000 m) no se ha considerado por no poseer ningún individuo con preferencias por ésta altitud.

En general hay un claro predominio de los individuos afines a zonas de llanura-montaña en las zonas de cabecera. Pero que va disminuyendo conforme avanzamos por el río hasta el último punto (C.6). Lo contrario ocurre con los macroinvertebrados que prefieren zonas de llanura, que van aumentando su porcentaje hasta llegar a sus máximos en los puntos posteriores a Mediano y El Grado (C.5 y C.6 respectivamente). Los individuos con afinidad por las zonas montañosas están representados en éste caso por la familia *Simuliidae*.

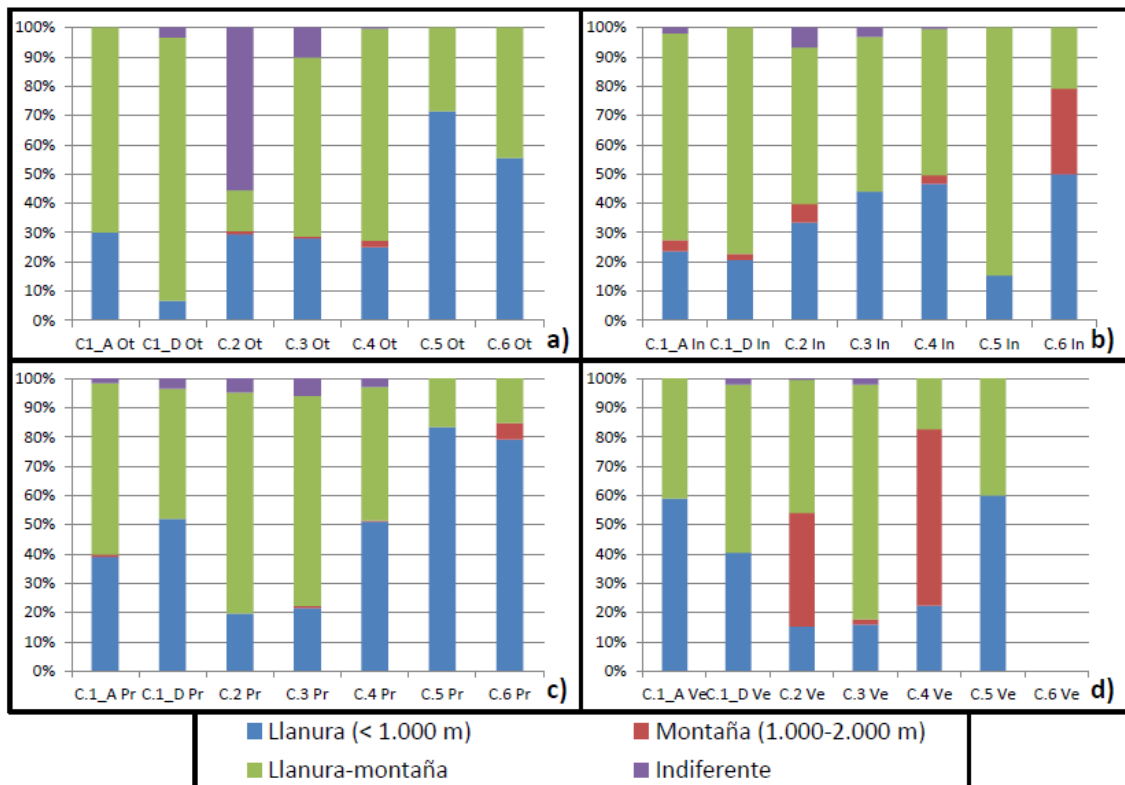


Figura 84. Porcentaje de individuos afines a una determinada altitud en cada punto de muestreo del río Cinca y su evolución temporal a lo largo del año: **a)** otoño; **b)** invierno; **c)** primavera; **d)** verano.

Dependiendo del tipo de corriente que lleve el río, podremos encontrar unas familias de macroinvertebrados u otras en función de las adaptaciones que éstos tengan en el medio: nadadores, fijación en rocas o macrófitos, etc. Pero también en función de su modo de alimentación. Para analizar ésta situación en el río Cinca se hizo la siguiente clasificación de tipos de corriente (Figura 85): nula, lenta (< 25cm/s), media (25-50 cm/s), rápida (> 50 cm/s), media- rápida, nula-lenta, lenta-media e indiferente (para las familias asociadas a más de dos tipos de corriente).

La mayor parte de los individuos no parecen tener un requerimiento concreto de un tipo de corriente por el claro predominio de la clasificación "indiferente". Sin embargo, en el punto C.2 tanto en otoño como en verano hay un alto número de individuos afines a la corriente rápida, como también ocurre en el punto C.4 en verano y C.6 en invierno. Otro dato destacable es una mayor presencia de individuos asociados a corrientes lentas en los puntos C.5 y C.6 en todas las estaciones (y en C.2 en otoño).

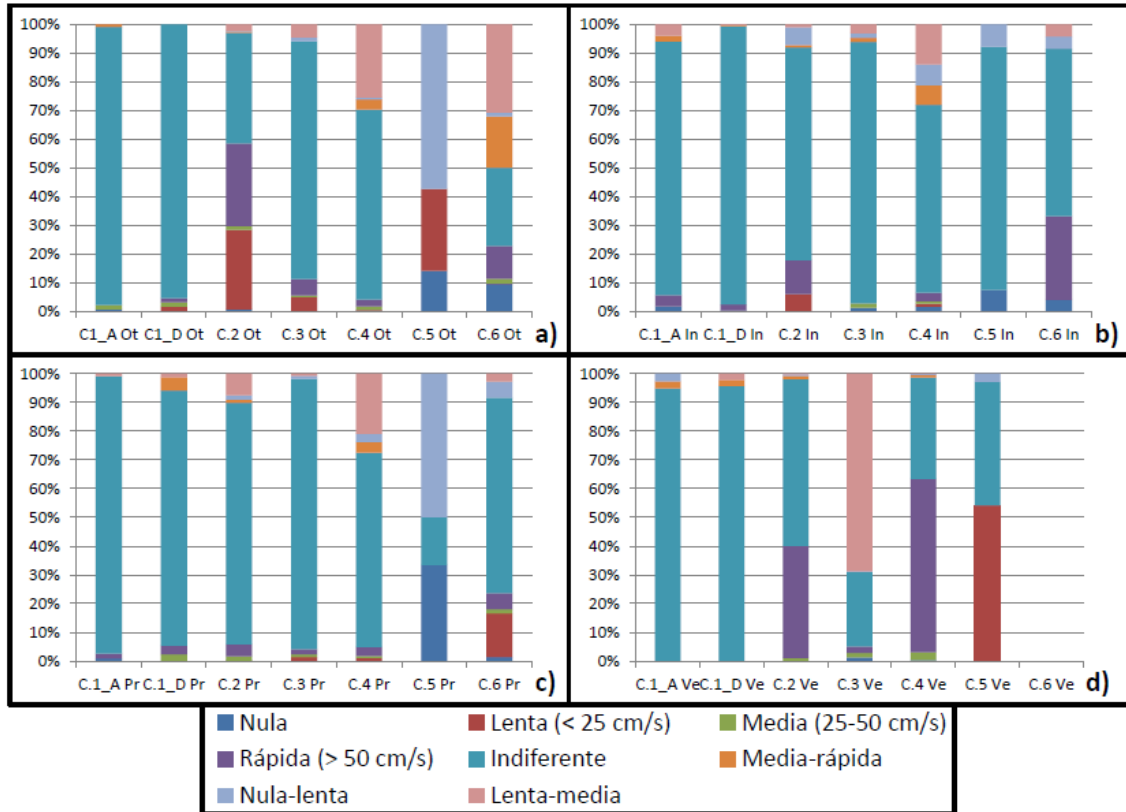


Figura 85. Porcentaje de individuos afines a los diferentes tipos de corriente en cada punto de muestreo del río Cinca y su evolución temporal a lo largo del año: **a)** otoño; **b)** invierno; **c)** primavera; **d)** verano.

5. DISCUSIÓN

5.1 Calidad ecológica del río Cinca

El gradiente climático unido a la litología, al manejo de la cuenca y su mayor o menor cobertura de vegetación, son los factores claves que determinan el estado ecológico de los ecosistemas acuáticos en condiciones naturales (el estado ecológico de referencia). Estos factores han sido profundamente alterados en España desde hace siglos, por lo que es difícil hoy en día encontrar un ecosistema acuático sin ningún tipo de alteración por parte del hombre (Prat, 1999), y el río Cinca, como se ha podido ver a lo largo de éste trabajo, no es una excepción, ya que entre otros impactos, se encuentra regulado por sistemas múltiples (López Moreno & García-Ruíz, 2003).

A continuación se hace un diagnóstico de la situación del río en cuanto a sus características, basado en los resultados obtenidos anteriormente y relacionándolos con los impactos producidos sobre el área de estudio que afectan directa o indirectamente a la calidad del río Cinca (especialmente los causados por la regulación hídrica mediante embalses).

5.1.1 Análisis y comparación de caudales

Una de las causas de la disminución de las comunidades acuáticas es la variación del caudal de sus aguas. Las fluctuaciones inducidas por cambios en el régimen de caudal pueden modificar la composición de las especies, sus ciclos de vida y la abundancia de las poblaciones (Torralva *et al.* 1996; Bonada *et al.* 2000; Gil Quílez *et al.* 2001; Oscoz *et al.*, 2007). Por ello régimen hidrológico, es un factor indispensable a la hora de evaluar el estado ecológico de un río. El caudal medio del río Cinca durante el periodo estudiado (de Noviembre de 2012 a Julio de 2013) fue notablemente mayor que en el mismo periodo en los dos años anteriores.

Según CHE (2002b), el río Cinca sigue un patrón pluvionival, pero del análisis hídrico del año 2013 (año correspondiente a éste estudio) se deduce que sigue éste régimen con alguna excepción. Pues los máximos se registraron en primavera (tras la fusión de las nieves) y los mínimos en invierno (CHE, 2002b), pero no en verano. La razón es que dos de las tres estaciones de aforo de las que se obtuvieron los datos de caudal corresponden con las de Mediano y El Grado y por eso en verano queda reflejado un caudal mayor que en otoño, cuando lo esperable (según el régimen natural del río) sería que ocurriese lo contrario. Pues el verano es época de sequía, debida a una menor cantidad de precipitaciones y aun aumento de la evaporación. Y en otoño vuelven las lluvias. Esta situación garantiza la campaña de riego a los agricultores durante los meses más cálidos y secos.

Este hecho pone de manifiesto el efecto regulador que los embalses tienen sobre el régimen hidrológico de los ríos, que en el caso concreto del río Cinca, algunos autores ya apuntaban. Pues según Galván-Plaza (2006), ha ido atenuándose el componente nival

desde finales del siglo XIX, pasando de regímenes nivopluviales a pluvionivales una vez avanzado el siglo XX debido a la influencia de los embalses, principalmente de Mediano y El Grado. Un claro ejemplo de ésta alteración del régimen hídrico se ha observado en ambos embalses, pues sus caudales oscilan de manera similar todo el año. Esto se debe a que se encuentran muy seguidos (tan sólo los separan 2.5 km según CHE, 2008) y no permiten que el río retome el equilibrio hidromorfológico en éste tramo.

5.1.2 Características físico-químicas del agua

La temperatura en los cursos fluviales varía diaria y estacionalmente, pero también con la profundidad y el movimiento de las masas de agua. La temperatura afecta a parámetros físico-químicos como el oxígeno disuelto, la conductividad y la concentración de nutrientes, y puede ser limitante en la distribución de algunas especies. La regulación de los ríos mediante la construcción de embalses y la detención de caudales, constituye un factor importante de alteración del régimen natural de temperaturas (CHE, 2002b). En el caso del río Cinca, la temperatura varía estacionalmente según lo esperable, pues los registros de las temperaturas más altas se dieron en verano y las temperaturas más bajas en invierno. La tendencia de éste parámetro es a ir subiendo conforme descendemos en el río.

En la zona de cabecera se dan las temperaturas más bajas de cada estación. Esto es lógico ya que está a mayor altitud (1.283 m) y en los dos primeros puntos muestreados el valle es muy cerrado y el río está expuesto al sol muy pocas horas al día. Sin contar con que sólo existe algún núcleo de población aislado en la zona, y por lo tanto menor cantidad de vertidos.

El descenso de temperatura producido en el punto de muestreo aguas abajo del embalse de Laspuña (mucho más marcado en verano) puede deberse a algún vertido registrado (como en el caso de la población de Salinas) o a vertidos no registrados. Otra causa posible es el desembalse de las aguas contenidas en el fondo del embalse de Laspuña, a menor temperatura que las superficiales (Val *et al.*, 2006), ya que la estratificación de los embalses origina que se caliente la superficie y el fondo se mantenga frío (García de Jalón *et al.*, 1992; García de Jalón, 2008). Además en verano el agua presentaba un color grisáceo en éste punto que podría deberse a los sedimentos finos depositados aguas abajo del embalse recubriendo la mitad de la anchura del lecho. El sustrato natural del río, contiene debajo el llamado medio intersticial, constituido por los huecos entre piedras y gravas que son colmatados cuando se llevan a cabo estos desembalses. Este medio intersticial es fundamental para la mayoría de las especies animales del río donde depositan sus huevos, y utilizan como refugio o criadero de sus larvas o alevines (García de Jalón, 2008; López-Núñez *et al.*, 2011) y por lo tanto producen una grave afección al medio.

El Cinca, tras atravesar Mediano aumenta notablemente su temperatura (con hasta 3-10°C más) en todas las estaciones excepto en invierno. Esto es debido a que en los ríos, al ser masas de agua poco profundas y en circulación continua, los intercambios de calor con la atmósfera y con el fondo, suelen ocurrir más rápidamente que en los embalses (CHE, 2002b). Tanto Mediano como El Grado son grandes embalses con una gran superficie de agua retenida en zonas de valle abierto, por ese motivo se encuentran expuestos a muchas más horas de radiación solar directa en sus aguas lo que produce un aumento de su temperatura superficial (sobre todo en las estaciones más cálidas) que modifica la situación de equilibrio del río (Val *et al.*, 2003). Más aun si se tiene en cuenta la escasa vegetación de ribera en éste último tramo.

Otro factor que puede contribuir a éste aumento de temperatura aguas abajo de Mediano y de El Grado, es el mayor número de núcleos de población en ésta zona respecto a los tramos anteriores. Ambos embalses recogen los vertidos de éstos núcleos de población directamente, como los de Morillo de Tou (centro vacacional con gran afluencia en verano), Labuerda, o los aportes correspondientes por la central hidroeléctrica de Laspuña (en el caso de Mediano) o de Mesón de Ligüerre y la población de El Grado en el caso del embalse con el mismo nombre. Además de algunos campings en ambas zonas. Pero también los vertidos indirectos recogidos por otros ríos que confluyen en dichos embalses, como el Ara (al que vierte Boltaña) o el Bellós (que recoge las aguas residuales del matadero de Escalona).

La conductividad expresa de forma global el grado de mineralización del agua, que depende de las características geológicas de la cuenca así como de los usos y actividades contaminantes (CHE, 2002b). En el caso del río Cinca, la tendencia de éste parámetro es clara, ya que se aprecia un aumento progresivo aguas abajo debido al arrastre de sales de los distintos tipos de terreno que atraviesa el río, pero también a los aportes externos como los vertidos industriales, urbanos o agrícolas que va recogiendo a lo largo de su recorrido. No hay diferencias significativas en cuanto a su evolución temporal a lo largo del año.

La concentración de oxígeno disuelto en las aguas de un río depende de la turbulencia, la temperatura, la presión atmosférica, el contenido en sales del agua y de la producción primaria (del plancton y sobre todo del fitobentos y de los macrófitos) (CHE, 2002b). En éste trabajo se ha podido comprobar que la evolución de éste parámetro es ir disminuyendo desde la cabecera hacia los tramos más bajos del río. Ésta disminución se ve acentuada al llegar al embalse de Mediano y continúa descendiendo hasta el punto situado aguas abajo de El Grado, es decir, al atravesar los dos grandes embalses. Esta falta de oxígeno disuelto en los embalses (sobre todo en verano) viene dada por su situación de agua estanca, que no permite su aireación. Y por su mayor concentración de materia orgánica acumulada, que como se ha visto anteriormente, podría proceder tanto de los vertidos industriales y domésticos que recogen, como por los aportes de nutrientes procedentes de la agricultura y la ganadería de las zonas circundantes, pues las dos actividades se ven incrementadas desde el punto Laspuña hasta el último punto de muestreo. Concretamente, hay un gran número de captaciones para regadío en el

tramo que va desde la presa de El Grado hasta el punto C.6, ya en la comarca del Somontano. El incremento de ésta materia orgánica en el agua produce una proliferación de los microorganismos encargados de su descomposición, disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto en el agua y aumentando la concentración de nutrientes inorgánicos, como el amonio y el fosfato (Alonso & Camargo, 2005).

El oxígeno disuelto, también mantiene una relación inversa con la temperatura (que como hemos visto aumentaba río abajo) a lo largo del año. Esta relación explica la situación concreta del punto situado aguas abajo del embalse de Laspuña, donde hay un pequeño pico que indica un incremento de oxígeno disuelto. Este incremento posiblemente se debe al descenso de la temperatura que se produce en éste punto del río. Haciendo referencia al factor estacional, se debe señalar que las aguas estuvieron más oxigenadas en otoño (donde se encontró el máximo valor de concentración de oxígeno disuelto en Laspuña), y en verano es cuando menor cantidad de oxígeno disuelto contenían. Una causa posible es el aumento de material orgánico en descomposición en las aguas por una mayor afluencia de personas en ésta época del año (campings, casas rurales, centros vacacionales como Morillo de Tou o Ligüerre de Cinca, uso recreativo del río, etc.).

En el río Cinca, apenas se experimentaron variaciones de pH a lo largo del año (como ya indicaba que ocurría CHE, 2002b). Su valor osciló entre los 8-8,9 tanto a lo largo del año como entre los diferentes puntos de muestreo. Sin embargo, la tendencia del pH en los dos últimos puntos (Mediano y El Grado) es a disminuir. Es muy posible que se deba a la relación directa que existe entre pH y oxígeno disuelto, ya que en los embalses inmediatamente anteriores a ambos puntos hay una mayor cantidad de núcleos de población, y también mayor acumulación de materia orgánica (hojas, ramas, troncos de plantas terrestres y acuáticas, desechos animales, vertidos) en descomposición. Dicho proceso consume oxígeno disuelto (respiración) y genera CO₂ que acidifica las aguas. Por ello, la actividad fotosintética está directamente relacionada con los valores de oxígeno disuelto y de pH (García de Jalón *et al.*, 1992).

5.1.3 Estado trófico del río

Las características tróficas y la abundancia y composición de las comunidades acuáticas están determinadas por las concentraciones de nitrógeno y, especialmente, del fósforo y de oxígeno disuelto del agua (2002b). Tras analizar la concentración de clorofila-*a*, se puede decir que el Cinca es un río mayoritariamente oligotrófico y puntualmente oligomesotrófico (dependiendo del tramo). Con mayores concentraciones de clorofila-*a* en las estaciones de primavera y verano en el tramo central del río. Situación esperable si se tiene en cuenta que las fuertes fluctuaciones de nivel de agua afectan a las estrategias de colonización del perifiton (Casco & Toja, 2003) y que en éste recorrido se dan principalmente en el tramo final, bajo los embalses de Mediano y El Grado.

En el punto C.3 (Salinas) tanto en primavera como en verano se encontró la mayor concentración de clorofila-*a*, debida a una importante proliferación del perifiton sobre las rocas, que además se puede observar claramente en las imágenes adjuntas en la descripción de dicho punto (apartado de área de estudio, Figura 14). Dicho incremento puede estar ocasionado por algún vertido (registrado o no) aguas arriba que aporte un exceso de nutrientes a la materia orgánica ya acumulada en los consecutivos azudes anteriores al punto de muestreo. O a una mayor afluencia de bañistas en estas estaciones más cálidas, ya que es un tramo con zonas de pozas profundas intercalado con zonas de rápidos. A pesar de que la eutrofia no se manifiesta por igual en cualquier ecosistema, y son los de tipo lenítico (lagos y embalses) los más afectados (Palau, 2003), en éste estudio, la única situación de eutrofia registrada fue en éste punto (el C.3), tanto en primavera como en verano.

Señalar también la situación de El Grado en otoño, en la que el río también presentaba una elevada cantidad de algas y perifiton como así demuestra el pico de la concentración de clorofila-*a* en la figura 60 (aunque menos acusado que en el punto de Salinas), debido posiblemente a la acumulación de materia orgánica y el reciclaje en el embalse anterior al punto de muestreo.

Las materias orgánicas coloidales y disueltas (materia húmica) presentes en la naturaleza, son conocidas porque absorben la luz en el rango ultravioleta y azul, dando lugar al color amarillo del agua, razón por la cual se las conoce como sustancias amarillas o materia orgánica disuelta coloreada y son formadas por la degradación microbiana de la materia vegetal muerta que contiene el embalse. El método utilizado para su medida, implica medidas de la absorbancia de la muestra filtrada en longitudes de onda del ultravioleta cercano y del visible. Siendo la longitud de onda más utilizada 440 nm (Domínguez *et al.*, 2012). Longitud de onda que se utilizó en éste estudio tras detectar una coloración marrón-verdosa en las muestras de clorofila de Mediano en otoño (Figura 32). Y mediante el que se obtuvo el mayor valor precisamente en ésta estación del año y punto de muestreo. Por lo que se deduce que los picos de clorofila-*b* y clorofila-*c* que se dieron en otoño en Mediano son debidos a la interferencia en la señal que causó la elevada concentración de sustancias húmicas en el rango espectrofotométrico.

5.1.4 Análisis de los índices de calidad y diversidad de las aguas

Tras analizar la evolución que siguieron los índices estudiados (IBMWP, diversidad, riqueza taxonómica y equidad) se puede decir que tanto el IBMWP como la riqueza taxonómica siguen una variación espacial, es decir, se encuentran diferencias entre unos puntos de muestreo y otros. Sin embargo, la diversidad está más influenciada por el factor temporal en el caso del río Cinca. Esto es debido a que la riqueza y el IBMWP están determinados por el número de familias presentes en la muestra, y por lo tanto el IBMWP viene determinado por la riqueza taxonómica (Álvarez-Cabria, 2009). Pero con la diversidad no ocurre así, pues tiene en cuenta el número de individuos, y el número

de individuos depende más de los cambios ambientales que se producen en a lo largo del año. Por último la equidad detectada en los diferentes puntos de muestreo y estaciones del año es equiparable, y por lo tanto mostró una evolución espacio-temporal muy similar y sin variaciones.

Si se analizan todos los índices en conjunto en cada punto de muestreo, obtenemos una idea aproximada del estado ecológico de dicho punto. Así pues, el primer punto situado en cabecera, junto al Parador Nacional de Turismo de Bielsa, fue separado en dos muestras para detectar el posible efecto en el río del vertido procedente del parador. Tras analizar los resultados obtenidos, no se observan grandes diferencias entre ellas (Figura 86). Tanto la riqueza taxonómica como el IBMWP son similares. Sí se produce un leve aumento de la abundancia y la equidad en la zona afectada por el vertido, pero también una discreta disminución de la diversidad. Por éste motivo de ahora en adelante, a la hora de referirse a la comparación entre puntos de muestreo, se hará referencia al punto C.1 en su conjunto, es decir, sin diferenciar entre antes y después de la tubería del Parador.

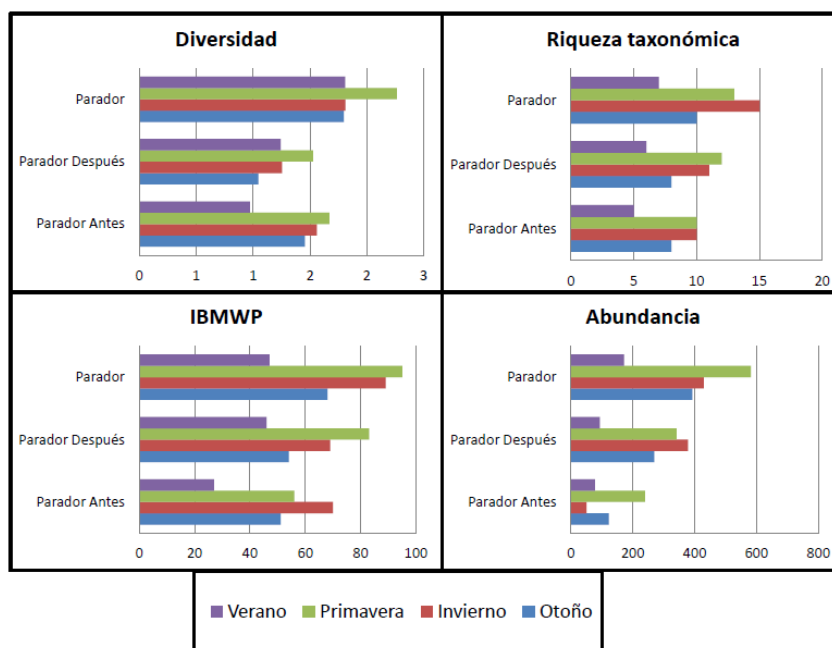


Figura 86. Gráfico comparativo de la situación en el punto C.1 en conjunto, o diferenciando entre antes y después de la tubería procedente del Parador que vierte al río en éste mismo punto.

El IBMWP indica que las aguas de éste punto en su conjunto (C.1 Antes y C.1 Después) tienen un estado ecológico "Bueno" la mayor parte del año, por ser una zona de alta montaña, ya que estas zonas en general son tramos que han sufrido una menor degradación de sus riberas y poseen una menor cantidad de vertidos (Oscoz *et al.*, 2007). Pero a pesar de esto, su estado ecológico es moderado en verano, posiblemente debido a la gran frecuentación de ésta zona precisamente para visitar tanto el Parador Nacional (aumentando considerablemente el número de personas alojadas respecto al resto del año), como el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. A demás de los campings de la zona, que como se pudo ver, se encuentran saturados en verano.

La riqueza taxonómica en cabecera no es muy elevada, aunque sí hay una elevada diversidad, sobre todo en primavera. Hay un claro predominio de tres familias en cabecera: *Chironomidae* (Diptera) (AnexoII, Imagen 5A), *Baetidae* (Ephemeroptera) y *Leuctridae* (Plecoptera). Tanto la familia *Luctridae* como *Baetidae*, son las más frecuentes del orden al que pertenecen. La razón de que se encuentren todas ellas en éste punto tiene que ver con su tolerancia de algunas de sus especies a la contaminación orgánica (a pesar de que *Leuctridae* obtiene un valor de 10 en el IBMWP), además los baétidos son buenos nadadores (Oscóz, 2012), factor a tener en cuenta en éste tramo, pues la corriente del agua era bastante elevada.

El siguiente punto, Pineta, tiene un estado ecológico de sus aguas en general, "Muy bueno" o "Bueno" con valores de IBMWP superiores a 100 en otoño y primavera. Ésta calificación está relacionada con un aumento de la diversidad taxonómica (22 familias en primavera) respecto al punto anterior. Aunque con un claro predominio de *Chironomidae* con 1.442 individuos recolectados en primavera (cuando este punto obtuvo la clasificación de mesotrófico) que hacen que disminuya la diversidad en éste punto respecto al punto C.1 (en su conjunto). Además se recolectaron un elevado porcentaje de familias con bajos requerimientos ecológicos como: *Limnephilidae* (Trichoptera) con 969 individuos en otoño, *Baetidae* con 324 individuos y *Simuliidae* (Diptera) (Anexo II, Imagen 6C y 6D) con 932 individuos en verano, que indican un componente de materia orgánica considerable. Pero no lo suficiente como para afectar a la calidad del agua ya que en este punto tiene bastante corriente y se encuentra muy bien aireada. Un elevado número a su vez de *Leuctridae* y *Heptageniidae* (Ephemeroptera) (Anexo II, Imagen 2) con valor de 10 en el IBMWP, elevaron la categoría de éste punto. Además en éste punto se recolectó el único ejemplar (en la totalidad de los muestreos) de la familia *Blephariceridae* (Diptera) (Anexo II, Imagen 6A y 6B) en invierno, que tiene la característica de vivir en tramos de fuerte corriente que soportan gracias a las ventosas ventrales que poseen y unas uñas fuertes. Suelen hallarse en tramos con aguas en general por debajo de los 14°C, lo que hace que se localicen sobre todo en zonas altas. En éste caso se encontró en una zona de 7,43°C de temperatura del agua y a 937 m de altitud. Son muy sensibles a cualquier contaminación, por lo que son indicadores de buena calidad del agua (Oscóz, 2012).

El tercer punto de muestreo, situado antes de llegar a la población de Salinas, obtuvo una calificación general de "Aceptable" para el estado ecológico de sus aguas. Tiene una elevada diversidad, muy similar al punto anterior, pero menor riqueza taxonómica (18 familias máximo). A pesar de su moderada calificación, las familias predominantes en éste punto durante otoño y verano obtienen valores de 10 en el IBMWP como *Heptageniidae* (61 individuos en otoño de un total de 157), *Chloroperlidae* (524 individuos de 786 totales) o los 256 *Leuctridae*. Aunque también hay un alto porcentaje de quironómidos (en primavera sobre todo) y baétidos. Tanto *Leuctridae* como *Chironomidae* son familias tolerantes a la polución orgánica, y la familia *Chloroperlidae*, a pesar de tener requerimientos de aguas frías y limpias, también puede tolerar pequeñas cargas de materia orgánica (Oscóz, 2012). Aun así, el número de éstas

familias es mucho menor que en puntos anteriores, por lo que la disminución de la clasificación del IBMWP viene dada por la gran mayoría de familias que tienen valores medios (entorno a 4-5) en el índice. El significativo aumento de quironómidos en primavera no es casual, está relacionado con la situación de eutrofia que presenta el punto C.3 en ésta estación, como se ha visto anteriormente, en la que la concentración de clorofila-*a* es la máxima anual.

El punto de Laspuña es el que obtiene mejor calificación en el índice IBMWP debido a que sobrepasa el valor de 100 en tres de las estaciones del año. El estado ecológico de sus aguas es "Muy bueno" y es el punto con mayor diversidad y riqueza taxonómica de todo el tramo (27 familias recolectadas en invierno). En éste punto, a diferencia de los anteriores, los quironómidos sólo fueron el grupo mayoritario en invierno. El resto del año fueron otras familias las que tuvieron mayor presencia: *Hydropsichidae* en otoño (valor IBMWP=5), *Baetidae* en primavera (valor IBMWP=4) y *Simuliidae* en verano (valor IBMWP=5). Pero con la presencia de familias con mayor puntuación como: *Heptageniidae* (valor IBMWP=10) que es una familia con requerimientos por un alto contenido de oxígeno disuelto en el agua, *Ephemerellidae* (valor IBMWP=7) o *Perlidae* (valor IBMWP=10) (Anexo II, Imagen 1). La presencia de éstas familias se debe a la elevada concentración de oxígeno disuelto en el agua en éste punto del tramo,

En verano la calidad ecológica del agua en Laspuña se ve considerablemente disminuida, pasando de ser muy buena a deficiente. La razón viene dada por una disminución tanto de la diversidad como de la riqueza taxonómica ya que solo se recolectaron 12 familias, de las cuales, la más numerosa corresponde a *Simullidae* (702 individuos), familia que se alimenta mediante filtración y que tolera cierta polución orgánica (Oscóz, 2012), por lo tanto podría indicar un aporte extra de nutrientes en ésta estación de mayor afluencia de gente en la zona, procedente de las poblaciones cercanas, como Salinas o el camping que allí se encuentra, pero también Lafortunada, Badaín, Tella-Sin, etc. O al efecto de la acumulación de materia orgánica descompuesta y retenida en la presa de Laspuña.

El punto situado aguas abajo de Mediano estuvo anegado completamente por las aguas todo el año (excepto en otoño, cuando además llevaba una fuerte corriente), con apariencia más de lago que de tramo fluvial, pues el punto ya se encuentra situado en la cola del embalse de El Grado. Obtuvo la peor puntuación de estado ecológico de sus aguas, con la clasificación de "Malo" en todo el año sin excepción. La explicación viene dada por una disminución de la diversidad y riqueza taxonómica respecto a los puntos anteriores, coincidiendo con lo descrito por otros autores, quienes indican que se observa una disminución de la diversidad desde los tramos más altos a los más bajos (Torralva *et al.*, 1996; Valladolid *et al.*, 2006; García de Jalón 2008), debido a las alteraciones del medio producidas por diferentes impactos antrópicos (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988; Alba-Tercedor *et al.*, 2005).

Éste punto tiene la menor riqueza registrada (sin contar con el punto C.6 en verano) en todo el año ya que contó con 6 familias como máximo en sus muestras y además con

muy pocos individuos de cada una de ellas. Las familias que en éste punto se recolectaron corresponden a grupos que soportan una fuerte polución orgánica como los moluscos *Planorbidae* y *Lymnaeidae* (Anexo II, Imagen 8A), anélidos como *Oligochaeta* o artrópodos como *Chironomidae*, *Caenidae* y *Corixidae*. Ésta última familia sólo se recolectó en éste punto (en primavera y verano) a lo largo del año. La familia *Corixidae* (Anexo II, Imagen 7B y 7C) es propia de zonas remansadas como lagos o estanques, y son resistentes a los cambios de temperatura, caudal o a la polución (Oscoz, 2012). Su bajo estado ecológico puede relacionarse con la transformación que ha sufrido éste tramo de río con la construcción de los embalses tanto de Mediano como El Grado, adquiriendo un comportamiento propio de un ecosistema lacustre de aguas leníticas (García de Jalón, 2008).

El hecho de que se encontrasen larvas de tritón puede tener varias explicaciones posibles: en el caso de que la especie correspondiese con el tritón pirenaico (*Calotriton asper*), éstas larvas de 2 cm de largo como máximo, podrían haber sido arrastradas desde la zona de cabecera (donde se ha constatado su presencia por otros autores), hasta la cola del embalse de El Grado donde se encontraron. Pues es poco probable que hubiesen estado siempre allí ya que es una especie que habita preferentemente los torrentes de aguas frías (Montori & Llorente, 2009). La otra opción, es que pertenezca a la especie de tritón palmeado (*Lissotriton helveticus*) y sí que habitase en el embalse, pues esta especie utiliza los medios acuáticos como lagos o embalses para reproducirse y prefiere masas de agua con vegetación sumergida (Diego-Rasilla, 2011). Es menos probable la opción de puedan pertenecer a la especie de tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*) debido a que en el cuadrante noreste peninsular es escaso y falta en amplias zonas de Cataluña y Aragón (Montori, 2010).

En el último punto, El Grado, el IBMWP otorga a sus aguas un estado ecológico diferente cada estación del año, pasando desde "Muy bueno" en otoño a "Malo" en verano. Esta situación da una idea de la variabilidad que se da aguas debajo de éste embalse. En general los resultados de otros autores indican que las estaciones con un estado ecológico peor, corresponden a tramos bajos de ríos cercanos a núcleos urbanos e industriales, zonas con importante actividad agrícola y ganadera o tramos por debajo de embalses (Oscoz *et al.*, 2007), como sería el caso de éste último punto.

En El Grado, la diversidad en otoño fue de las más elevadas a lo largo de todo el año, sin embargo, no tiene valores altos de riqueza taxonómica (19 familias máximo en otoño). También es de los puntos con mayor equidad (junto con el punto del Parador considerado en su conjunto y Mediano). Las familias más abundantes son *Hydropsichidae* (valor IBMWP=5) y *Philopotamidae* (valor IBMWP=8) en otoño, y *Simuliidae*, *Baetidae* y *Caenidae* en el resto de estaciones (valor IBMWP de 4-5). Además éste fue el único punto donde se recolectó algún odonato, concretamente de la familia *Gomphidae*, a los que se considera indicadores de aguas limpias, aunque toleran ciertas alteraciones en su medio (Oscoz, 2012).

Como ya se apuntó en la descripción de éste punto, su situación fue muy cambiante en cuanto al aspecto físico de la zona de muestreo en cuestión. El muestreo de otoño estuvo caracterizado por la presencia de una lámina de algas que recubría la totalidad de la anchura de la corriente junto con el menor caudal del año. En invierno y primavera, su aspecto fue similar: un elevado caudal y mayor profundidad. Finalmente, en verano, el punto se encontró anegado por el agua que se encontraba totalmente estancada, se había transformado en una balsa a la que se pudo comprobar que la gente acudía a bañarse. Esta transformación fue causada por el efecto que el embalse de El Grado produce sobre el río Cinca, evidenciándose así las alteraciones morfológicas que la construcción de embalses produce en el ecosistema fluvial. Pues como ya indicaba García de Jalón (2008), la geomorfología del cauce es la característica básica del sistema, ya que soporta las aguas, el sedimento y la componente viva del sistema. La presencia de un embalse en el cauce significa que los caudales circulantes se modifican y que los sedimentos arrastrados quedan atrapados por la presa. Por lo tanto, después de su construcción se produce un desequilibrio geomorfológico que el río tiende a compensar mediante un reajuste en su morfología, afectado en éste proceso a las comunidades que en él se asienten. Tal es así, que en ésta estación no se consiguió recolectar ningún individuo, este es el motivo por el que obtiene un valor de IBMWP de cero, y por lo tanto, un estado ecológico "Malo" de sus aguas.

Además, tanto en otoño como en verano se observaron individuos (tan solo uno en cada muestreo) de cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*), presencia que se explica por su capacidad para tolerar niveles bajos de oxígeno, temperaturas altas y una notable contaminación del agua (Oscóz, 2012).

Finalmente, y haciendo referencia de manera conjunta a los dos últimos puntos de muestreo, no se recolectaron prácticamente familias de macroinvertebrados indicadoras de buena calidad en sus aguas. Es decir, sensibles a la contaminación y a los bajos niveles de oxígeno. Las especies predominantes en éstos puntos corresponden con familias como *Chironomidae* (toleran condiciones próximas a la anoxia), *Baetidae*, *Corixidae*, *Caenidae*, *Ceratopogonidae*, *Simuliidae* e *Hydropsichidae* que tienen el rasgo en común de tolerar cierta contaminación orgánica y puntúan con valores de 3 a 5 en el IBMWP. La razón de ésta escasez de macroinvertebrados con requerimientos más exigentes en canto a la calidad del agua, se debe a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto que presentan éstos puntos. Pues la mayoría de invertebrados son sensibles a esta reducción de oxígeno disuelto, de tal forma que reducen su abundancia, o incluso desaparecen. Por el contrario, otros grupos toleran bien las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, como es el caso de algunas larvas de dípteros de la familia *Chironomidae* o algunas especies de oligoquetos, de tal manera que una elevada abundancia de estos grupos con respecto a las condiciones naturales o de referencia es indicadora de contaminación orgánica (Alonso & Camargo, 2005).

Al relacionar todos los índices de diversidad y de calidad, se comprobó que mantenían una correlación positiva entre ellos, excepto la equidad que se relaciona negativamente con el IBMWP y la riqueza taxonómica. Esto es debido a que la equidad es el resultado

de dividir la diversidad por el logaritmo neperiano de la riqueza, por lo tanto cuanto mayor sea el valor de la riqueza, menor será el de la equidad. Y por consiguiente, si el IBMWP se basa en la riqueza taxonómica, la equidad también mostrará una relación negativa con éste índice.

5.2 Abundancia, estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos

La abundancia tiene una variabilidad espacial significativa. La mayor abundancia de individuos recolectada se dio en Pineta en primavera con 2.498 macroinvertebrados (de los que 1.442 eran quironómidos), seguido de éste mismo punto en verano (2.400 individuos de los que 932 pertenecían a la familia *Simuliidae*) y Laspuña en primavera (1.974 individuos de los que 618 eran baétidos). Invierno fue la estación donde se recogieron menor cantidad de macroinvertebrados.

En cuanto al número total de individuos, fue de 16.443 macroinvertebrados recolectados a lo largo de un año pertenecientes a los órdenes: *Trichoptera* (11 familias), *Diptera* (10 familias), *Ephemeroptera* y *Coleoptera* (8 familias), *Plecoptera* (5 familias) y *Basommatophora* (4 familias). Con mayor abundancia de dípteros (41%) y efemerópteros (24%)

Con el análisis de componentes principales (PCA) se pudo ver la distribución espacio-temporal que siguieron las diferentes familias de macroinvertebrados en el periodo de un año. Las familias más abundantes fueron *Chironomidae*, seguida de *Baetidae* (coincidiendo con los órdenes más abundantes a lo largo del año). La familia *Chironomidae* fue más abundante en invierno principalmente. Sin embargo, se encontró un elevado número de individuos de éste grupo a lo largo de todo el año. Siendo los puntos de muestreo situados en el tramo central y final los más habitados por los quironómidos. Esta gran amplitud de distribución y abundancia se debe a las amplias tolerancias ecológicas que tiene la familia *Chironomidae* (Oscóz, 2012), pues la elevada riqueza de las distintas especies de quironómidos en los ríos, se mantiene no solo por su afinidad con los distintos tipos de microhábitat, si no por las diferencias en su dieta y su estacionalidad (Grzybkowska *et al.*, 2012).

La familia *Baetidae*, fue más abundante en primavera, concretamente en cabecera y en el punto final del tramo de estudio. Aunque también presente de forma considerable a lo largo de todo el tramo (excepto en Mediano) y de todo el año. La razón de que los baétidos aparezcan tan frecuentemente sin importar la estación o el tramo de río se debe a que está formada por géneros adaptados a vivir en ambientes y hábitats acuáticos muy diferentes. Con el factor añadido de que es la familia más frecuente de todas las efémeras (Oscóz, 2012).

El PCA mostró en general una alta dominancia en las estaciones de otoño y primavera (con condiciones menos extremas) de las familias *Baetidae*, *Leuctridae*, *Heptageniidae*

e *Hydropsichidae* (en menor medida). Las familias *Baetidae* y *Heptageniidae* forman parte del orden *Ephemeroptera*. *Leuctridae* pertenece al orden *Plecoptera*, e *Hydropsychidae* al orden *Trichoptera*. Por lo tanto los representantes macroinvertebrados de estas dos estaciones forman parte del llamado grupo EPT, caracterizado por tener (en general) mayores requerimientos ecológicos en cuanto a hábitat, temperatura o concentración de oxígeno disuelto en el agua (Jesús *et al.*, 2001; Segnini, 2003; Alba-Tercedor *et al.*, 2005; Torralba Burrial & Ocharan, 2007; Korte *et al.*, 2010), e indicando de éste modo una menor presencia de contaminación orgánica, que además se ve reflejada en una mejor calificación del estado ecológico de sus aguas "Muy bueno" en un mayor número de puntos que en invierno y verano.

En verano e invierno, las familias predominantes fueron *Chironomidae*, *Elmidae* y *Simuliidae*. Tanto los quironómidos como los simúlidos pertenecen al orden *Diptera* y *Elmidae* al orden *Coleoptera*. Los quironómidos como se dijo anteriormente, son un grupo muy tolerante a la contaminación por materia orgánica (Alonso & Camargo, 2005). Lo mismo ocurre con la familia *Simuliidae*, sin embargo, aunque *Elmidae* es una familia que coloniza hábitats muy variados, en general precisa aguas frías y ricas en oxígeno (Oscoz, 2012).

De ésta forma se podría decir, que esta situación indica que se alternan épocas de aguas con estado ecológico bueno o muy bueno con épocas en que se produce una degradación de la calidad del agua de aceptables a mala.

El análisis EPT sirvió para corroborar lo ya señalado por el PCA en cuanto a los quironómidos. Y además, como complemento de éste, mostró que los taxones EPT tienden a disminuir desde la cabecera hasta el punto final, aunque con ciertos tramos de recuperación (Salinas y Laspuña). En primavera hay una situación excepcional, ya que el porcentaje de grupos EPT tras disminuir en Pineta, vuelve a incrementarse paulatinamente hasta alcanzar su máximo en el Grado, aunque representado por una familia con valor de IBMWP medio: *Baetidae*, y por ello no debe considerarse como un punto en el que mejore la calidad del agua. Por otra parte, se demuestra que los oligoquetos no son abundantes en el río Cinca.

Analizando todo lo anterior en conjunto, se puede decir que la primera hipótesis de partida referente a la esperable disminución de la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados aguas abajo del río debido a las alteraciones del medio producidas por diferentes impactos antrópicos, entre los que se incluye la cadena de embalses (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988; Alba-Tercedor *et al.*, 2005), no se cumple. Pues la tendencia de la diversidad en el río Cinca es a mantenerse constante a lo largo de todo el recorrido estudiado sin diferencias significativas, como mostró el test Kruskal-Wallis.

Respecto a la segunda hipótesis, que hacía referencia a que algunos organismos acuáticos (simúlidos, quironómidos, gasterópodos) se verían favorecidos por las condiciones alteradas de los tramos aguas abajo de los embalses, mientras que otros taxones disminuirán (efemerópteros, plecópteros, tricópteros) debido a sus diferentes

requerimientos ecológicos (García de Jalón, 2008), en general, más exigentes. Se cumple en su mayor parte. Pues sí que se produce un aumento de gasterópodos en los tramos aguas abajo de los embalses (principalmente del embalse de Laspuña y el de El Grado) y quironómidos. En general, en el río Cinca la comunidad de quironómidos ha ido aumentando aguas abajo (hecho que se ve claramente en otoño -Figura 79a- e invierno -Figura 79b-), especialmente bajo la presa de Pineta y la de Mediano (con la excepcionalidad de primavera, donde aumentan hasta Pineta, para después ir disminuyendo hasta un mínimo de individuos aguas abajo de El Grado). Sin embargo, la familia *Simuliidae* es más abundante en el tramo medio del río (bajo la presa Pineta y la de Laspuña), teniendo tan sólo un número significativo de individuos en el tramo bajo en otoño, coincidiendo con la época en que los puntos C.5 y C.6 correspondientes a éste tramo final tenían una mayor corriente, a la cual suele ir asociada ésta familia.

Por otra parte, se planteaba una disminución de los taxones ETP debida a la perturbación de las condiciones del medio por diferentes impactos antrópicos, y en especial, el efecto ocasionado por el sistema de embalses del Cinca, ya que este grupo tiene requerimientos ecológicos más exigentes. Efectivamente, el patrón que sigue el río va en éste sentido. Su abundancia va disminuyendo desde la cabecera hasta el tramo más bajo, sin embargo, se puede apreciar una recuperación de éstos grupos en Salinas y Laspuña. Igual que ocurre con los quironómidos, la excepción se da en primavera, estación en la que el grupo EPT desciende bruscamente en Pineta, para después recuperarse e ir aumentando progresivamente hasta El Grado, al contrario que ocurre el resto del año.

Estas pequeñas variaciones en cuanto a las hipótesis iniciales, pueden venir explicadas por otros impactos como los vertidos puntuales de aguas residuales de las poblaciones adyacentes. Pues como explica Ortiz *et al.*, (2005), los efluentes de aguas residuales domésticas representan una de las causas más comunes de degradación de la calidad del agua en los ecosistemas fluviales. Así como de los aportes de agricultura (sobre todo en El Grado) y ganadería o los vertidos industriales.

Además se debe tener en cuenta el gran estado ecológico en el que se encuentran Pineta y Laspuña, marcando una zona de recuperación del río. Por lo tanto, se puede decir que el río Cinca sí se encuentra impactado por la acción de los embalses, pero no de una forma generalizada, si no que son los embalses más grandes: Mediano y El Grado, los que producen una mayor perturbación en la calidad de sus aguas. Esta degradación se ve reflejada en el IBMWP, pero también en la riqueza taxonómica y en la diversidad. La situación del río bajo la presa de Mediano es totalmente deficiente, presentando un aspecto lacustre, y por lo tanto muy alterado respecto a las características naturales que le correspondería tener.

5.3 Rasgos ecológicos de la comunidad de macroinvertebrados

Haciendo referencia a las características ecológicas, se puede deducir la dinámica que sigue la comunidad de macroinvertebrados en cuanto a sus requerimientos. Mostrando una mayor afinidad por aquellos tramos o épocas del año que le sean más propicias para su desarrollo.

Los distintos recursos tróficos, así como su disponibilidad es un factor importante en el Concepto de Río Continuo (o River Continuum Concept; RCC) descrito por Vannote *et al.*, (1980) que se basa en la teoría del equilibrio energético. El RCC propone una distribución de los macroinvertebrados a lo largo del río de manera que aprovechen el máximo de los recursos disponibles en cada tramo del río y época del año (Figura 87).

Éste es un modelo conceptual sobre las relaciones entre el tamaño del canal, los cambios progresivos en la estructura trófica y los atributos funcionales de la biota que habita en sistemas lóticos (Pérez Munguía *et al.*, 2004). Según Vannote *et al.*, (1980) y Monzón *et al.*, (1991) en la zona de cabecera del río deberían de predominar las familias trituradoras y colectoras (detritívoros), tal y como ocurre en el río Cinca (sin tener en cuenta a las familias generalistas), con un predominio de las familias que disponen de ambas estrategias. En el tramo medio de río estudiado aumenta el porcentaje de raspadores respecto al tramo alto, ya que coevolucionan con la producción primaria del perifiton (Monzón *et al.*, 1991), mayoritaria en éste tramo. A partir de Laspuña los depredadores y trituradores aumentan su número de forma discreta. El tramo final de estudio (Mediano y El Grado) se caracteriza por un predominio de familias con estrategias filtradoras (colectoras- filtradoras) (sobre todo en C.6) que se alimentan de las pequeñas partículas orgánicas en suspensión (Alonso & Camargo, 2005) y detritívoras. Los depredadores aparecen de manera constante durante todo el tramo, coincidiendo con lo descrito por Vannote *et al.*, (1980) y Monzón *et al.*, (1991). Además, éstas familias colectoras-filtradoras son más numerosas en verano.

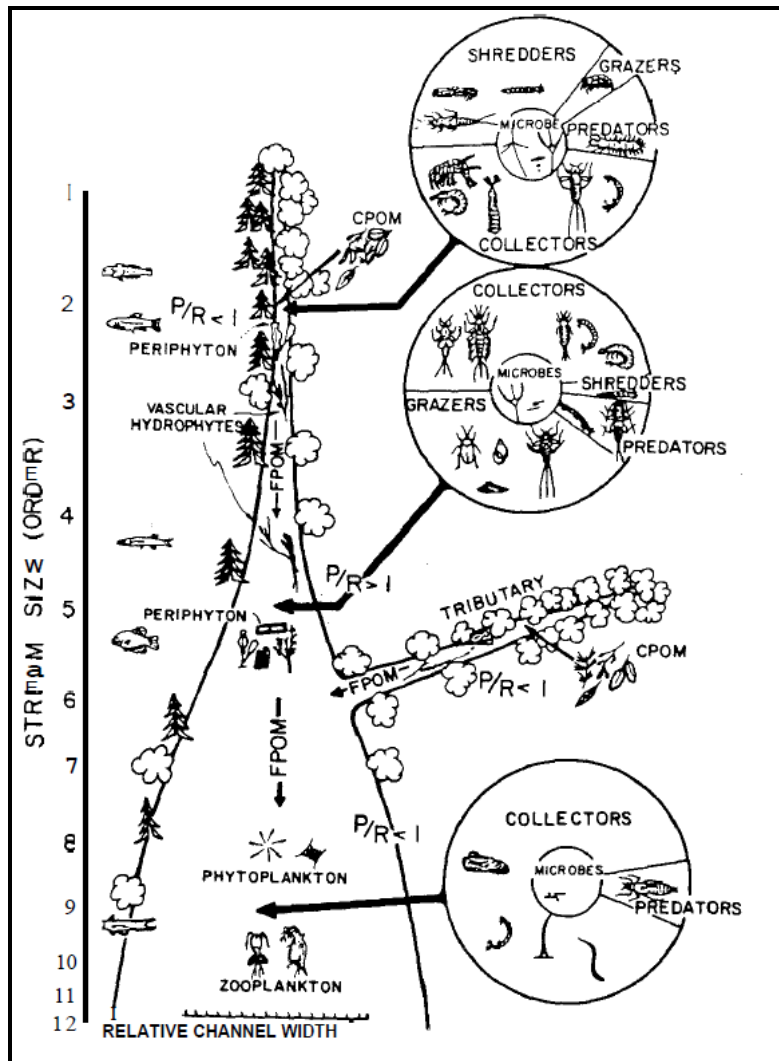


Figura 87. River Continuum Concept (RCC) (Vannote *et al.*, 1980).

Los macroinvertebrados más abundantes a lo largo de todo el año fueron los que mostraban afinidad tanto por el sustrato grueso como el vegetal (indiferentemente de la estación), aunque en invierno sí hubo un incremento de las familias con preferencias de microhábitats con sustrato grueso y fino, pues invierno es la estación del año con menor disponibilidad de material vegetal (no quedan hojas en los árboles de hoja caduca) y menor cantidad de perifiton. La distribución de las familias en el tramo estudiado sigue un orden acorde con las características del terreno en cada caso. En cabecera predominan las familias afines a un sustrato grueso y vegetal, y en el tramo inferior las que prefieren un sustrato vegetal o fino.

La distribución de los macroinvertebrados en función de los diferentes grados de eutrofia es muy variable tanto espacialmente como temporalmente. Aunque podría hacerse una división: en la zona de cabecera, en las estaciones más frías predominan las familias que prefieren zonas oligotróficas, pero en las más cálidas, hay una mayor abundancia de familias afines a la eutrofia y mesotrofia (a pesar de que es una zona que ha mostrado ser oligotrófica todo el año). En segundo lugar, el tramo intermedio, tiene gran variabilidad respecto a éste rasgo, pasando de preferencias de oligo-mesotrofia en

otoño a eutrofia-mesotrofia en primavera coincidiendo con la calificación de éste tramo en las diferentes estaciones como se ha mencionado en el apartado del estado trófico del río en éste trabajo. En el tramo final (embalses de Mediano y El Grado) predominan los organismos que prefieren zonas de eutrofia-mesotrofia, sin embargo ambos puntos mostraron tener un nivel de eutrofia bajo.

Las familias con preferencias de mayor altitud en la cuenca están situadas en la zona de cabecera (entorno a 1.000 m) y las que tienen mayor afinidad por zonas más llanas, tienen mayor abundancia en el tramo final (300-500 m de altitud). La familia *Simuliidae* es la principal representante de las familias con afinidad por zonas de alta montaña, siendo los puntos de Pineta y Laspuña en los que se encontró mayor número de individuos de ésta familia (932 y 702 respectivamente) ya que también requiere materia orgánica en suspensión de la que se alimentan mediante filtración.

El *trait* referente al tipo de velocidad de corriente, no fue muy representativo por el alto porcentaje de familias con preferencias similares por varios tipos de corriente. Aun así, Pineta y Laspuña indicaron tener mayor número de individuos que prefieren corrientes rápidas. Y Mediano y El Grado, un mayor número de individuos asociados con corrientes lentas.

6. CONCLUSIONES

Después de analizar toda la información aportada en éste estudio, se pueden extraer las siguientes conclusiones en relación a los objetivos iniciales propuestos:

- 1) Los embalses existentes en la cuenca del río Cinca modifican su régimen de caudales y su hidrogeomorfología, pues a lo largo del estudio se observó que los caudales en el río eran mayores en verano que en otoño, cuando debería ser al revés si siguiese el régimen hidrológico pluvionival. Los efectos producidos por dicha alteración son más notables aguas abajo de los embalses de mayor tamaño, en éste caso, de Mediano y El Grado. Éstos tramos fluviales han pasado a ser (de manera constante o puntualmente) sistemas lacustres, con características de zonas de agua lenítica. Condiciones que han obligado a la fauna acuática a adaptarse o a desaparecer de éstos tramos, como ocurrió en el punto situado en la cola del embalse de El Grado durante todo el año (C.5) o en el punto aguas abajo de El Grado (C.6) en verano, donde se encontraron muy pocos macroinvertebrados o incluso ninguno, en el segundo caso.
- 2) En general el río sigue el patrón esperado, pero en los embalses de Mediano y El Grado se puede observar claramente la alteración de las características físico-químicas naturales de su curso, en los que se produce un aumento de la temperatura del agua y de la conductividad. Además los embalses acumulan materia orgánica, produciendo un aumento de la eutrofización aguas abajo que se ve traducida en una disminución muy acusada de la concentración de oxígeno disuelto en la masa de agua que también conlleva una bajada de pH. Este aumento de materia orgánica viene dado tanto por los vertidos de aguas residuales que el río recoge a su paso, como por vertidos industriales, agrícolas y ganaderos que van siendo más abundantes cuanto más descendemos en el cauce.
- 3) El estado ecológico del río Cinca en general es bueno. Se alternan épocas de calidad buena o muy buena (como ocurre en otoño y primavera) con épocas de calidad aceptable o deficiente (invierno y verano). El tramo central indica tener la mejor calidad (IBMWP) del recorrido, especialmente en Laspuña. Pero también las dos únicas situaciones de eutrofia detectadas en todo el año en primavera y verano (en Salinas).
- 4) En general, los índices biológicos se ven disminuidos aguas abajo tanto de Mediano como de El Grado. Pero el estado más avanzado de degradación del medio natural se da en Mediano (C.5), pues obtuvo los peores valores de IBMWP, riqueza taxonómica y diversidad.
- 5) En último punto del tramo estudiado, situado a una distancia considerable de la presa de el Grado, el río tiende a recuperarse de todos los impactos sufridos

aguas arriba, ya que los índices de calidad y diversidad aumentan de una forma notoria respecto al punto anterior. En el tramo alto y medio la diversidad y la equidad se mantienen constantes, pero el IBMWP, riqueza taxonómica y abundancia son mayores en el tramo central (Laspuña).

- 6) Las familias más abundantes de todo el estudio fueron *Chironomidae* (Diptera) y *Baetidae* (Ephemeroptera). Familias sin altos requerimientos ecológicos y con una gran variedad de especies con características diferentes que hacen que estén presentes todo el año independientemente del tramo de río y de la estación. Los grupos ETP (*Ephemeroptera*, *Trichoptera*, *Plecoptera*), son más abundantes en cabecera y tienden a disminuir aguas abajo. Al contrario ocurre con los quironómidos, indicando así un aumento de la contaminación por materia orgánica conforme descendemos por el río Cinca.

- 7) Los datos obtenidos en este estudio muestran que un análisis conjunto de parámetros físico-químicos e índices bióticos permiten conocer el estado ecológico del río Cinca y las perturbaciones que sufre. El uso de macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad del río ha demostrado ser de mucha utilidad, indicando alteraciones a corto y largo plazo. Además de ser un método barato. El perifiton resulta de gran utilidad para éste tipo de estudios, pues aporta información complementaria muy útil en cuanto a la diagnosis del río. El hecho de llevar a cabo un estudio estacional, permite detectar alteraciones en el ecosistema fluvial causadas tiempo atrás y comparar la evolución espacio-temporal tanto de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, como de la concentración de clorofila o de los parámetros físico-químicos. Este tipo de estudios aporta una gran cantidad de información relacionable que permite una visión más exhaustiva y a la vez, general, del estado en el que se encuentra el río Cinca.

7. AGRADECIMIENTOS

Me gustaría dar las gracias a Rocío, por darme la oportunidad de llevar a cabo éste trabajo. Por todo lo que me ha enseñado tanto a lo largo de éste proyecto como de toda la carrera en general. Por resolver todas mis dudas y ayudarme en todo lo posible. Por su simpatía, su cercanía y su paciencia.

A José Antonio Cuchí, por toda la ayuda prestada tanto como profesor durante la carrera, como co-director de éste trabajo.

Gracias a mis padres y hermana, por su apoyo, su paciencia y su comprensión. Por estar ahí día a día.

A Carlos, porque siempre estás, por escucharme y por darme ánimo cada día.

Muchas gracias a todas las personas que me han acompañado a alguno de los muestreos, independientemente de la climatología que hiciese. Muestreos de los que he disfrutado mucho y que no hubiesen sido lo mismo sin vuestra compañía: Rocío, Luís, Alberto, Marta, Carlos y Omar.

A Marta, por todas las horas metidas en el laboratorio, por los buenos ratos que hemos pasado juntas.

A mi amigo Luís, por estar cuando lo necesitas.

A Jon, el pequeño ecólogo, por lo bien que se portó durante los muestreos, por prestarme la atención de Rocío algún ratito.

Muchas gracias a todos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abel, P.D. 2000. *Water Pollution Biology*. Taylor & Francis Publishers. 2nd Edition. London.
- Abós Castel, F.P. (s.f.). El paisaje de la comarca del Somontano de Barbastro. pp:37-51.
- Alba-Tercedor, J. & Sánchez-Ortega, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética*, 4:51-56.
- Alba- Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)*, Almería, España, vol. II: 203-213.
- Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., Pujante, A. Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). 2005. Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. Ministerio de Medio Ambiente. Gobierno de Aragón.
- Álvarez Cabria, M. 2009. *Estudio de la variabilidad espacio-temporal de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los ecosistemas fluviales de Cantabria. Repercusiones para la aplicación de la Directiva Marco del Agua*. (Tesis doctoral). Universidad de Cantabria. Santander.
- Alcaraz Ariza, F. J. 2013. Clasificación y ordenación con R. Geobotánica, Práctica 2. Versión de 14 de febrero de 2013. Universidad de Murcia, España.
- Alonso, A. 2006. Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas*, 15(2):101-105.
- Alonso, A & Camargo, J. A. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14(3):87-99.
- Armengol, J. 1998. Efectos ecológicos del dragado y vaciado del embalse de Barasona. *Limnética*, 14:17-33.
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F., Furse, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. *Water Research*. 17:333-347.
- Blisjwijk, W.V., Coimbra, C.N., Graça, M.A.S. 2004. The use of biological methods bases on macroinvertebrates to an iberian stream (Central Portugal) receiving a paper mill effluent. *Limnética*, 23(3-4):307-314.

- Cairns, J., Pratt, J. M. 1993. A History of Biological Monitoring Using Benthic Macroinvertebrates. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. (2): 10-27.
- Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). 2002a. *Atlas del río Cinca. Estudio de la calidad ecológica integral de los tramos fluviales más importantes del río Cinca*. Comisaría de Aguas (Ministerio de Medio Ambiente). Vol. III.
- Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). 2002b. *Informe de Síntesis río Cinca. Estudio de la calidad ecológica integral de los tramos fluviales más importantes del río Cinca*. Comisaría de Aguas (Ministerio de Medio Ambiente). Vol. II.
- Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). 2008. *Borrador del Plan Hidrológico del río Cinca*. Versión V.1; Zaragoza, marzo de 2008. Gobierno de Aragón, Ministerio de Medio Ambiente; Generalitat de Catalunya.
- Del Valle Melendo, J. 1997. La precipitación media anual en el sector alto de la cuenca del Cinca (Pirineo Aragonés, España). *Pirineos*, 149-150: 121 a 144, Jaca.
- Del Valle Melendo, J. 2003. El medio físico. *Revista del Centro de Estudios del Sobrarbe*. Instituto de Estudios Altoaragoneses. (9), 9-37.
- Del Valle Melendo, J. 2006-2007. Espacios Naturales Protegidos y desarrollo rural: El caso de la comarca del Sobrarbe. *Revista de Desarrollo Rural y Cooperativismo Agrario*. 10, 175-194.
- Diego-Rasilla, F. J. 2011. Tritón palmeado – *Lissotriton helveticus*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Martínez-Solano, I. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Dirección General de Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente (DGCN-MIMAM). 2005. Zonas de Especial Protección para las Aves. Red Natura 2000. (Dir. 79/409 CEE). *Formularios Oficiales Red Natura 2000*. 1-7.
- Dirección General de Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente (DGCN-MIMAM). 2005. Lugares de la Lista Nacional. Red Natura 2000. (Dir. 92/43 CEE). *Formularios Oficiales Red Natura 2000*. 1-6.
- Directiva 79/409/CEE del Consejo de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Directiva 2000/60/CE Del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

- Dodds, W. K., Jones, J. R., Welch, E. B. 1998. Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. *Water Research*. 32(5): 1455-1462.
- Dodds, W.K. 2006. Eutrophication and trophic state in rivers and streams. *Limnol.Oceanogr*, 51(1, part2), 671-680.
- Domínguez Gómez, J.A., Marcos Martín, C., Chao Rodríguez, Y., Delgado Rojas, G., Rodríguez Pérez, D. 2012. *Estudio de aguas continentales mediante teledetección*. Editorial UNED. (3): 85-87.
- Galván Plaza, R. 2006. El régimen hidrológico del río Cinca a finales del siglo XIX. *Geographicalia*, (49), 37-50.
- García de Jalón, D., González del Tánago, M., Casado, C. 1992. Ecology of regulated stream in Spain: An overview. *Limnética*. 8:161-166.
- García de Jalón, D. 2008. *La regulación de los caudales y su efecto en la biodiversidad*. Consultada el 27 de Diciembre de 2013, en http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/6B-S2-P1_Diego%20G%20JalonACC.pdf
- García-Ruiz, J. M. 1977. Grandes embalses y desorganización del espacio: el ejemplo del Alto Aragón. *Cuadernos de investigación: Geografía e historia*. 3(1), 31-46.
- García-Ruiz, J. M. & Puigdefábregas-Tomás, J. 1985. Efectos de la construcción de pequeñas presas en cauces anastomosados del Pirineo Central. *Cuadernos de investigación geográfica*. (11), 91-102.
- García-Ruiz, J. M., Puigdefábregas-Tomás, J., Creus-Novau, J. 2013. Influencia de las características físicas de las cuencas hidrográficas en la frecuencia e intensidad de crecidas. *Cuadernos de investigación geográfica*. 6: 19-36.
- Gil Quilez, M.J., Palau, A y Fernandez Manzanal, Ch. 2001. Calidad biológica (BMWP) de las aguas del río Cinca (Huesca). *Limnética*, 20(1): 107-113.
- Gómez N., Charles Donato J., Giorgi A., Guasch H., Mateo P., Sabater S. 2009. La biota de los ríos: los microorganismos autótrofos. En Elosegui A. y Sabater S., Eds. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. España. Fundación BBVA. 219-240.
- González del Tánago, M., & García de Jalón, D. 2006. Propuesta de caracterización jerárquica de los ríos españoles para su clasificación según la Directiva Marco de la Unión Europea. *Limnética*, 25(3):693-712.
- Hanson, P., Springer, M., Ramirez, A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 58. Supl. 4.

- Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ahora Instituto Geológico y Minero de España-IGME-). 1989. *Mapa geológico de España. Escala 1:50.000. Bujaruelo*; Primera Edición.
- Jáimez- Cuellar, P., Vivas, S., Bonada, N., Robles, S., Mellado, A., Álvarez, M., Avilés, J., Casas, J., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Sáinz- Cantero, C.E., Sánchez- Ortega, A., Suárez, M^a. L., Toro, M., Vidal-Abarca, M^a. R., Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. 2002. Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnética*. 21(3-4);187-204.
- Jeffrey, S. W & Humphrey, G. F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a,b,c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen*. 167: 191-194.
- Jesús, T., Formigo, N., Santos, P., Tavares, G.R. 2004. Impact evaluation of the Vila Viçosa small hydroelectric power plant (Portugal) on the water quality and on the dynamics of benthic macroinvertebrate communities of the Ardena river. *Limnética*. 23(3-4):241-256.
- Korte, T., Baki, A.B.M., Ofenböck, T., Moog, O., Sharma, S., Hering, D. 2010. Assessing river ecological quality using benthic macroinvertebrates in the Hindu Kush- Himalayan region. *Hydrobiologia*. 651:59-76.
- Longares Aladrén, L.A. 2004. Variedad biogeográfica del territorio aragonés. *Geografía física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*. Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico. pp: 27-40.
- López Moreno, J.I., Beguería, S., García Ruíz, J.M. 2003a. Efecto de los embalses en el control de las avenidas en el Pirineo Central Español. *Geographicalia*. 44, 57-74.
- López Moreno, J.I., Beguería, S., Valero Garcés, B., García-Ruíz, J.M. 2003b. Intensidad de las avenidas y aterramiento de embalses en el Pirineo Central español. *Ería*. 61:159-167.
- López Moreno, J.I., García Ruíz, J.M. 2003. Influencia de los embalses sobre el régimen fluvial en los Pirineos Centrales. *Cuadernos de investigación geográfica*. (29): 7-21.
- López Núñez, F.A., González Filguira, L., Gutiérrez Díez, I., Rodríguez Vieites, D. 2011. Efecto de una presa sobre las comunidades bentónicas de macroinvertebrados y su hábitat en un río atlántico. *Boletín BIGA*. 10: 19-29.
- Martínez Peña, M. B & Pocoví, A. 1988. El amortiguamiento frontal de la estructura de la cobertera surpirenaica y su relación con el anticlinal de Barbastro-Balaguer. *Acta geológica hispánica*. 23(2), 81-94.

- Mata-Perelló, J.M., Sanz Balagué, J., Vilaltella Farrás, J. 2013. Recorrido desde L'Ainsa a Escalona, a Escuaín, a Bielsa y al Valle de Pineta, a través del patrimonio geológico y minero de la comarca del Sobrarbe. Recorridos por la comarca del Sobrarbe. *Rodeno*. Serie B, 37:1-14.
- Miserendino, M.L. & Pizzolón, L.A. 1999. La evaluación rápida de la calidad del agua de los ríos usando macroinvertebrados: Un índice biótico nivel familiar para la zona patagónica andina *Acta Limnologica Brasiliensia*. 11 (2), 137-148.
- Montori, A. 2010. Tritón jaspeado – *Triturus marmoratus*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Martínez-Solano, I. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Montori, A & Llorente, G. A. 2009. Tritón pirenaico–*Calotriton asper*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A. (Ed.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Monzón, A., Casado, A., Montes, C., García de Jalón, D. 1991. Organización funcional de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de un sistema fluvial de montaña (Sistema Central, río Manzanares, España). *Limnética*. 7:97-112.
- Oliva Urcía, B., Pueyo, E. L., Casas Sainz, A., Román Berdiel, T. (s.f.). *Remagnetización del Triásico de la Zona Axial pirenaica* (lámina de Bielsa, Huesca).
- Ortiz, J.D., Martí, E., Puig, M.A. 2005. Recovery of the macroinvertebrate community below a wastewater treatment plant input a Mediterranean stream. *Hydrobiologia*, 545:289-302.
- Oscoz, J., Campos, F., Escala, M.C. 2004. Calidad biológica de las aguas del río Larraun (Navarra)(1996-1997). *Ecología*, (18): 11-20.
- Oscoz, J., Durán, C., Pardos, M., Gil, J., Viamonte, A. 2008. Evolución histórica de la calidad biológica del agua en la cuenca del Ebro (España)(1990-2005). *Limnética*, 27(1):119-130.
- Oscoz, J., Gomá, J., Ector, L., Cambra, J., Pardos. M., Durán. 2007. Estudio comparativo del estado ecológico de los ríos de la cuenca del Ebro mediante macroinvertebrados y diatomeas. *Limnética*, 26(1): 143-158.
- Oscoz, J., Galicia, D., Miranda, R. 2011. *Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Oscoz, J. 2012. Guía de campo. Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro. (Ed.) Confederación Hidrográfica del Ebro.

- Palau Ibars, A. 2003. Medidas de gestión y adecuación ambiental de embalses frente a la eutrofia. *Limnética*. 22 (1-2): 1-13.
- Pedrocchi-Renault, C. 1987. *Fauna ornítica del Alto Aragón occidental* (Vol.1). Editorial CSIC-CSIC Press.
- Pérez Collados, C.E. 2002. El tritón, especie protegida. *Trébede. Mensual aragonés de análisis, opinión y cultura*. (60), 12-16.
- Pérez Munguía, R., Pineda López, R.F., Campos Cervantes, V. 2004. Estructura trófica de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos de manantiales cársticos en la Huasteca Mexicana. *Biológicas*, (6): 37-47.
- Prat Fornells, N. 1999. Estado ecológico de los ecosistemas acuáticos en España. En *El agua a debate desde la Universidad: hacia una nueva cultura del agua: 1er Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas* (pp.153-172). Institución Fernando el Católico.
- Raposeiro, P.M & Costa, A.C. 2009. Benthic macroinvertebrate based indices for assessing the ecological status of freshwaters on oceanic islands. *Arquipélago. Life and Marine Sciences*, 26:15-24.
- Ríos, L.M., Beltrán, F.J., Lanaja, J.M., Marín, F.J. 1979. Contribución a la geología de la Zona Axial Pirenaica, valles del Cinca y Ésera, provincia de Huesca. *Acta Geológica Hispánica*. Homenaje a Lluís Solé i Sabarís. t. 14. pp: 271-279.
- Sánchez Navarro, J.A., Martínez Gil, F.J., San Román Saldaña, L., Miguel Cabeza, J. L.de. 1988. Manifestaciones hidrológicas e hidroquímicas de flujos subterráneos procedentes de formaciones poco permeables del Terciario en el Somontano de Huesca. *Estudios geológicos*, 44:445-452.
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos*, 16(2): 45-63.
- SITEbro. Confederación Hidrográfica del Ebro. Consultada el 30 de Diciembre de 2013 en <http://iber.chebro.es/sitebro/sitebro.aspx>
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. 2000. *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie* (pp. 1-588). Paris: CNRS éditions.
- Terrádez Gurrea, M. 2000. Análisis de Componentes Principales. *Proyecto e-Math. Financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD)*.
- Torrarba-Burrial, A & Ocharan, F. J. 2007. Comparación del muestreo de macroinvertebrados bentónicos fluviales con muestreador surber y con red manual en ríos de Aragón (NE Península Ibérica). *Limnética*, 26(1):13-24.

- Torralba-Burrial, A & Ocharan, F. J. 2007. Protocolo para la evaluación del estado ecológico de la red fluvial de Aragón (NE de España) según sus comunidades de macroinvertebrados bentónicos. *Limnética*, 26(2):259- 372.
- Torralba, M.M., Oliva, F. J., Ubero-Pascal, N.A., Malo, J., Puig, M.A. 1996. Efectos de la regulación sobre los macroinvertebrados en el río Segura (S.E. España). *Limnética*, 11(2):49-56.
- Val, R., Niñerola, D., Armengol, J., Dolz, J. 2003. Incidencia de los embalses en el régimen térmico del río. El caso del tramo final del río Ebro. *Limnética*. 22(1-2): 85-92.
- Val, R., Niñerola, D., Pomares, J., Dolz, J., Armengol, J. 2006. Alteración que presenta la temperatura del agua por la existencia de embalses. *Ingeniería hidráulica en México*. 21, (1): 59-72.
- Valladolid, M., Martínez-Bastida, J. J., Araúzo, M., Gutiérrez, C. 2006. Abundancia y biodiversidad de los macroinvertebrados del río Oja (La Rioja, España). *Limnética*, 25(3):745-752.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., Cushing, C. E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.
- William Louda, J & Monghkonsri, P. 2002. Comparison of spectrophotometric estimates of chlorophylls-*a*,-*b*,-*c* and "pheopigments" in Florida Bay seston with that obtained by high performance liquid chromatography-photodiode array analyses. *Florida Atlantic Geochemistry Group*. pp:1-10.

Consultada el 24 de abril de 2013 en:

http://www.aoml.noaa.gov/ocd/sferpm/louda/louda_chl_compare.pdf

9. ANEXO

Anexo I. Tablas y Figuras

Estación	Punto muestreo	Puntos	Tª (°C)	Conductividad (μS/cm)	O ₂ disuelto (mg/l)	(%)	pH	Profundidad (cm)
OTOÑO (25-11-2012) (26-11-2012)	C.1 Parador	P1	5,9	202	12,32	100		35
	C.1 Parador	P2	5,9	202	12,7	103,1		35
	C.1 Parador	P3	5,9	202	12,41	101,1		35
	C.2 Pineta	P1	8	290	12,21	103,7		35
	C.2 Pineta	P2	8	291	12,48	106,4		35
	C.2 Pineta	P3	8	291	12,48	103,8		35
	C.3 Salinas	P1	8,3	297	11,83	102		65
	C.3 Salinas	P2	8,3	298	11,88	103		65
	C.3 Salinas	P3	8,3	298	12,13	104,1		65
	C.4 Laspuña	P1	7,4	258	13,33	112,3		40
	C.4 Laspuña	P2	7,3	257	12,31	107,5		40
	C.4 Laspuña	P3	7,3	255	12,38	107,9		40
	C.5 Mediano	P1	10,6	266	11,29	102,3		40
	C.5 Mediano	P2	10,6	266	11,32	102,5		40
	C.5 Mediano	P3	10,6	266	11,31	102,5		40
	C.6 El Grado	P1	13,9	522	10,23	99,7		20
	C.6 El Grado	P2	13,9	522	9,89	96,5		25
	C.6 El Grado	P3	13,9	522	9,97	97,6		25
INVIERNO (8-03-2013) (16-03-2013)	C.1 Parador	P1	7	202,7	10,2	98,8	8,31	40
	C.1 Parador	P2	7	200,1	10,29	99,2	8,35	35
	C.1 Parador	P3	7	199,2	10,23	99,1	8,35	35
	C.2 Pineta	P1	7,5	162,5	10,52	98,9	8,27	35
	C.2 Pineta	P2	7,4	163,4	10,56	99	8,25	35
	C.2 Pineta	P3	7,4	162,6	10,55	98,9	8,24	30
	C.3 Salinas	P1	7,5	178	10,59	99	8,18	65
	C.3 Salinas	P2	7,5	178	10,54	98,8	8,18	40
	C.3 Salinas	P3	7,5	176,8	10,48	98,6	8,22	30
	C.4 Laspuña	P1	8,9	476	10,51	98,9	8,54	30
	C.4 Laspuña	P2	8,7	407	10,6	99,1	8,58	30
	C.4 Laspuña	P3	8,3	322	10,81	100,1	8,56	30
	C.5 Mediano	P1	7,1	321	11,57	100,6	8,3	20
	C.5 Mediano	P2	7,1	334	11,65	101,4	8,32	20
	C.5 Mediano	P3	7,1	334	11,69	101,5	8,3	20
C.6 El Grado	P1	8,5	301	11,81	105,3	8,36	30	
C.6 El Grado	P2	8,8	300	11,74	105,3	8,32	35	
C.6 El Grado	P3	8,6	301	11,86	105,8	8,31	35	
PRIMAVERA (24-05-2013)	C.1 Parador	P1	6	177,6	10,58	98,9	9,21	40
	C.1 Parador	P2	5,9	179,1	10,64	99,1	8,38	35
	C.1 Parador	P3	5,8	178,7	10,68	99,2	8,47	35

	C.2 Pineta	P1	8,9	255	10,39	100	8,79	35
	C.2 Pineta	P2	8,9	255	10,41	100,2	8,73	35
	C.2 Pineta	P3	9	255	10,42	100,6	8,68	35
	C.3 Salinas	P1	10,1	260	10,11	99,7	8,83	80
	C.3 Salinas	P2	10,1	260	10,15	100,3	8,67	40
	C.3 Salinas	P3	10,2	263	10,15	100,4	8,76	30
	C.4 Laspuña	P1	8,3	200	10,99	101	8,59	35
	C.4 Laspuña	P2	8,3	198,4	10,97	100,9	8,7	35
	C.4 Laspuña	P3	8,5	204,6	10,99	101,4	8,75	35
	C.5 Mediano	P1	11,5	287	10,23	98,9	8,61	20
	C.5 Mediano	P2	12,3	300	10,43	102,7	8,71	20
	C.5 Mediano	P3	12,3	290	10,44	102,8	8,25	20
	C.6 El Grado	P1	11,9	340	10,28	99,1	8,46	35
	C.6 El Grado	P2	12	341	10,25	99	8,47	35
	C.6 El Grado	P3	12,3	343	10,16	98,8	8,48	35
VERANO (28-07-2013)	C.1 Parador	P1	10,7	105,3	9,44	98,7	8,22	25
	C.1 Parador	P2	10,8	104,5	9,41	98,5	8,14	30
	C.1 Parador	P3	10,8	105,9	9,49	99,3	7,98	30
	C.2 Pineta	P1	15	254	9,42	104,6	8,76	40
	C.2 Pineta	P2	15,2	253	9,52	106,5	8,81	40
	C.2 Pineta	P3	15,2	254	9,25	104,7	8,77	40
	C.3 Salinas	P1	15,9	258	9,25	103,7	8,9	65
	C.3 Salinas	P2	16	256	9,34	104,7	8,88	45
	C.3 Salinas	P3	16,3	253	9,27	104,7	8,96	32
	C.4 Laspuña	P1	13,4	191,8	9,95	102,8	8,49	30
	C.4 Laspuña	P2	13,3	191,9	9,83	101,6	8,48	30
	C.4 Laspuña	P3	14,1	186,4	9,75	102,3	8,66	22
	C.5 Mediano	P1	23,7	268	8,88	100,5	8,45	30
	C.5 Mediano	P2	24,1	268	8,83	109,7	8,52	25
	C.5 Mediano	P3	24,4	269	8,83	110,4	8,52	40
	C.6 El Grado	P1	21,6	436	7,72	91,2	8,03	140
	C.6 El Grado	P2	21,8	435	7,71	91,1	8,02	140
	C.6 El Grado	P3	21,9	436	7,72	91,6	8,02	60

Tabla 1. Fechas de muestreo y parámetros físico-químicos de los seis puntos de muestreo en el río Cinca en las diferentes estaciones del año.

Estación	Punto Muestreo	Clorofila a (mg/m ²)	Clorofila b (mg/m ²)	Clorofila c (mg/m ²)
Otoño	C.1 Parador arriba	1,42	-0,14	1,53
Otoño	C.1 Parador debajo	3,46	-0,23	1,62
Otoño	C.2 Pineta	20,06	-0,05	4,36
Otoño	C.3 Salinas	14,66	1,08	2,82
Otoño	C.4 Laspuñña	10,69	-5,05	4,56
Otoño	C.5 Mediano	10,67	9,00	16,94
Otoño	C.6 El Grado	25,85	0,60	7,44
Invierno	C.1 Parador arriba	1,19	-0,09	1,40
Invierno	C.1 Parador debajo	10,31	-0,52	4,07
Invierno	C.2 Pineta	3,28	0,10	1,60
Invierno	C.3 Salinas	0,63	-0,04	0,69
Invierno	C.4 Laspuñña	24,87	-0,59	3,97
Invierno	C.5 Mediano	3,28	1,16	3,72
Invierno	C.6 El Grado	0,60	0,63	1,86
Primavera	C.1 Parador arriba	2,47	-0,63	0,02
Primavera	C.1 Parador debajo	6,01	-0,66	0,50
Primavera	C.2 Pineta	38,51	4,62	1,57
Primavera	C.3 Salinas	96,93	-4,16	9,87
Primavera	C.4 Laspuñña	38,15	-1,65	2,78
Primavera	C.5 Mediano	7,86	2,78	6,03
Primavera	C.6 El Grado	1,24	-0,06	0,38
Verano	C.1 Parador arriba	0,40	-0,10	-0,14
Verano	C.1 Parador debajo	1,21	-0,04	0,05
Verano	C.2 Pineta	30,86	1,13	3,47
Verano	C.3 Salinas	91,50	0,40	11,82
Verano	C.4 Laspuñña	12,72	-6,00	3,46
Verano	C.5 Mediano	10,07	0,95	1,63
Verano	C.6 El Grado	5,03	0,34	0,59

Tabla 2. Valores de clorofila obtenidos al aplicar las fórmulas de Jeffrey & Humphrey (1975) en las diferentes estaciones del año y los seis puntos de muestreo en el río Cinca.

Parámetro	Estación				
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F_value	Pr(>F)
Conductividad	3	11467	3822,2	0,41	0,7456
IBMWP	3	7145	2381,8	1,43	0,2574
O ₂ disuelto	3	23,01	7,67	14,85	2,56*10 ⁻⁵
Riqueza	3	186,96	62,32	1,43	0,2579
lnAbundancia	3	7,54	2,51	0,88	0,4641
Clorofila_a	3	7,82	2,61	1,15	0,3482
lnEquitatividad	3	0,05	0,02	0,43	0,7364
lnTemperatura	3	2,00	0,67	10,24	0,0002689

Tabla 3. Resultados del análisis ANOVA de las variables normales para el factor "Estación" en el río Cinca.

Parámetro	Punto de muestreo				
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F_value	Pr(>F)
Conductividad	5	113303	22660,6	4,90	0,005297
IBMWP	6	29909	4984,9	6,13	0,0007832
O ₂ disuelto	5	2,5838	0,52	0,30	0,905
Riqueza	6	780,21	130,04	6,06	0,0008369
lnAbundancia	6	51,38	8,56	7,95	0,0001792
Clorofila_a	6	27,09	4,52	2,71	0,04155
lnEquitatividad	6	0,34	0,06	1,82	0,1455
lnTemperatura	5	0,97	0,19	1,50	0,24

Tabla 4. Resultados del análisis ANOVA de las variables normales para el factor "Punto de muestreo" en el río Cinca.

Parámetro	Estación			Punto de muestreo		
	Chi-squared	Df	p_value	Chi-squared	Df	p_value
pH	4,46	2	0,108	4,88	5	0,43
Diversidad	10,39	3	0,016	8,70	6	0,19

Tabla 5. Resultados del test no paramétrico Kruskal-Wallis para el factor "Estación" y "Punto de muestreo" en el río Cinca.

IBMWP	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
C.1 Parador Antes	51	70	56	27
C.1 Parador Después	54	69	83	46
C.2 Pineta	115	87	122	69
C.3 Salinas	73	78	110	76
C.4 Laspuña	137	159	137	61
C.5 Mediano	14	6	22	24
C.6 El Grado	112	31	63	0

Tabla 6. Valores IBMWP de los seis puntos estudiados en el río Cinca desde noviembre de 2012 a julio de 2013.

DIVERSIDAD	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
C.1 Parador Antes	1,45	1,56	1,67	0,97
C.1 Parador Después	1,05	1,25	1,53	1,24
C.2 Pineta	1,49	1,67	1,64	1,45
C.3 Salinas	1,75	1,78	1,62	1,25
C.4 Laspuña	1,88	2,34	2,10	1,24
C.5 Mediano	1,35	0,54	1,48	1,32
C.6 El Grado	2,09	1,81	1,80	0,00

Tabla 7. Valores de Diversidad de Shannon de los seis puntos estudiados en el río Cinca desde noviembre de 2012 a julio de 2013.

RIQUEZA TAXONÓMICA	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
C.1 Parador Antes	8	10	10	5
C.1 Parador Después	8	11	12	6
C.2 Pineta	19	15	22	11
C.3 Salinas	12	12	18	14
C.4 Laspuña	23	27	23	12
C.5 Mediano	4	3	5	6
C.6 El Grado	19	8	12	0

Tabla 8. Valores de Riqueza taxonómica de los seis puntos estudiados en el río Cinca desde noviembre de 2012 a julio de 2013.

EQUIDAD	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
C.1 Parador Antes	0,70	0,68	0,72	0,60
C.1 Parador Después	0,50	0,52	0,61	0,69
C.2 Pineta	0,51	0,62	0,53	0,60
C.3 Salinas	0,70	0,72	0,56	0,47
C.4 Laspuña	0,60	0,71	0,67	0,50
C.5 Mediano	0,98	0,49	0,92	0,74
C.6 El Grado	0,71	0,87	0,73	0,00

Tabla 9. Valores de Equidad de los seis puntos estudiados en el río Cinca desde noviembre de 2012 a julio de 2013.

ABUNDANCIA	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
C.1 Parador Antes	123	51	240	78
C.1 Parador Después	270	379	342	94
C.2 Pineta	1751	348	2498	2400
C.3 Salinas	157	66	888	786
C.4 Laspuña	844	507	1974	1164
C.5 Mediano	7	13	14	70
C.6 El Grado	1209	24	144	0

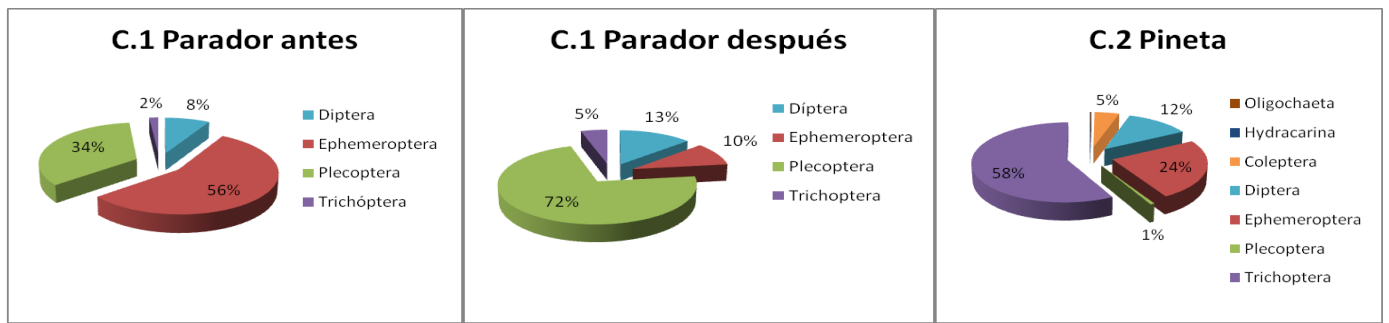
Tabla 10. Valores Abundancia de los seis puntos estudiados en el río Cinca desde noviembre de 2012 a julio de 2013.

Familia	Valor IBMWP	C1_A Ot	C1_D Ot	C2 Ot	C3 Ot	C4 Ot	C5 Ot	C6 Ot	C1_A In	C1_D In	C2 In	C3 In	C4 In	C5 In	C6 In
Hydraenidae	5	0	0	28	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Elmidae	5	0	0	53	13	8	0	35	0	1	9	6	41	0	5
Gyrinidae	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dystiscidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0
Scirtidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Hygrobiidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Curculionidae	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	2	7	28	188	28	170	0	73	2	76	164	23	133	11	4
Limoniidae	4	2	8	4	0	1	0	2	2	7	2	0	0	0	4
Stratiomyidae	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Athericidae	10	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	2	0	0
Empididae	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae	5	0	0	19	1	19	0	135	2	8	21	0	15	0	7
Tipulidae	5	0	0	1	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	4	0	0	0	0	0	0	104	0	0	0	0	1	0	0
Blephariceridae	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tabanidae	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Baetidae	4	34	9	238	27	192	0	157	9	69	80	20	117	0	1
Heptageniidae	10	35	17	189	61	168	0	73	5	4	5	6	27	0	0
Ephemereilidae	7	0	0	1	2	1	0	7	0	0	0	0	26	0	0
Caenidae	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Leptophlebiidae	10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
Polymitarcidae	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphonuridae	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gomphidae	8	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Leuctridae	10	41	195	1	1	17	0	3	27	209	11	4	12	0	0
Perlidae	10	1	0	9	0	26	0	0	1	0	0	0	4	0	0
Perlodidae	10	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	5	0	0
Neumoridae	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	25	0	0
Chloroperlidae	10	0	0	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhyacophilidae	7	2	3	9	1	10	0	16	0	0	0	1	4	0	0
Limnephilidae	7	9	969	16	0	0	0	0	0	0	22	1	0	0	0
Brachycentridae	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	5	0	0	33	4	207	0	357	0	0	2	0	41	0	1
Psychomiidae	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	7	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydroptilidae	6	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Philopotamidae	8	0	0	0	0	0	0	212	0	0	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae	10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Sericostomatidae	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Corixidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancylidae	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Lymnaeidae	3	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	1	6	0	1
Physidae	3	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	1
Hdrobiidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hirudinidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Hydracarina	4	0	0	2	0	2	0	0	0	1	4	0	0	0	0
Oligochaeta	1	0	0	3	2	5	2	8	0	0	23	0	26	1	0

Tabla 11. Abundancia de todas las familias recolectadas en el río Cinca en otoño e invierno y su valor IBMWP.

Familia	Valor IBMWP	C1_A Pr	C1_D Pr	C2 Pr	C3 Pr	C4 Pr	C5 Pr	C6 Pr	C1_A Ve	C1_D Ve	C2 Ve	C3 Ve	C4 Ve	C5 Ve	C6 Ve
Hydraenidae	5	0	0	22	6	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Elmidae	5	0	2	182	160	122	0	4	0	0	30	82	0	0	0
Gyrinidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dystiscidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
Scirtidae	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hygrobiidae	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0
Curculionidae	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	2	52	80	1442	348	510	2	16	28	38	810	86	84	26	0
Limoniidae	4	10	2	4	2	2	0	10	0	0	0	2	0	0	0
Stratiomyidae	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0
Athericidae	10	2	2	6	8	4	0	0	0	2	0	12	0	0	0
Empididae	4	2	10	10	2	54	0	0	0	0	4	4	0	0	0
Simuliidae	5	2	0	90	6	6	0	8	0	0	932	14	702	0	0
Tipulidae	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blephariceridae	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabanidae	4	0	0	4	4	4	0	2	0	0	0	2	0	0	0
Baetidae	4	80	172	156	42	618	0	66	44	38	324	28	252	2	0
Heptageniidae	10	36	30	0	8	78	0	4	0	12	0	4	34	0	0
Ephemeroptera	7	0	0	0	2	172	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caenidae	4	0	0	2	12	20	0	22	0	0	0	0	0	10	0
Leptophlebiidae	10	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polymitarcidae	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siphonuridae	10	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Gomphidae	8	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Leuctridae	10	50	18	234	256	64	0	2	2	2	226	0	40	2	0
Perlidae	10	0	2	16	0	26	0	0	0	0	12	0	10	0	0
Perlodidae	10	0	0	0	0	48	0	0	2	2	20	0	0	0	0
Neumoridae	7	0	14	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chloroperlidae	10	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0	524	0	0	0
Rhyacophilidae	7	0	8	34	8	14	0	0	0	0	26	12	32	0	0
Limnephilidae	7	0	0	100	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
Brachycentridae	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	5	0	0	70	2	146	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychomiidae	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydroptilidae	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Philopotamidae	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae	10	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sericostomatidae	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corixidae	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	28	0
Ancylidae	6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Lymnaeidae	3	0	0	6	0	10	0	6	0	0	0	0	2	0	0
Physidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hdrobiidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Hirudinidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina	4	4	0	98	18	26	0	0	0	0	0	6	0	0	0
Oligochaeta	1	0	0	4	0	40	0	0	2	0	0	0	2	2	0

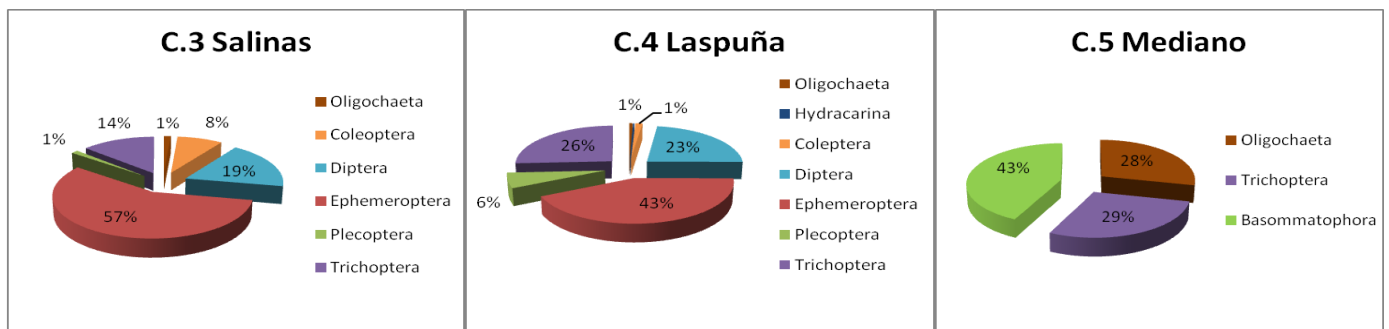
Tabla 12. Abundancia de todas las familias recolectadas en el río Cinca en primavera y verano y su valor IBMWP.



a)

b)

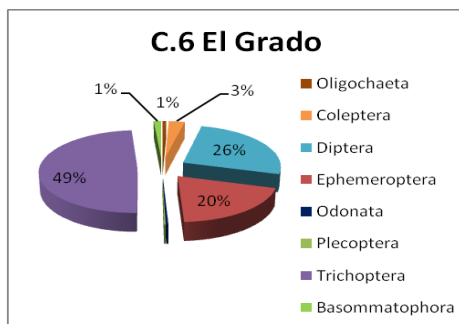
c)



d)

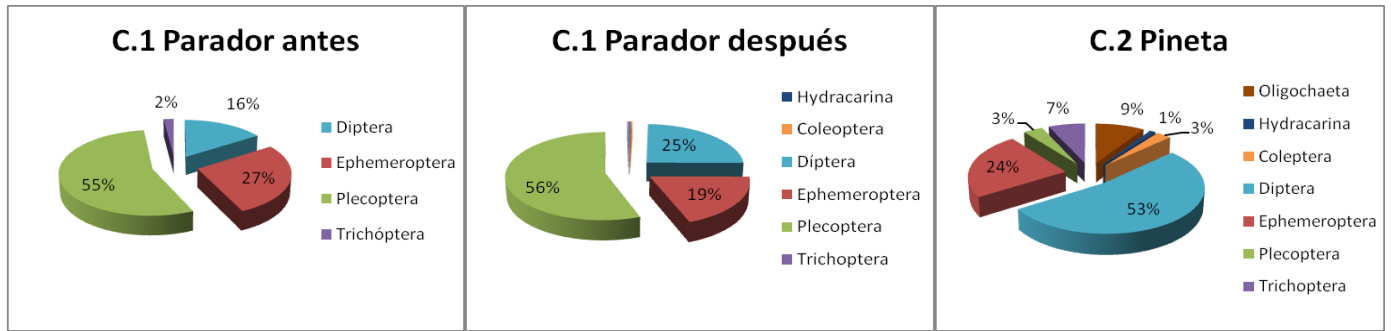
e)

f)



g)

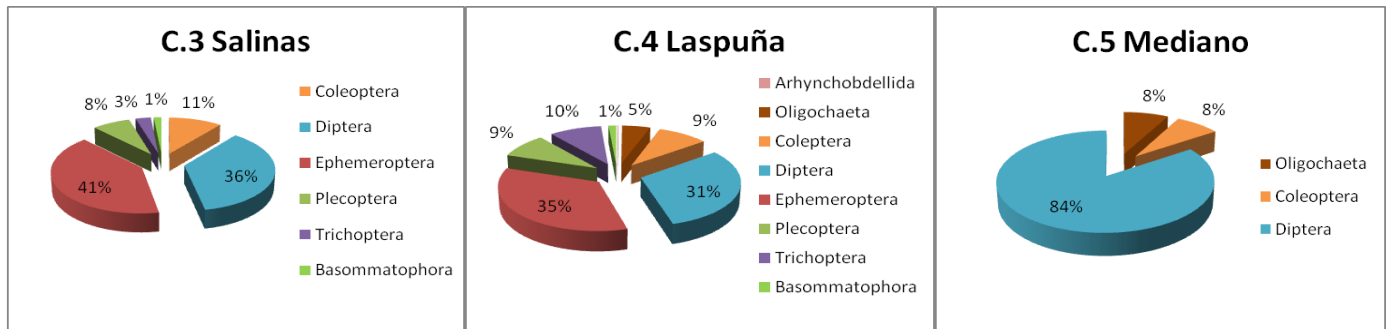
Figura 1. Abundancia (%) de los taxones de los diferentes puntos del río Cinca durante el muestreo de **otoño**.



a)

b)

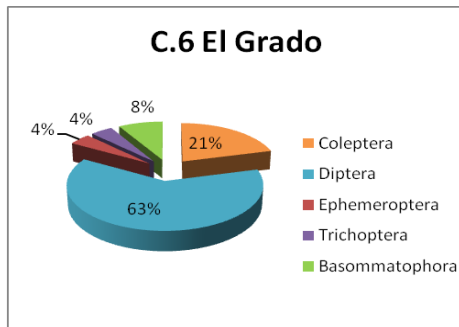
c)



d)

e)

f)



g)

Figura 2. Abundancia (%) de los taxones de los diferentes puntos del río Cinca durante el muestreo de **invierno**.

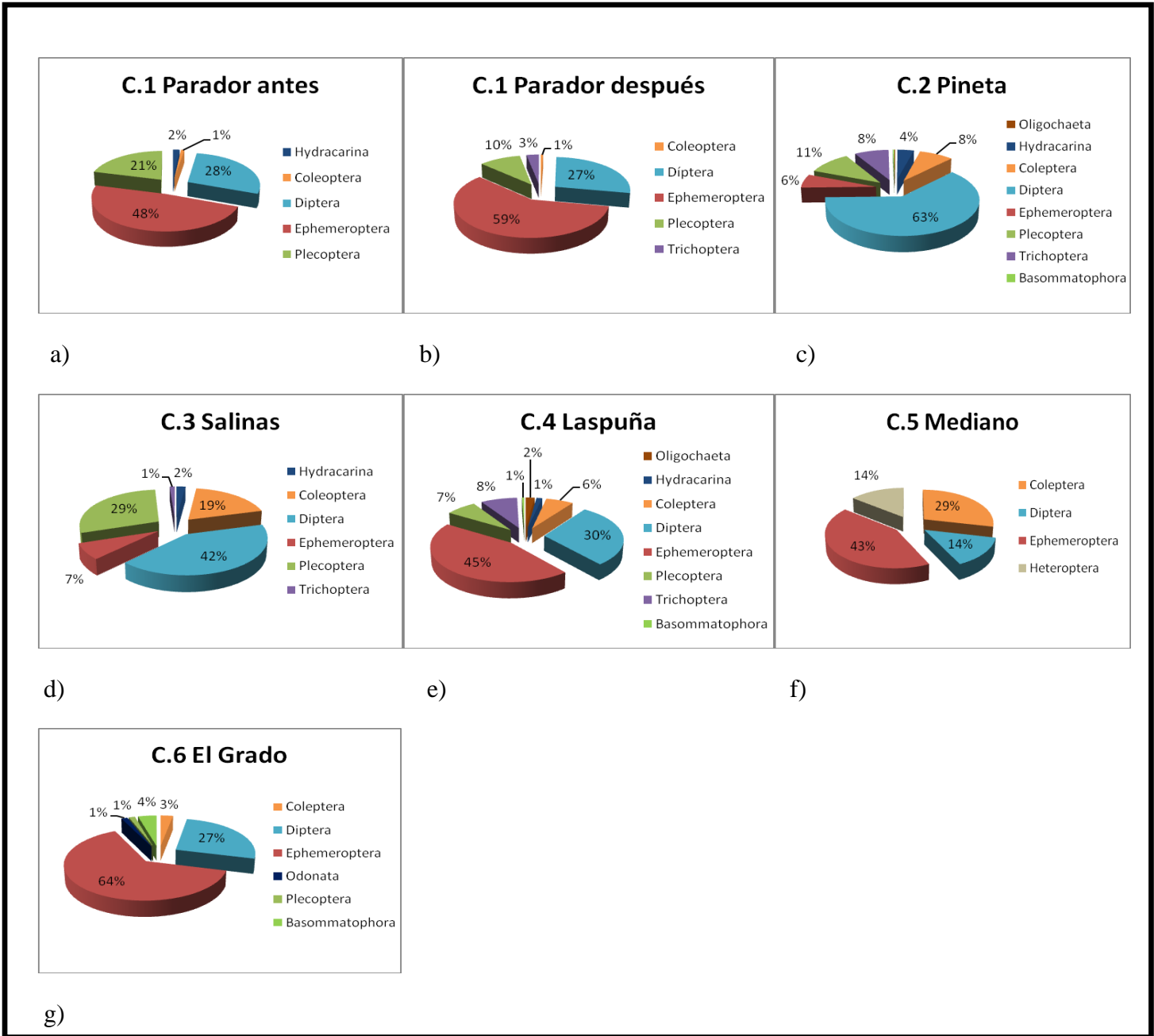


Figura 3. Abundancia (%) de los taxones de los diferentes puntos del río Cinca durante el muestreo de **primavera**.

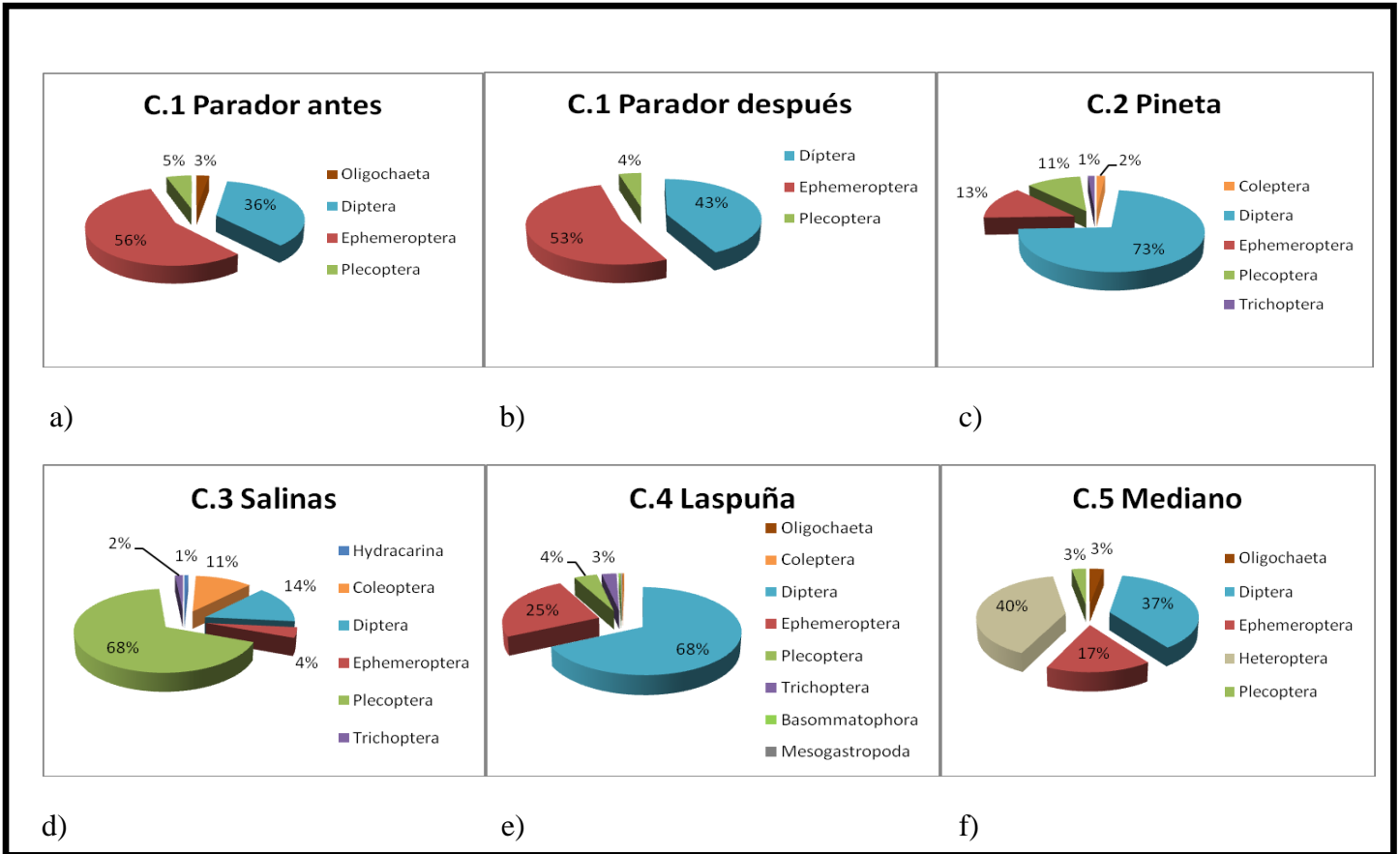


Figura 4. Abundancia (%) de los taxones de los diferentes puntos del río Cinca durante el muestreo de verano.

Orden	Familia	Estrategia trófica	Tipo de alimento	Indicador calidad
Coleoptera	<i>Hydraenidae</i>	Raspador, herbívoro	Micrófitos vivos (algas sobre piedras o musgo)	Precisan aguas limpias(en general)
	<i>Elmidae</i>	Raspador, herbívoro	Detritus vegetales > 1mm, micrófitos vivos	Precisan aguas frías ricas en oxígeno
		Triturador		
	<i>Gyrinidae</i>	Triturador	Macroinvertebrados vivos	Pueden soportar aumentos de M.O
		Perforador/Depredador		
	<i>Dystiscidae</i>	Triturador	Micro y macroinvertebrados vivos,	No sensibles a la polución
		Perforador	vertebrados (renacuajos y peces)	
		Depredador		
	<i>Scirtidae</i>	Raspador, herbívoro	Macrófitos vivos	Toleran aumentos de M.O
<i>Hygrobiidae</i>	Triturador	Macro y microinvertebrados vivos		
	Depredador			
<i>Hydrophilidae</i>	Omnívoro/Depredador	micrófitos vivos, microinvertebrados vivos	Soportan cierta contaminación y bajos niveles de Oxígeno	
<i>Curculionidae</i>	Triturador, hervívoro	Macrófitos vivos		
Diptera	<i>Chironomidae</i>	Detritívoro	Micro y macroinvertebrados vivos, micro y macrófitos vivos, detritus < 1mm	Toleran condiciones próximas a la anoxia
		Depredador		
		Filtrador		
		Sedimentos finos		
	Raspador, herbívoro			
	Triturador			
	<i>Limoniidae</i>	Triturador	Detritus vegetales > 1mm, micro y macrófitos vivos, macroinvertebrados vivos	Toleran ciertos niveles de M.O
		Depredador		
		Sedimentos finos		
	Raspador, herbívoro			
	<i>Stratiomyidae</i>	Sedimentos finos	Detritus vegetales >1mm, micrófitos vivos	No considerados organismos con valor indicador
		Triturador		
	<i>Athericidae</i>	Perforador (depredador)	Macroinvertebrados vivos (inmovilizan presas y succionan sus jugos)	Requieren aguas bien oxigenadas y sustrato estable
	<i>Empididae</i>	Depredador	Macroinvertebrados vivos	Soportan contaminación moderada
	<i>Simuliidae</i>	Filtrador	Detritus <1mm	Toleran cierta polución orgánica
	<i>Tipulidae</i>	Sedimentos finos	Detritus vegetales > 1mm	No es especialmente sensible
Triturador				
Detritívoro				
<i>Ceratopogonidae</i>	Detritívoro	Micrófitos vivos, micro y macroinvertebrados vivos, detritus	Soportan incrementos de M.O	
	Depredador			
	Sedimentos finos			
	Triturador			
	Raspador, herbívoro			
<i>Blephariceridae</i>	Raspador, herbívoro	Microfitos vivos	Muy sensibles a contaminación/Agua < 14°C	
<i>Tabanidae</i>	Perforador/Depredador	Macroinvertebrados vivos	Soportan cierto grado de contaminación orgánica	
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	Raspador, herbívoro	Detritus < 1mm, micrófitos vivos, macroinvertebrados vivos	Depende de la especie
		Triturador		
		Sedimentos finos		
	Depredador			
	<i>Heptageniidae</i>	Raspador, herbívoro	Detritus < 1mm, detritus vegetales > 1mm, microfitos vivos que crecen en sustrato	Preferencias de oxígeno y hábitat
		Triturador		
	<i>Ephemerellidae</i>	Raspador, herbívoro	Micrófitos y macrófitos vivos (algas, pequeños restos orgánicos)	Sensibles a la contaminación Soportan variaciones de Tª
		Triturador		
	<i>Caenidae</i>	Sedimentos finos	Detritus < 1mm, Detritus vegetales >1mm.	Resistente a contaminación orgánica y alteraciones
	<i>Leptophlebiidae</i>	Raspador, herbívoro	Detritus < 1mm, Detritus vegetales > 1mm, micrófitos vivos	No tolera contaminación, ni alteración de vegetación de ribera
Triturador				
Sedimentos finos				
<i>Polymitarcidae</i>	Filtrador	Detritus < 1mm	Sensible a la salinidad y la contaminación	
<i>Siphonuridae</i>	Sedimentos finos	Detritus < 1mm, macrófitos vivos		
	Raspador, herbívoro			

Tabla 13. Estrategia trófica, tipo de alimento y requerimientos específicos de las 51 familias de macroinvertebrados recolectados desde noviembre de 2012 a Julio de 2013 en el río Cinca. Fuente: Elaboración propia a partir de Tachet *et al.* (2000) y Oscoz (2012).

Odonata	<i>Gomphidae</i>	Depredador	Macroinvertebrados vivos	Exigen aguas limpias aunque toleran ciertas alteraciones
Plecoptera	<i>Leuctridae</i>	Triturador- Colector	Detritus < 1mm, detritus vegetales > 1mm, micro y macrófitos vivos	Parcialmente tolerante a M.O
	<i>Perlidae</i>	Triturador	Macroinvertebrados vivos	Exigen aguas frías, limpias y oxigenadas
		Depredador		
	<i>Perlodidae</i>	Triturador	Macroinvertebrados vivos, macrófitos vivos,	Exigen aguas frías, limpias y oxigenadas
		Depredador	detritus vegetales > 1mm	
	<i>Chloroperlidae</i>	Triturador	Detritus vegetales > 1mm, macroinvertebrados vivos	Exigen aguas frías, limpias y oxigenadas
		Depredador		
	<i>Neumoridae</i>	Triturador	Detritus vegetales > 1mm	Toleran pequeñas cargas de M.O
Trichoptera	<i>Rhyacophilidae</i>	Triturador	Macroinvertebrados vivos	Requieren alta concentración de oxígeno
		Depredador		Sensibles a la polución
	<i>Limnephilidae</i>	Raspador, herbívoro	Micro y macrófitos vivos, detritus vegetales > 1mm,	Requieren altos niveles de oxígeno
		Triturador	microinvertebrados vivos	
	<i>Brachycentridae</i>	Triturador	Detritus < 1mm, detritus vegetales > 1mm,	Precisan aguas oxigenadas y frías
		Raspador, herbívoro	micro y macrófitos vivos, microinvertebrados vivos	
		Filtrador		
	<i>Hydropsychidae</i>	Filtrador	Detritus < 1mm, micro y macrófitos vivos, microinvertebrados vivos	No indicadores de buena calidad
	<i>Psychomiidae</i>	Raspador, herbívoro	Detritus < 1mm, detritus vegetales > 1mm,	Indican calidad moderada
		Filtrador	micrófitos vivos, microinvertebrados vivos	(soportan cierto nivel de contaminación)
	<i>Polycentropodidae</i>	Filtrador	Micro y macroinvertebrados vivos	Sensibles a reducción de oxígeno
		Depredador		Soportan mineralización
	<i>Hydroptilidae</i>	Perforador	Detritus < 1mm, macrófitos vivos	Toleran cierta carga de M.O
	<i>Leptoceridae</i>	Triturador	Macrófitos vivos, detritus < 1mm, macroinvertebrados vivos	Sensibles a la contaminación
		Raspador, herbívoro		
	<i>Philopotamidae</i>	Raspador, herbívoro	Detritus < 1mm, micrófitos vivos	Requieren alta concentración de oxígeno
		Filtrador		Soportan aumento M.O
	<i>Lepidostomatidae</i>	Triturador	Detritus vegetales > 1mm	Muy sensibles a la contaminación y alteración de las aguas
	<i>Sericostomatidae</i>	Triturador	Detritus vegetales > 1mm, macrófitos vivos	Requieren alta calidad de las aguas
Hemiptera	<i>Corixidae</i>	Raspador, herbívoro	Micro y macrófitos vivos, microinvertebrados vivos,	Toleran cambios de caudal, Tª o la polución
		Triturador	detritus vegetales > 1mm	
		Perforador		
Basommatophora	<i>Ancylidae</i>	Raspador, herbívoro	Detritus vegetales > 1mm, micrófitos y macrófitos vivos (algas y perifiton)	Tiene exigencia de O2 disuelto/Soporta polución orgánica
	<i>Planorbidae</i>	Triturador	Detritus vegetales > 1mm, micrófitos y macrófitos vivos	Soporta fuerte polución orgánica
		Raspador, herbívoro		
	<i>Lymnaeidae</i>	Raspador, herbívoro	Detritus vegetales > 1mm, micro y macrófitos vivos, invertebrados muertos	Tolerante a contaminantes orgánicos
	<i>Physidae</i>	Raspador, herbívoro	Detritus vegetales > 1mm, micrófitos vivos	Tolerante a contaminantes orgánicos
Mesogastropoda	<i>Hdrobiidae</i>	Triturador	Detritus vegetales > 1mm, macrófitos vivos,	
		Raspador, herbívoro	algas que cubren el sustrato	
Arhynchobdellida	<i>Hirudinidae</i>	Perforador(parásito)	Succionan sangre de vertebrados y otros invertebrados	
	<i>Hydracarina</i>	Depredador (adulto)	Depredadores y parásitos de otros invertebrados	
		Parásito (larva)		
	<i>Oligochaeta</i>	Detritívoro	M.O fuertemente descompuesta	Soporta anoxia

(Cont.) **Tabla 13.** Estrategia trófica, tipo de alimento y requerimientos específicos de las 51 familias de macroinvertebrados recolectados desde noviembre de 2012 a Julio de 2013 en el río Cinca. Fuente: Elaboración propia a partir de Tachet *et al.* (2000) y Oscoz (2012)

HOJA DE CÁLCULO DEL IBMWP

Nº Estación: _____
 Código masa de agua: _____
 Tipo: _____
 UTM: _____

Río: _____
 Localidad: _____
 Fecha/Hora: _____
 Técnico: _____

ARÁCNIDOS	Punt.	EFEMERÓPTEROS	Punt.	ODONATOS	Punt.
<i>Hidracarina</i>	4	<i>Baetidae</i>	4	<i>Aeshnidae</i>	8
COLEÓPTEROS		<i>Caenidae</i>	4	<i>Calopterygidae</i>	8
<i>Chrysomelidae</i>	4	<i>Ephemerellidae</i>	7	<i>Coenagrionidae</i>	6
<i>Clambidae</i>	5	<i>Ephemeridae</i>	10	<i>Cordulegasteridae</i>	8
<i>Curculionidae</i>	4	<i>Heptageniidae</i>	10	<i>Corduliidae</i>	8
<i>Dryopidae</i>	5	<i>Leptophlebiidae</i>	10	<i>Gomphidae</i>	8
<i>Dytiscidae</i>	3	<i>Oligoneuridae</i>	5	<i>Lestidae</i>	8
<i>Elmidae</i>	5	<i>Polymitarcidae</i>	5	<i>Libellulidae</i>	8
<i>Gyrinidae</i>	3	<i>Potamanthidae</i>	10	<i>Platycnemididae</i>	6
<i>Halplidae</i>	4	<i>Prosopistomatidae</i>	7	OLIGOQUETOS	
<i>Helophoridae</i>	5	<i>Siphonuridae</i>	10	Todos	1
<i>Hydraenidae</i>	5	HETERÓPTEROS		PLECÓPTEROS	
<i>Hydrochidae</i>	5	<i>Aphelocheiridae</i>	10	<i>Capniidae</i>	10
<i>Hydrophilidae</i>	3	<i>Corixidae</i>	3	<i>Chloroperlidae</i>	10
<i>Hygrobidae</i>	3	<i>Gerridae</i>	3	<i>Leuctridae</i>	10
<i>Noteridae</i>	3	<i>Hydrometridae</i>	3	<i>Nemouridae</i>	7
<i>Psephenidae</i>	3	<i>Mesovellidae</i>	3	<i>Perlidae</i>	10
<i>Scirtidae (=Helodidae)</i>	3	<i>Naucoridae</i>	3	<i>Perlodidae</i>	10
CRUSTÁCEOS		<i>Nepidae</i>	3	<i>Taeniopterygidae</i>	10
<i>Asellidae</i>	3	<i>Notonectidae</i>	3	TRICÓPTEROS	
<i>Astacidae</i>	8	<i>Pleidae</i>	3	<i>Beraeidae</i>	10
<i>Atyidae</i>	6	<i>Veliidae</i>	3	<i>Brachycentridae</i>	10
<i>Corophiidae</i>	6	HIRUDINEOS		<i>Calamoceratidae</i>	10
<i>Gammaridae</i>	6	<i>Erpobdellidae</i>	3	<i>Ecnomidae</i>	7
<i>Ostracoda</i>	3	<i>Glossiphoniidae</i>	3	<i>Glossosomatidae</i>	8
<i>Palaemonidae</i>	6	<i>Hirudidae</i>	3	<i>Goeridae</i>	10
DÍPTEROS		<i>Piscicolidae</i>	4	<i>Hydropsychidae</i>	5
<i>Anthomyiidae (*)</i>	4	NEURÓPTEROS		<i>Hydroptilidae</i>	6
<i>Athericidae</i>	10	<i>Sialidae</i>	4	<i>Lepidostomatidae</i>	10
<i>Blephariceridae</i>	10	LEPIDÓPTEROS		<i>Leptoceridae</i>	10
<i>Ceratopogonidae</i>	4	<i>Crambidae (=Pyrilidae)</i>	4	<i>Limnephilidae</i>	7
<i>Chironomidae</i>	2	MOLUSCOS		<i>Molannidae</i>	10
<i>Culicidae</i>	2	<i>Ancylidae</i>	6	<i>Odontoceridae</i>	10
<i>Dixidae</i>	4	<i>Bithyniidae</i>	3	<i>Philopotamidae</i>	8
<i>Dolichopodidae</i>	4	<i>Ferrissidae</i>	6	<i>Phryganeidae</i>	10
<i>Empididae</i>	4	<i>Hydrobiidae</i>	3	<i>Polycentropodidae</i>	7
<i>Ephydriidae</i>	2	<i>Lymnaeidae</i>	3	<i>Psychomyiidae</i>	8
<i>Limoniidae</i>	4	<i>Neritidae</i>	6	<i>Rhyacophilidae</i>	7
<i>Psychodidae</i>	4	<i>Physidae</i>	3	<i>Sericostomatidae</i>	10
<i>Ptychopteridae</i>	4	<i>Planorbidae</i>	3	<i>Uenoidae (=Thremmatidae)</i>	10
<i>Rhagionidae</i>	4	<i>Sphaeriidae</i>	3	TURBELARIOS	
<i>Scatophagidae (*)</i>	4	<i>Thiaridae</i>	6	<i>Dendrocoelidae</i>	5
<i>Sciomyzidae</i>	4	<i>Unionidae</i>	6	<i>Dugesidae</i>	5
<i>Simuliidae</i>	5	<i>Valvatidae</i>	3	<i>Planariidae</i>	5
<i>Stratiomyidae</i>	4	<i>Viviparidae</i>	6		
<i>Syrphidae</i>	1				
<i>Tabanidae</i>	4				
<i>Thaumaleidae</i>	2				
<i>Tipulidae</i>	5				

(*) *Anthomyiidae* y *Scatophagidae* se agrupaban antes como *Muscidae*

PUNTUACIÓN IBMWP (Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1988; Alba-Tercedor, 1996; Alba-Tercedor y Pujante, 2000; Jáimez-Cuéllar et al., 2004):				0
Estado Ecológico	IBMWP	Calidad (*)	Color	
Muy Bueno	>100	Buena. Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	Azul	
Bueno	81-100	Aceptable: Son evidentes algunos efectos de contaminación o alteración	Verde	
Aceptable (=Moderado)	38-60	Dudosas: Aguas contaminadas (sistema alterado)	Amarillo	
Deficiente	18-35	Crítica: Aguas muy contaminadas (sistema muy alterado)	Naranja	
Mal	<15	Muy crítica: Aguas fuertemente contaminadas (sistema fuertemente alterado)	Rojo	

Para calcular el índice copiar en la columna Punt. Las puntuaciones de las familias presentes en la muestra

Figura 5. Hoja de cálculo del IBMWP utilizada para estudiar el estado ecológico del río Cinca (CHE).

Anexo II. Imágenes

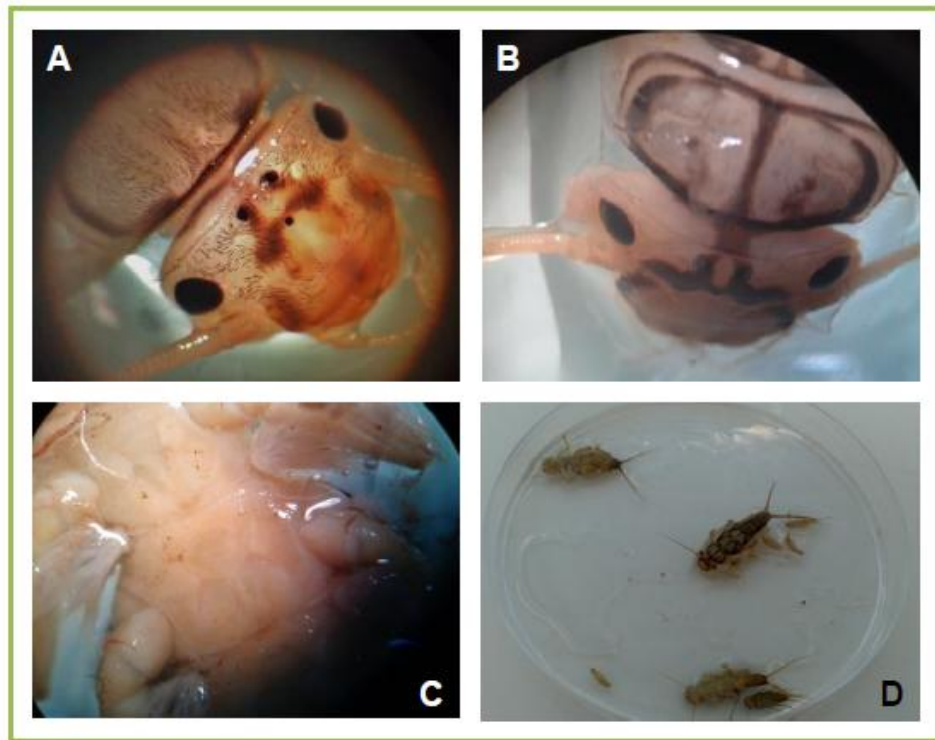


Imagen 1. Detalle de cabeza de la familia *Perlidae* (orden *Plecoptera*) (A) y (B) y de las branquias torácicas que los diferencian de la familia *Perlodidae* (C). En la imagen (D) se puede observar a varios individuos de ésta familia sobre una placa de Petri a simple vista. Imágenes A,B y C tomadas a través de lupa binocular en el laboratorio.

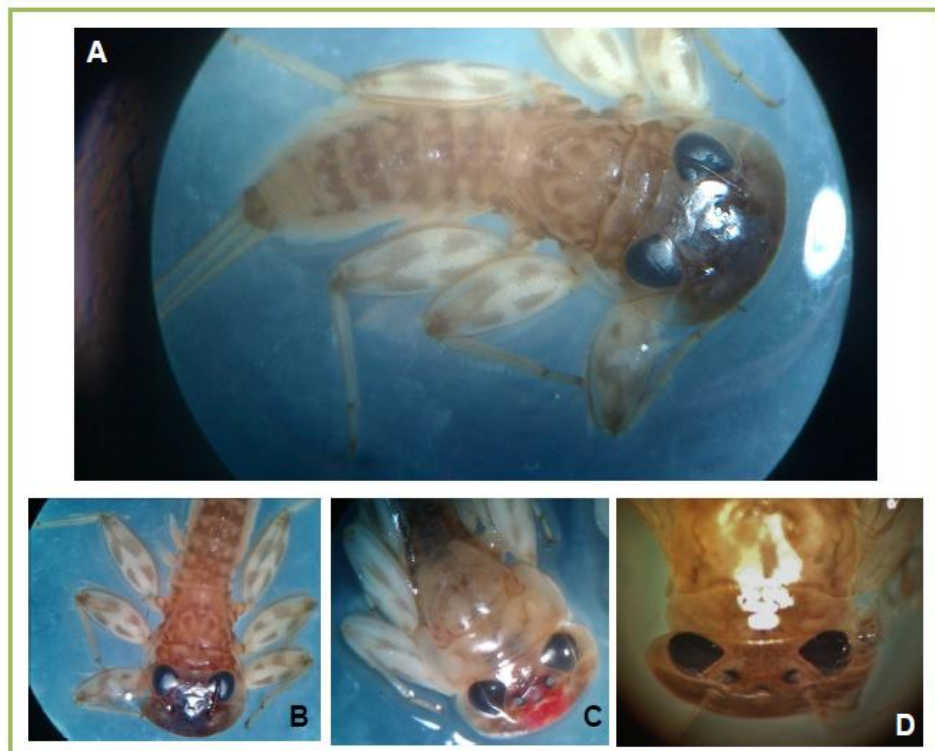


Imagen 2. Detalle de cuerpo entero de la familia *Heptageniidae* (orden *Ephemeroptera*) (A) y (B), y de la cabeza (C y D). Imágenes tomadas a través de lupa binocular en el laboratorio.



Imagen 3. Distintas familias del orden *Trichoptera* con diferentes tipos de estuche: de seda (A y D), de restos vegetales (F), o de arena (B). Detalle de tricóptero fuera de su estuche (E), y de dos estuche hechos con distinto tamaño de partícula mineral (C y G). Imágenes tomadas a través de lupa binocular en el laboratorio.



Imagen 4. Familia *Hydraenidae* (los dos individuos de los extremos) y *Elmidae* (orden *Coleptera*) (A). Detalle de un individuo adulto (B) y de una larva (C) de *Elmidae*. Imágenes tomadas a través de lupa binocular en el laboratorio.



Imagen 5. Individuos del orden *Diptera* pertenecientes a las familias *Chironomidae* (A), *Athericidae* (B), *Stratiomyidae* (C). Detalle de los pelos hidrófugos del extremo anal de *Stratiomyidae* (D). Imágenes tomadas a través de lupa binocular en el laboratorio.

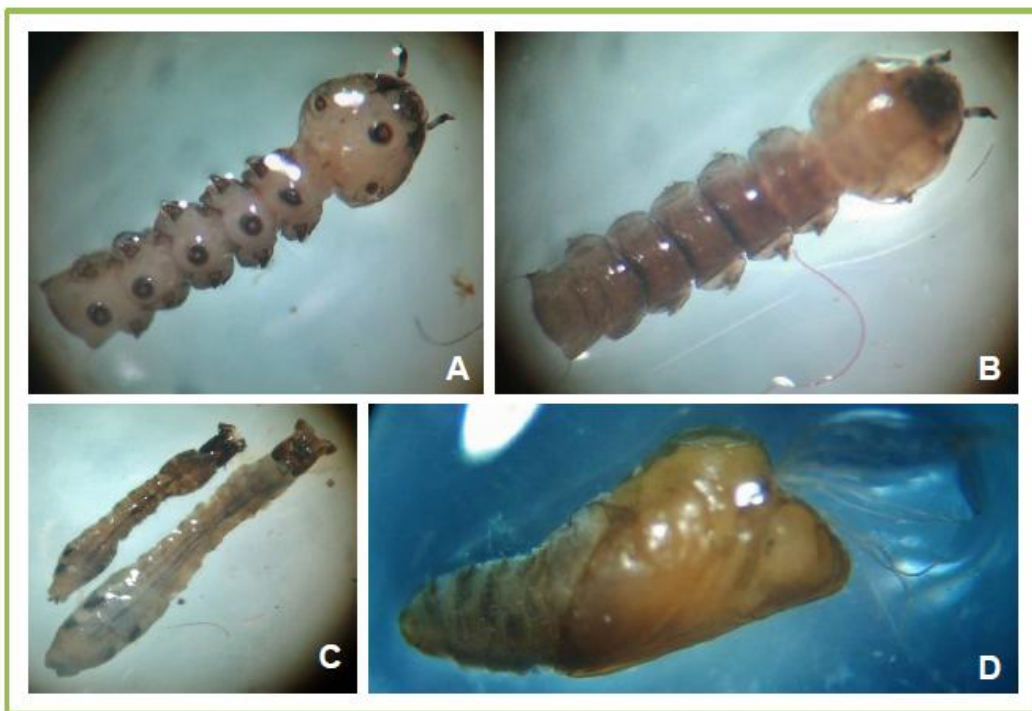


Imagen 6. Individuos del orden *Diptera* pertenecientes a las familias *Blephariceridae*: vista ventral (A), vista dorsal (B) y a la familia *Simuliidae*: larva (C) y pupa (D). Imágenes tomadas a través de lupa binocular en el laboratorio.



Imagen 7. Individuo de *Hydracarina* (o ácaro de agua) (A). Individuos de la familia *Corixidae* (orden *Heteroptera*) (B y C). Imágenes tomadas a través de lupa binocular en el laboratorio.

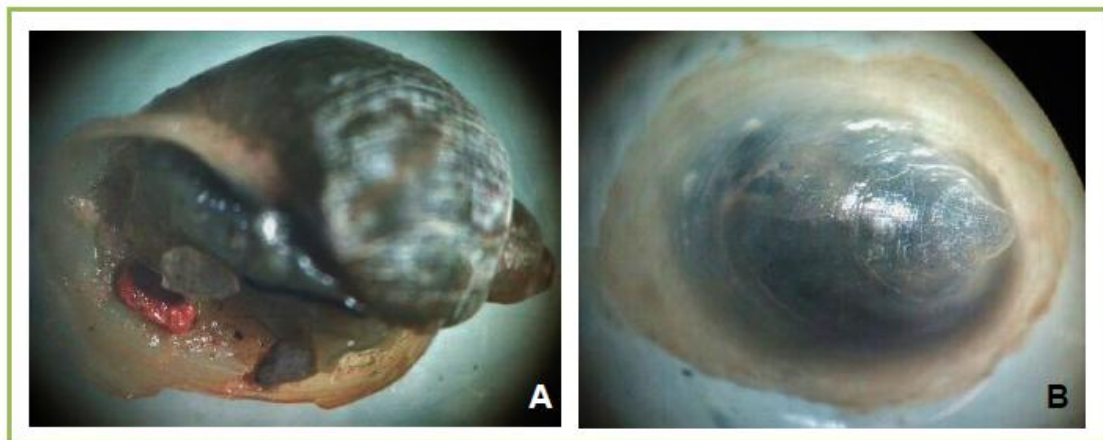


Imagen 8. Gasterópodos pertenecientes al orden *Basommatophora*: familia *Lymnaeidae* (A) y familia *Ancyliidae* (B). Imágenes tomadas a través de lupa binocular en el laboratorio.