

# **ESTUDIO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS CRUCES DE GASODUCTOS CON RÍOS VADEABLES:**

## ***EL CASO DEL RÍO CIGÜELA Y SU AFLUENTE VALDEPINEDA***

Morcillo Alonso, Felipe; Arconada López, Beatriz; Fernández Arroyo, Yliana; Lacal Guzmán, Margarita; y, Vadillo Fernández, Lucas



Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente  
Instituto Geológico y Minero de España. Rios Rosas, 23. 28003 Madrid

**MADRID, 2006**

## ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....1
- LOS CURSOS HÍDRICOS OBJETO DEL ESTUDIO: EL RÍO CIGÜELA Y SU AFLUENTE EL VALDEPINEDA.....6
- MATERIAL Y MÉTODOS.....10
- RESULTADOS: PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.....16
- RESULTADOS: MOVILIZACIÓN Y DEPOSICIÓN DE SEDIMENTOS... .26
- RESULTADOS: MACROINVERTEBRADOS.....49
- RESULTADOS: ICTIOFAUNA.....65
- CONCLUSIONES: RESOLUCIÓN DE OBJETIVOS.....82
- BIBLIOGRAFÍA.....99



**Fotografía 1:** Río Cigüela previamente al comienzo de la construcción del gasoducto en Octubre de 2001 (momento AZ, ver en texto página 12)

- **ANEXO I: ASISTENCIA TÉCNICA EN EL SEGUIMIENTO DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE LOS IMPACTOS DE LOS GASODUCTOS EN CRUCE CON LOS CURSOS HÍDRICOS. PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL (ENERO 2002) ELABORADO POR CIMERA ESTUDIOS APLICADOS, S.L.**
- **ANEXO II: ASISTENCIA TÉCNICA EN EL SEGUIMIENTO DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE LOS IMPACTOS DE LOS GASODUCTOS EN CRUCE CON LOS CURSOS HÍDRICOS. PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL II (SEPTIEMBRE 2002) ELABORADO POR CIMERA ESTUDIOS APLICADOS, S.L.**
- **ANEXO III: ASISTENCIA TÉCNICA EN LA CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA EN LOS RÍOS CIGÜELA Y VALDEPINEDA (CUENCA). SEGUIMIENTO DE LA RESTITUCIÓN DEL LECHO. PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL III (NOVIEMBRE 2003) ELABORADO POR CIMERA ESTUDIOS APLICADOS, S.L.**
- **ANEXO IV: LA IMPORTANCIA DE LA UTILIZACIÓN DE ÍNDICES INTEGRADOS PARA LA CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA FLUVIAL Y DE LA ICTIOFAUNA DEL ALTO CIGÜELA. *AEMS-RÍOS CON VIDA* 72: 27-41**
- **ANEXO V: DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS GASODUCTOS EN EL CRUCE CON CURSOS HÍDRICOS. *LIMNÉTICA* 23 (3-4): 347-360**

## FOTOGRAFÍAS

**Fotografía 1:** *Río Cigüela previamente al comienzo de la construcción del gasoducto en Octubre de 2001 (momento AZ, ver en texto página 12)*

**Fotografía 2:** *Instalación de la pista de trabajo y de la vaina en río Cigüela al comienzo de las obras en el otoño de 2001.*

**Fotografía 3:** *Pista de trabajo instalada en río Valdepineda previo a la fase de rehabilitación en el invierno de 2002 (momento AR, ver en texto página 12).*

**Fotografía 4:** *Río Cigüela en una etapa inicial de la fase de rehabilitación, tras colocar la escollera en las riberas (momento DR, ver en texto página 12).*

**Fotografía 5:** *Río Cigüela, muestreo de peces mediante el método de pesca eléctrica en el invierno de 2002.*

**Fotografía 6:** *Cobitis paludica*

<http://www.mediterranea.org/cae/divulgac/peces/cobitis.jpg>

**Fotografía 7:** *Chondrostoma lemmingii*

<http://www.fishbase.org/Photos/PicturesSummary.cfm?ID=9940&what=species>

**Fotografía 8:** *Babus guiraonis*

[http://www.ittiofauna.org/webmuseum/pesciossei/cypriniformes/cyprinidae/barbus/barbus\\_guiraonis/barbus\\_guiraonis0.htm](http://www.ittiofauna.org/webmuseum/pesciossei/cypriniformes/cyprinidae/barbus/barbus_guiraonis/barbus_guiraonis0.htm)

**Fotografía 9:** *Babus guiraonis*

[http://www.ittiofauna.org/webmuseum/pesciossei/cypriniformes/cyprinidae/barbus/barbus\\_guiraonis/barbus\\_guiraonis0.htm](http://www.ittiofauna.org/webmuseum/pesciossei/cypriniformes/cyprinidae/barbus/barbus_guiraonis/barbus_guiraonis0.htm)

**Fotografía 10:** *Squalius alburnoides*

[http://filaman.ifm-geomar.de/images/thumbnails/jpg/tn\\_Tralb\\_u2.jpg](http://filaman.ifm-geomar.de/images/thumbnails/jpg/tn_Tralb_u2.jpg)

**Fotografía 11:** *Squalius pyrenaicus*

[http://filaman.ifm-geomar.de/images/thumbnails/jpg/tn\\_Tralb\\_u2.jpg](http://filaman.ifm-geomar.de/images/thumbnails/jpg/tn_Tralb_u2.jpg)

## TABLAS

**Tabla 1:** Descripción de las estaciones de muestreo: anchura, substrato, cobertura, % de materia orgánica (% MO), IPCG (inclusión de piedras, cantos y gravas) y hábitat.

**Tabla 2:** Fechas en las que se realizaron las distintas fases de la obra.

**Tabla 3:** Características fisicoquímicas de las aguas de los ríos Cigüela y Valdepineda en P1 (entre E3 y E4), P2 (A3 y A4) y P3 (E6 y E7). Todas las unidades en mg/l excepto la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y la turbidez (UNF).

**Tabla 4:** Valores medios de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l), oxígeno disuelto (%), sólidos en suspensión (mg/l), turbidez (NFU), velocidad de la corriente (m/s), caudales (l/s), concentración de fósforo total (mg/l) y ortofosfatos (mg/l) en los distintos momentos (AZ, DZ, AR, DR, S y A) en el río Cigüela (azul) y Valdepineda (amarillo).

**Tabla 5:** Anexo 6.1 de la Orden de 13 de agosto de 1999, se definen los niveles de calidad de las aguas

**Tabla 6:** Anexo 6.2 de la Orden de 13 de agosto de 1999 donde se establecen los usos compatibles con la calidad de las aguas

**Tabla 7:** Anexo 7 de la Orden de 13 de agosto de 1999 donde establece el nivel de calidad actual de cada subzona y los objetivos de calidad fijados para cada una de ellas.

**Tabla 8:** Río Cigüela. Temperatura (°C), pH, conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l), oxígeno disuelto (%), sólidos en suspensión (mg/l), turbidez (NFU), velocidad de la corriente (m/s), caudales (l/s), concentración de fósforo total (mg/l) y ortofosfatos (mg/l). Datos tomados en las 14 estaciones de muestreo (E1A, E1B, E2, E3, E4, E5, E6, E7, A1, A2, A3, A4 y A5) y en los distintos momentos (AZ, DZ, AR, DR, S y A).

**Tabla 9:** Río Valdepineda. Temperatura (°C), pH, conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l), oxígeno disuelto (%), sólidos en suspensión (mg/l), turbidez (NFU), velocidad de la corriente (m/s), caudales (l/s), concentración de fósforo total (mg/l) y ortofosfatos (mg/l). Datos tomados en las 14 estaciones de muestreo (E1A, E1B, E2, E3, E4, E5, E6, E7, A1, A2, A3, A4 y A5) y en los distintos momentos (AZ, DZ, AR, DR, S y A).

**Tabla 10:** Listado de taxa de macroinvertebrados que aparecen en el río Cigüela.

**Tabla 11:** Listado de taxa de macroinvertebrados que aparecen en el río Valdepineda.

**Tabla 12:** número de ejemplares capturados por especie en los tres transectos muestreados (P1, P2 y P3) en cada momento del estudio.

**Tabla 13:** volúmenes de agua (en litros) muestreados por transecto en cada momento del estudio.

**Tabla 14:** Número de individuos de las diferentes especies de peces capturados en los ríos Valdepineda y Cigüela en los momentos AR Y DR. Los valores significativos de chi cuadrado están marcados con asterisco

## FIGURAS

**Figura 1:** Localización esquemática de las estaciones de muestreo en los ríos Cigüela y Valdepineda.

**Figura 2:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Cigüela en la estación E1A. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0155$ )

**Figura 3:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Cigüela en la estación E1B. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,000$ )

**Figura 4:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Cigüela en la estación E2. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0092$ )

**Figura 5:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río en la estación E3. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0000$ )

**Figura 6:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río en la estación E4. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,3253$ )

**Figura 7:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río en la estación E5. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0007$ )

**Figura 8:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río en la estación E6. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0085$ )

**Figura 9:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río en la estación E7. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0020$ )

**Figura 10:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A1A. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0126$ )

**Figura 11:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A1B. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0006$ )

**Figura 12:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A2. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0001$ )

**Figura 13:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A3. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0234$ )

**Figura 14:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A4. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0429$ )

**Figura 15:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A5. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0137$ )

**Figura 16:** Movilización de sedimentos durante la fase de apertura de la zanja. En el eje Y se representa el intervalo de toma de muestras desde el inicio de los trabajos de excavación: 1 (5'), 2 (10'), 3 (30'), 4 (45'), 5 (60'), 6 (120'), 7 (180') y 8 (240'). Datos en mg/l.

**Figura 17:** Porcentaje de familias dentro de los distintos grupos de macroinvertebrados en los ríos Cigüela y Valdepineda.

**Figura 18:** Porcentaje de familias de los distintos órdenes de insectos en el río Cigüela.

**Figura 19:** Porcentaje de familias de los distintos órdenes de insectos en el río Valdepineda.

**Figura 20:** Riqueza media de taxa colectados en las estaciones de muestreo en los diferentes momentos en el río Cigüela ( $p = 0,1775$ ).

**Figura 21:** Riqueza media de taxa colectados en las estaciones de muestreo en los diferentes momentos en el río Valdepineda ( $p = 0,4159$ ).

**Figura 22:** Valores medios del índice BMWP' en los diferentes momentos en el río Cigüela ( $p = 0,0197$ ).

**Figura 23:** Valores medios del índice BMWP' en los diferentes momentos en el río Valdepineda ( $p = 0,1797$ ).

**Figura 24:** Calidad de las aguas de los ríos Cigüela y Valdepineda. Índice BMWP' en la fase de prezanja (AZ) y en la de postzanja (DZ). Clase I (Buena, >100, Azul), Clase II (Aceptable, 61-100, Verde), Clase III (Dudosa, 36-60, Amarillo), Clase IV (Crítica, 16-35, Naranja), Clase V (Muy crítica, <15, Rojo)

**Figura 25:** Calidad de las aguas de los ríos Cigüela y Valdepineda. Índice BMWP' en la fase de prerrehabilitación (AR) y en la de postrehabilitación (DR). Clase I (Buena, >100, Azul), Clase II (Aceptable, 61-100, Verde), Clase III (Dudosa, 36-60, Amarillo), Clase IV (Crítica, 16-35, Naranja), Clase V (Muy crítica, <15, Rojo)

**Figura 26:** Calidad de las aguas de los ríos Cigüela y Valdepineda. Índice BMWP' en la fase de prerrehabilitación (AR) y en la de postrehabilitación (DR). Clase I

(Buena, >100, Azul), Clase II (Aceptable, 61-100, Verde), Clase III (Dudosa, 36-60, Amarillo), Clase IV (Crítica, 16-35, Naranja), Clase V (Muy crítica, <15, Rojo)

**Figura 27:** Número de ejemplares por especie y por momento capturadas en los tres transectos.

**Figura 28:** Densidad de ejemplares de *Cobitis paludica* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestrados.

**Figura 29:** Densidad de ejemplares de *Squalius pyrenaicus* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestrados.

**Figura 30:** Densidad de ejemplares de *Squalius alburnoides* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestrados.

**Figura 31:** Densidad de ejemplares de *Chondrostoma lemmingii* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestrados.

**Figura 32:** Densidad de ejemplares de *Barbus macrocephalus* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestrados.

**Figura 33:** Densidad de ejemplares de *Barbus guiraonis* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestrados.

**Figura 34:** Densidad (ejemplar/litro) de peces en la fase de prezanja (momento AZ) en las tres estaciones de muestreo (P1, P2 y P3).

**Figura 35:** Densidad (ejemplar/litro) de peces en la fase de prerrehabilitación (momento AR) en las tres estaciones de muestreo (P1, P2 y P3).

**Figura 36:** Densidad (ejemplar/litro) de peces en la fase de postrehabilitación (AR) en las tres estaciones de muestreo (P1, P2 y P3).

**Figura 37:** Densidad (ejemplar/litro) de peces en el seguimiento semestral (momento S) en las tres estaciones de muestreo (P1, P2 y P3).

**Figura 38:** Densidad (ejemplar/litro) de peces en el seguimiento anual (A) en las tres estaciones de muestreo (P1, P2 y P3).

## **INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

La legislación estatal ambiental española exige que los proyectos que deban someterse a Evaluación de Impacto Ambiental han de incluir un estudio de impacto ambiental que contenga, entre otros aspectos, una evaluación de los efectos del proyecto a ejecutar, directos e indirectos, sobre la población humana, la fauna, la flora, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico artístico y el arqueológico (Ley 6/2001, de 8 de mayo). En la práctica, en numerosas ocasiones en las que se desarrolla la obra en entornos antropizados y degradados, los componentes biológicos del medio son eludidos del estudio. Este hecho genera consecuencias negativas en las medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales significativos, a la vez que impide el diseño idóneo del Programa de Vigilancia Ambiental que debe acompañar a la actuación.

Las actividades constructivas que se realizan en ríos y arroyos llevan asociadas consigo un impacto sobre el ecosistema acuático. En la Península Ibérica, una gran parte de estos ecosistemas han sufrido los efectos de la agricultura industrial que, con sus prácticas, ha alterado la calidad y el caudal de las aguas. En los últimos años, la política energética de nuestro país está propiciando la construcción de gasoductos a lo largo y ancho de la geografía nacional y, como consecuencia del desarrollo de estas nuevas infraestructuras, se pueden producir cambios en los componentes físicos, biológicos y, en menor medida, en los componentes químicos de ríos y arroyos. Estas alteraciones y sus consecuencias se acentúan en arroyos vadeables, *a priori* aparentemente más sensibles que los grandes ríos por la facilidad de acceso y de actuación en sus lechos. Existe abundante literatura donde se aborda el tema del impacto de las actividades humanas en los ríos y en las comunidades de peces que los habitan.

A la hora de llevar a cabo este tipo de obras, existen diferentes metodologías de cruces. La mayor parte de ríos y arroyos vadeables en España, se cruzan con la técnica de construcción conocida como "cruce subálveo", que produce un considerable aumento de la concentración de sedimentos en la columna de agua en un corto período de tiempo durante la construcción. Esta técnica consta de tres fases: en primer lugar, la instalación de una pista de trabajo que conlleva el desbroce de la vegetación de ribera, el desmonte de los taludes y la instalación de una tubería (también llamada vaina) que canalice el río y mantenga su caudal (fotografía 2); en segundo lugar, la apertura de una zanja, que requiere el desvío del caudal mediante un *by-pass*, la excavación de una zanja en el lecho del río, la instalación de una tubería y la deposición de materiales; en tercer lugar, la rehabilitación, que comporta el desmantelamiento de la pista de trabajo y la vaina, la construcción de una escollera y la restitución del lecho del río y la ribera (fotografías 3 y 4).



**Fotografía 2:** *Instalación de la pista de trabajo y de la vaina en río Cigüela al comienzo de las obras en el otoño de 2001.*



**Fotografía 3:** Pista de trabajo instalada en río Valdepineda previo a la fase de rehabilitación en el invierno de 2002 (momento AR, ver en texto página 12).



**Fotografía 4:** Río Cigüela en una etapa inicial de la fase de rehabilitación, tras colocar la escollera en las riberas (momento DR, ver en texto página 12).

Los impactos potenciales de la construcción de gasoductos en los cruces hídricos son, fundamentalmente, el incremento y deposición de los sólidos en suspensión movilizados durante la ejecución de las obras, la barrera para la fauna que produce la instalación de la pista de trabajo, la alteración de la morfología del cauce en el área directamente afectada por la obra, y el vertido accidental de aceites y materiales de construcción.

Estas labores constructivas que afectan a los cursos fluviales pueden extenderse durante un largo período de tiempo y por tanto, producir un considerable incremento de sedimentos en suspensión, con las graves consecuencias que ello conlleva. Los efectos potenciales de las entradas de sedimentos y las perturbaciones en los componentes bióticos y abióticos de los ríos están bien documentados (Cordone y Kelley 1961; Chutter 1962; Barton 1977; Newcombe y MacDonald, 1991; Newcombe y Jensen 1996; Anderson et al., 1996). Más específicamente, otros autores han estudiado los efectos del incremento de la movilización de sedimentos debido a la construcción de gasoductos (Reid y Anderson, 1999) sobre las comunidades macrobentónicas (Tsui y McCart, 1981) y en las comunidades de peces y sus hábitats (McKinnon y Hnytka, 1988).

Considerando la cantidad de nuevos gasoductos que van a ser construidos en el estado español, los desdoblamientos de los que ya están construidos y la necesidad de sustituir aquellos instalados por otros nuevos, es importante conocer cuales son los efectos potenciales para realizar una buena gestión de los recursos acuáticos. Por ello, y con la finalidad de evaluar los impactos potenciales de este tipo de obra, se ha llevado a cabo un estudio que examina el conjunto de los cambios físicos y biológicos asociados con el cruce con estos ríos. Este estudio se ha diseñado específicamente para evaluar los efectos de construcción del gasoducto sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, la densidad de peces y su distribución, y las relaciones entre los cambios ecológicos y alteraciones en la granulometría del lecho del río. Para ello se han elegido las

obras de construcción del gasoducto Tarancón-Cuenca-Fuentes en su cruce con el río Cigüela y su afluente Valdepineda (cuena del Guadiana), en el término municipal de Horcajada de la Torre (provincia de Cuenca).

En este informe se presentan los resultados del estudio que se desarrolló a lo largo de un ciclo anual comenzando unos días antes al inicio de las obras del gasoducto. Estos resultados se han obtenido en las diferentes fases de construcción del gasoducto y en los seguimientos realizados a los seis meses y al año de comenzar la obra. Los objetivos globales de este proyecto son tres:

- **Objetivo 1:** evaluar los efectos de estas obras sobre el río Cigüela y su afluente el Valdepineda y aproximarnos al conocimiento del impacto sobre los cursos hídricos permanentes y vadeables;
- **Objetivo 2:** proponer una serie de medidas preventivas y correctoras que minimicen estos impactos a partir de los conocimientos obtenidos a lo largo del estudio;
- **Objetivo 3:** identificar la información que es necesaria recoger en los estudios de impacto ambiental acerca de estos tipos de ecosistemas, e identificar los indicadores ambientales adecuados que permitan aplicar una metodología sencilla al desarrollo de los planes de seguimiento de las medidas minimizantes en este tipo de proyectos.

Este estudio se realiza dentro del convenio de colaboración entre el Instituto Geológico y Minero de España (Ministerio de Ciencia y Tecnología) con la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (Ministerio de Medio Ambiente) para el seguimiento de medidas correctoras de impactos ambientales en proyectos de infraestructuras energéticas.

## **LOS CURSOS HÍDRICOS OBJETO DEL ESTUDIO: EL RÍO CIGÜELA Y SU AFLUENTE EL VALDEPINEDA**

El estudio se realiza en el tramo alto del Guadiana, en el río Cigüela (o Gigüela), y su afluente Valdepineda (en el término municipal de Horcajada de la Torre, Cuenca). El Valdepineda y el Cigüela son de origen montano pero discurren por un área fundamentalmente agrícola, en la que el cultivo predominante es el secano, aunque existe además una explotación forestal de las márgenes montañosas. Sus cauces se dragan con frecuencia y están canalizados. Por otro lado, hay tomas puntuales del agua de estos ríos, produciéndose bombeos para regar pequeñas parcelas de regadío y huertas. Los monocultivos que existen en la zona y la retirada de la cobertura natural de los campos han tenido efectos sobre la biodiversidad de la misma, cambiando el paisaje y limitando la existencia de especies autóctonas, remplazadas por otras alóctonas. Para un buen número de especies la cadena alimentaria se ha roto y los predadores naturales que habrían podido mantener las poblaciones en equilibrio han desaparecido.

Los agricultores añaden abonos orgánicos, químicos y pesticidas que se solubilizan en el agua rápidamente y son arrastrados por las aguas de superficie hacia estos dos ríos. Estos productos constituyen una fuente de nutrientes para estos ecosistemas, favoreciendo su eutrofización. Afortunadamente, las poblaciones que vierten aguas arriba del área estudiada son pocas, acentuándose la carga orgánica en épocas estivales cuando el caudal disminuye y aumenta el número de habitantes de dichas poblaciones.

Ambos ríos tienen una profundidad media de un metro y una anchura media de cuatro. La vegetación riparia está ausente, salvo algunos pies de chopo (*Populus sp*) en las orillas, con lo que se ve reducida, por una parte, los aportes de nutrientes al sistema, y por otra, la protección vegetativa de las mismas dejándolas más expuestas a la erosión y a la insolación. Esta vegetación de ribera

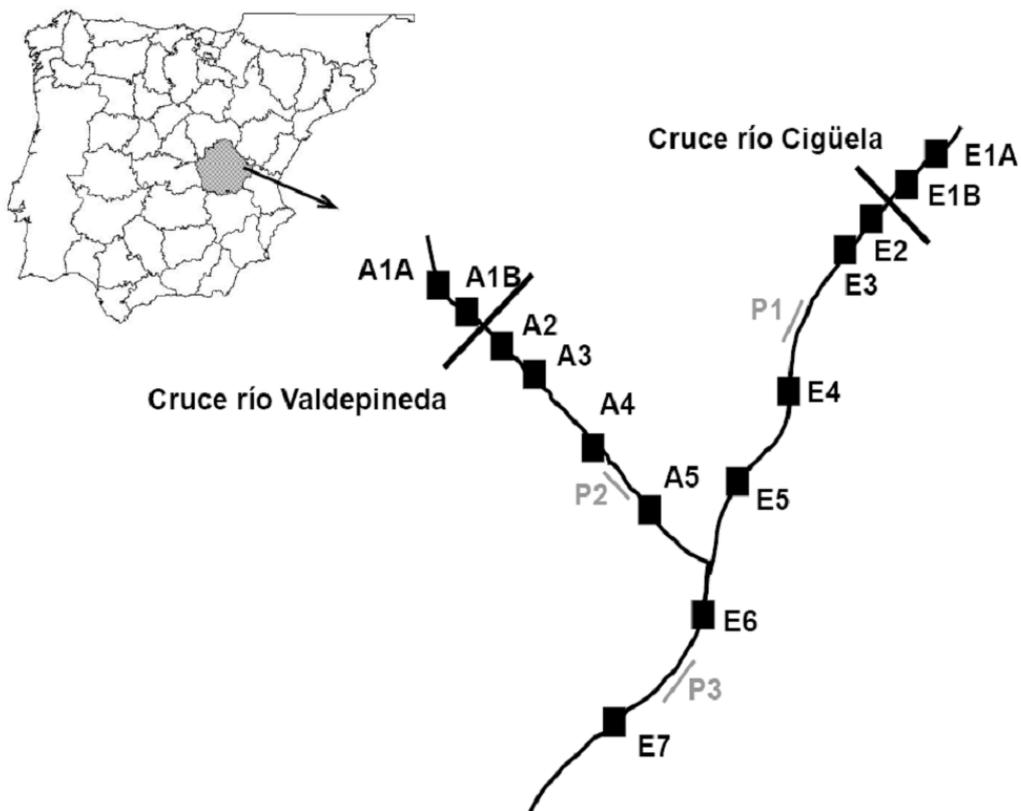
ha sido sustituida por los cultivos antes mencionados, los cuales llegan hasta a sus orillas, observándose en ocasiones deslizamientos de las mismas como consecuencia de acopios de tierras. Como es bien sabido, las prácticas agrícolas agresivas acentúan la erosión del suelo. Las orillas son “en escalón”, propensas a colapsar y sufrir erosión, por lo tanto consideradas como inestables. Estos ríos son poco sinuosos debido al encauzamiento artificial, y este bajo grado de sinuosidad les priva de una serie de ventajas, como la de responder mejor a los cambios de las fluctuaciones y la de absorber la energía protegiendo a los mismos de una excesiva erosión. Esta alteración de la morfología del canal y de los patrones de descargas de aguas en los ríos influye en la tasa a la cual pueden asimilar nutrientes.

Como consecuencia de todos los usos a los que la cuenca y el canal de estos ríos se ven sometidos, se produce un importante cúmulo de sedimentos en su fondo que hace que decrezca la superficie disponible para que los macroinvertebrados y los peces se asienten. A pesar de que la acumulación de este sedimento proporcione características anóxicas a la columna de agua, está lo suficientemente oxigenada para permitir la presencia de fauna acuática. Estos niveles elevados de deposición de sedimento son síntomas de cambio en un entorno que es bastante inestable y cambiante, y no suele resultar deseable para muchos organismos. En definitiva, el aumento de la disponibilidad de hábitat que ofrece la vegetación acuática se ve disminuido por el acúmulo de sedimentos.

Aunque por lo general muchos ríos tienen reducida la capacidad de retención de partículas finas, el Valdepineda y Cigüela presentan en su cauce una importante cantidad de macrófitos, tanto helófitos emergentes y sumergidos, que además de actuar de trampa de sedimentos sirven de alimento y refugio tanto para las aves como para la fauna acuática. Así, el carrizo (*Phragmites communis*), que se desarrolla en suelos con abundante materia orgánica, es la planta más abundante de la asociación vegetal dominante. Esta asociación está constituida además por

plantas herbáceas sólidamente asentadas y enraizadas en el agua pero que crecen fuera de ella. Al carrizo se asocian frecuentemente eneas o espadañas (*Typha latifolia*) y diferentes especies de juncos. También aparecen ejemplares dispersos de masiega (*Cladium mariscus*). El fondo aparece tapizado por extensas praderas de plantas sumergidas de diferentes especies, aunque en nuestros tramos de estudio predomina el carófito *Chara vulgaris*. En primavera, emergen de esta vegetación subacuática plantas con flores entre las que sobresalen los ranúnculos.

Se seleccionaron 14 estaciones de muestreo a lo largo de los ríos Cigüela y Valdepineda (figura 1).



**Figura 1:** Localización esquemática de las estaciones de muestreo en los ríos Cigüela y Valdepineda.

En cada uno de los ríos, dos de las estaciones se sitúan aguas arriba del punto de cruce del gasoducto, y el resto aguas abajo. Las dos últimas (E6 y E7) se sitúan en el río Cigüela, aguas debajo de la confluencia con el Valdepineda. En el río Cigüela, las estaciones son: E1A, E1B (127 y 50 m aguas arriba del cruce con el gasoducto, respectivamente), E2, E3, E4, E5, E6 y E7 (30, 70, 252, 407, 700 y 870 m aguas abajo del cruce con el gasoducto, respectivamente). En el Valdepineda son: A1A, A1B (127 y 50 m aguas arriba del cruce con el gasoducto, respectivamente), A2, A3, A4 y A5 (30, 252, 407 y 507 m aguas abajo del cruce con el gasoducto, respectivamente). Una descripción de los puntos de muestreo puede observarse en la tabla 1.

	<b>Anchura</b>	<b>Substrato</b>	<b>Cobertura</b>	<b>%MO</b>	<b>IPCG</b>	<b>Hábitat</b>
<b>E1A</b>	3,7	Limos	Cerrado	Muy abundante	NO	Tabla
<b>E1B</b>		Limos	Cerrado	Muy abundante	NO	Tabla
<b>E2</b>	2,3-2,7	Cantos, gravas y arenas	Abierto	Poco abundante	30-60%	Rápido
<b>E3</b>	2,25-2,3	Cantos y arenas	Abierto	Poco abundante	>60%	Rápido
<b>E4</b>	2,4-3,8	Limos y arcillas	Abierto	Abundante	>60%	Tabla
<b>E5</b>	4,1-4,3	Limos y arcillas	Abierto	Muy abundante	NO	Tabla
<b>E6</b>	4-4,8	Arenas, limos y arcillas	Abierto	Muy abundante	NO	Tabla
<b>E7</b>	3,3-3,5	Cantos y arenas	Abierto	Poco abundante	Medianamente fijadas	Tabla
<b>A1A</b>	2,4-2,8	Limos y arcillas	Abierto	Muy abundante	NO	Poza
<b>A1B</b>	3,8	Arenas, limos y arcillas	Abierto	Muy abundante	NO	Poza
<b>A2</b>	1-3,1	Arenas, limos y arcillas	Abierto	Muy abundante	NO	Poza
<b>A3</b>	2,5-3	Limos y arcillas	Abierto	Muy abundante	NO	Tabla
<b>A4</b>	2,6-2,8	Cantos, gravas y arenas	Abierto	Poco abundante	Medianamente fijadas	Rápido
<b>A5</b>	1,8-3,8	Arenas y limos	Abierto	Abundante materia orgánica	NO	Tabla

**Tabla 1:** Descripción de las estaciones de muestreo: anchura, substrato, cobertura, % de materia orgánica (% MO), IPCG (inclusión de piedras, cantos y gravas) y hábitat.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Como se ha mencionado en la introducción, la obra del cruce de los ríos por el gasoducto se realizó en diferentes fases, cuyas fechas se recogen en la tabla 2.

<b>FASE DE LA OBRA</b>	<b>FECHA</b>
Comienzo de obra con apertura de zanja en el Valdepineda	11 de diciembre de 2001
Finalización de la obra en el Valdepineda	14 de diciembre de 2001
Comienzo de obra con apertura de zanja en el Cigüela	17 de diciembre de 2001
Finalización de la obra en el Cigüela	18 de diciembre de 2001
Comienzo de la rehabilitación de los dos ríos	19 de febrero de 2002
Finalización de la rehabilitación de los dos ríos	22 de febrero de 2002

**Tabla 2:** *Fechas en las que se realizaron las distintas fases de la obra.*

Los impactos de las obras en los dos ríos se comenzaron a estudiar una vez que se había concluido la primera fase de las obras (instalación de la pista de trabajo), así, los parámetros objeto de este estudio, tanto los físico-químicos como los biológicos, se midieron unos días antes y después de que fueran realizadas las otras dos fases de la obra (apertura de la zanja e instalación de tubería por un lado, y rehabilitación por otro). El seguimiento consiste en el estudio de estos parámetros a los seis meses y al año una vez comenzadas las obras. Así, en este estudio se han obtenido datos de 6 momentos distintos: prezanja (AZ) (fotografía 1), postzanja (DZ), prerrehabilitación (AR) (fotografía 2), postrehabilitación (DR) (fotografía 3), seguimiento semestral (S) y seguimiento anual (A).

Con la finalidad de caracterizar las aguas del Valdepineda y del Cigüela, se han analizado muestras en los laboratorios del IGME mediante los siguientes métodos según sus protocolos. Estas muestras han sido recogidas en botes de plástico de 500 ml en P1 (entre E3 y E4), P2 (A3 y A4) y P3 (E6 y E7) (figura 1) en diciembre de 2001 y en enero, marzo y octubre de 2002:

- Electrometría: conductividad y pH;
- Electrometría. Método de electrodos específicos: cianuros y fluoruros
- Ebullición en medio ácido y valoración con permanganato potásico: oxidabilidad;
- Deseccación a 180°C y gravimetría: residuo seco;
- Espectrometría de emisión atómica: K y Na;
- Espectrometría de absorción atómica: Cr, Zn, Hg, As, Se, Cd, Cr, Fe, Mn y Pb;
- Espectrometría de absorción. Autoanalizado de flujo continuo: amonio, bicarbonatos, Ca, cloruros, Mg, nitratos, nitritos, sílice, sulfatos,
- Método de la hidracina: turbidez;
- Análisis cualitativo con papel de acetato de plomo y yodometría si hay presencia: sulfuros; y
- Volumetría: carbonatos.

Por otro lado, en estos mismos puntos y en los momentos señalados a continuación, se midió la cantidad de fósforo total y ortofosfato. Para el fósforo total se ha utilizado el método PhosVer3 (Método registrado por Hach nº 8048 equivalente al método EPA 365.2 y al Standard Method 4500-P E) y para el ortofosfato el método PhosVer3 con digestión en persulfato (Método registrado por Hach nº 8190 aceptado por la US EPA para análisis de aguas residuales).

En los momentos AZ, DZ, AR, DR, S y A se realizaron, en cada una de las estaciones de muestreo, determinaciones de parámetros físico-químicos *in situ*: temperatura (°C), pH, conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l y % saturación) y turbidez. La temperatura y el pH se midieron con un pHmetro portátil Hanna HI 9025C, la conductividad con un medidor multirango Hanna HI 9033, el oxígeno disuelto con un oxímetro portátil OXI 330 y la turbidez con un medidor Hanna HI 93703. Para el análisis de los sólidos en suspensión se tomaron en campo muestras en botes de plástico de 500 ml de capacidad y posteriormente se midieron en el laboratorio del IGME por método gravimétrico. Para el cálculo de caudales se utilizó el corrientímetro digital FLOW PROBE y se realizaron por estación un transecto perpendicular a la corriente con un mínimo de 8 medidas de profundidad y de velocidad de corriente. Basándose en la ecuación:

$$\text{caudal} = \text{velocidad} \times \text{sección}$$

se integraron las diferentes medidas obtenidas en campo creando subsecciones. El sumatorio de los caudales obtenidos en cada subsección da como resultado el caudal total en l/s para cada transecto.

Los valores medios para temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto (mg/l), oxígeno disuelto (% de saturación), sólidos en suspensión, turbidez, velocidad, caudales, fósforo total y ortofosfato, para cada río, se compararon mediante la t de Student; y las correlaciones entre los sólidos en suspensión y los caudales se han realizado mediante el coeficiente de correlación r de Pearson (StatSoft, Inc. 1995).

Para el análisis granulométrico del sedimento del río se tomaron 3 réplicas, en los 6 momentos del estudio, para cada estación y muestreo y se separaron en tres fracciones: 50-250  $\mu\text{m}$  (tamaño menor), 250-500  $\mu\text{m}$  (tamaño medio) y 500-1000

$\mu\text{m}$  (tamaño mayor). Las muestras se tomaron con cilindros de metacrilato de 6 cm de diámetro que se clavan en el lecho del río extrayendo los 5 primeros cm. Las fracciones se separaron en laboratorio con tamices calibrados de 50, 250, 500 y 1000 mm, se secaron a 105 °C durante 24 horas en una estufa de sacado universal de rango 40 a 250 °C, y se pesaron en una balanza analítica de tres decimales (precisión 0.001 gr). Los valores medios ( $\text{gr}/\text{cm}^2$ ) obtenidos para cada fracción en cada estación durante las fases de obra son comparados mediante R de Rao, una transformación de lambda de Wilks que sigue una distribución  $F$  (StatSoft, Inc. 1995).

Los datos de los momentos AZ y DZ se contrastan con los valores de la materia en suspensión obtenidos durante la construcción de la zanja. Durante la apertura de la zanja, se tomaron muestras de los sólidos en suspensión simultáneamente en todas las estaciones para comprobar la velocidad de avance de la pluma. El tiempo de toma de las muestras es a los 5, 10, 30, 45, 60, 120, 180 y 240 minutos después de comenzar los trabajos de excavación de la zanja en el punto de cruce. La materia en suspensión se cuantifica por el método gravimétrico con secado a 105 °C.

Las medidas de fósforo total, ortofosfato, caudales y el análisis granulométrico fue realizado por la empresa CIMERA Estudios Aplicados S.L. y una descripción más detallada de los métodos y los resultados pueden encontrarse en los Anexos I, II y III.

La recolección de los macroinvertebrados bentónicos presentes en todos los hábitats en cada punto de muestreo se llevó a cabo, en los 6 momentos del estudio, con una red Kicker de 250  $\mu\text{m}$  de luz de malla; las muestras se fijaron en alcohol de 70°. Entre los puntos E2, E3 y A2, A3 se ha recogido una sola muestra

de macrobentos por muestreo con el fin de evitar en lo posible la perturbación del medio durante la recogida del material debido a la proximidad de las estaciones.

Las muestras se identificaron hasta el nivel de familia mediante observaciones a la lupa Kyowa 40X, con el apoyo de claves y guías taxonómicas. Posteriormente se ha calculado el índice de macroinvertebrados BMWP' (Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1988). La comparación de la riqueza de *taxa* y el valor BMWP' entre los diferentes momentos para cada río se ha realizado mediante el test de la mediana ((StatSoft, Inc. 1995), una versión de la ANOVA de Kruskal-Wallis).

Para el muestreo de la ictiofauna, en los 6 momentos del estudio, se realizaron pescas eléctricas a lo largo de tres transectos longitudinales: P1 (Río Cigüela, aproximadamente 50 m entre E3 y E4), P2 (Río Valdepineda, aproximadamente 50 m entre A3 y A4) y P3 (Río Cigüela, aguas debajo de la confluencia con el Valdepineda, aproximadamente 100 m entre E6 y E7) (figura 1). El método utilizado para la captura de los ejemplares fue la pesca eléctrica (fotografía 5), con un motor generador HONDA EX350, montado sobre una mochila. La potencia del motor es de 300 w y la tensión de salida se puede regular: 150/200/300 V. Siempre se trabajó con intensidades de corriente lo suficientemente pequeñas como para evitar mortandades innecesarias en las poblaciones.

Para comparar las diferencias entre la densidad de peces de unos puntos a otros en las diferentes fechas se ha calculado el volumen total de agua muestreada en cada transecto. Para ello se ha realizado un perfil del cauce y de la profundidad del agua cada 5 m. Así se han calculado las áreas muestreadas mediante el programa AUTOCAD (Autodesk, Inc. 2005) y posteriormente se han integrado, obteniéndose el volumen total. Finalmente, y para comparar las diferencias en la frecuencia de distribución del número de individuos de peces de una determinada especie se ha calculado el valor de Chi-cuadrado (StatSoft, Inc. 1995).



**Fotografía 5:** *Río Cigüela, muestreo de peces mediante el método de pesca eléctrica en el invierno de 2002.*

## RESULTADOS: PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

A partir de los datos que aparecen en las tablas 3 y 4, se han caracterizado las aguas del Cigüela y del Valdepineda.

	Diciembre de 2001			Febrero de 2002			Marzo de 2002			Octubre de 2002		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Na	7	7	7	4	5	5	5,71	5,41	5,63	6,07	5,98	5,83
K	2	5	2	2	3	2	1,92	2,9	2,27	3,23	3,4	3,06
Ca	444	400	420	468	370	470	402	354	352	336	328	450
Mg	97	42	67	97	43	102	101	38	54	43	41	87
NH4	<0.05	0,3	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fe	0,044	0,039	0,029	0,036	0,041	<0.020	0,0419	0,119	0,1535	0,051	<0.05	<0.05
Mn	0,011	<0.010	<0.010	0,016	<0.010	0,012	<0.010	0,0128	0,015	<0.02	<0.02	<0.02
Cu	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Zn	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,07	<0.05	<0.05
Cr	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	0,00598	0,00279	0,00448	<0.005	<0.005	<0.005
Cd	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.001	<0.001	<0.001
Pb	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.010	<0.010	<0.010
As	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Se	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Hg	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cloruro	9	9	9	9	9	9	10	8	10	8	7	9
Sulfato	1230	864	990	1250	840	1280	1250	896	980	720	730	1220
Bicarbonato	230	266	280	220	200	213	62	67	70	265	259	219
Carbonato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrato	9	8	9	8	9	8	7	10	10	8	8	2
Nitrito	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fosfato	<0.05	0,5	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fluoruro	0,81	0,56	0,71	0,75	0,5	0,75	0,76	0,57	0,63	0,56	0,56	0,83
Cianuro	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025
Sulfuro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad	2932	2112	2392	2692	2082	2712	2933	2343	2434	1732	1715	2953
pH	7,3	7,5	7,7	7,5	7,5	7,7	7,7	7,6	7,8	7,7	7,6	7,7
Residuo seco	2028	1439	1714	1887	1477	1853	2016,6	1613	1683	1365	1468	2092
Oxidabilidad	1,1	1,6	1	1,3	1,2	1,5	1,2	1,1	1,6	2	1,4	2,1
Silice	18,2	16,2	16,2	16,1	16,7	15,9	17	17,9	18,3	19,2	19,3	17,6
SS	5,4	14,1	4,6	4,7	31,7	6,5	1,2	31,3	34,1	62,4	55,8	12
Turbidez	1,23	6,64	2,07	1,5	14,96	1,14	<1	17,27	18,75	9,53	12,37	2,35

**Tabla 3:** Características fisicoquímicas de las aguas de los ríos Cigüela y Valdepineda en P1 (entre E3 y E4), P2 (A3 y A4) y P3 (E6 y E7). Todas las unidades en mg/l excepto la conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ ) y la turbidez (UNF).

La tabla 4 recoge los valores medios de las estaciones de muestreo de los siguientes parámetros: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, sólidos en suspensión, turbidez, velocidad de la corriente, caudales, concentración de fósforo total y ortofosfatos en los ríos Cigüela y Valdepineda. y en los distintos momentos.

*Estudio de los impactos ambientales de los cruces de gasoductos con ríos vadeables*  
Resultados: Parámetros fisicoquímicos

	Temperatura	pH	Conductividad	Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto (%)	SST	Turbidez	Velocidad	Caudales	Fósforo	Ortofosfato
AZE	3,9	8,0	3,6	11,2	93,6	7,6	2,65	5,30	84,5	0,10	0,10
DZE	1,8	8,0	3,6	11,1	84,1	4,4	5,52	3,90	86,5	0,10	0,03
ARE	3,1	7,9	3,3	11,5	94,4	10,0	13,34	4,25	88,4	0,08	0,03
DRE	4,5	7,9	3,8	11,3	96,9	4,2	16,53	12,00	-	0,13	0,04
SE	11,9	7,9	-	10,0	91,6	6,9	7,26	4,83	103,3	0,10	0,07
AE	10,8	7,9	1,9	-	-	3,7	11,17	6,75	27,2	0,14	0,10
<b>MEDIA</b>	<b>6,0</b>	<b>7,9</b>	<b>3,2</b>	<b>11,0</b>	<b>92,1</b>	<b>6,1</b>	<b>9,4</b>	<b>6,2</b>	<b>78,0</b>	<b>0,11</b>	<b>0,06</b>

	Temperatura	pH	Conductividad	Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto (%)	SST	Turbidez	Velocidad	Caudales	Fósforo	Ortofosfato
AZA	7,1	8,1	3,1	10,5	96,0	65,7	16,52	1,63	79,3	0,06	0,03
DZA	7,0	8,1	3,5	9,5	86,1	17,0	16,13	2,18	86,6	0,13	0,03
ARA	4,6	8,0	2,9	10,9	92,3	32,9	40,23	9,45	57,9	0,06	0,05
DRA	11,8	8,1	3,7	10,9	111,4	40,2	40,90	7,33	-	0,06	0,03
SA	14,5	7,9	-	9,1	98,5	26,0	22,51	5,83	29,8	0,20	0,06
AA	12,1	7,9	1,7	-	-	12,6	17,67	8,75	40,3	0,12	0,09
<b>MEDIA</b>	<b>9,5</b>	<b>8,0</b>	<b>3,0</b>	<b>10,2</b>	<b>96,9</b>	<b>32,4</b>	<b>25,7</b>	<b>5,9</b>	<b>58,8</b>	<b>0,11</b>	<b>0,05</b>

**Tabla 4:** Valores medios de temperatura (°C), pH, conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l), oxígeno disuelto (%), sólidos en suspensión (mg/l), turbidez (NFU), velocidad de la corriente (m/s), caudales (l/s), concentración de fósforo total (mg/l) y ortofosfatos (mg/l) en los distintos momentos (AZ, DZ, AR, DR, S y A) en el río Cigüela (azul) y Valdepineda (amarillo).

Las aguas, tanto las del Cigüela como las del Valdepineda, son de fuerte mineralización y, según la clasificación de Shtchoukarev (Catalán La Fuente, 1981) sulfatadas-cálcicas (ligeramente magnésicas).

La Orden de 13 de agosto de 1999, por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo de los planes hidrológicos de las Cuencas del Guadiana I y Guadiana II, aprobados por Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio, encuadra el Río Cigüela y afluentes en la Zona 1, Subzona 1.3 "Cigüela-Záncara". En dicho documento, en el Anexo 6.1 (tabla 5) se definen los niveles de calidad de las aguas y en el Anexo 6.2 (tabla 6) se establecen los usos compatibles con dicha calidad. Por otra parte, el Anexo 7 (tabla 7) establece el nivel de calidad actual de cada subzona y los objetivos de calidad fijados para cada una de ellas.

*Estudio de los impactos ambientales de los cruces de gasoductos con ríos vadeables*  
Resultados: Parámetros fisicoquímicos

ANEXO 6.1  
DEFINICION DE LOS NIVELES DE CALIDAD

NIVELES DE CALIDAD

PARAMETROS	UNIDAD	I	II	III	IV
O <sub>2</sub> disuelto	% sobre saturación	> 80	60-80	40-60	< 40
DBO	mg/l O	< 3	3-5	5-7	> 7
Materia en suspensión	mg/l MES	< 25	< 25	< 25	> 25
Amoniaco	mg/l NH	< 0,5	0,5-1	1-2	> 2
Nitratos	mg/l NO	< 50	< 50	< 50	> 50
Fosfatos	mg/l P O	< 0,5	0,5-1	0,5-1	> 1
Clorofila	mg/m	< 10	10-20	20-50	> 50
Indice biótico	índice GMWP	> 100	60-100	35-60	< 35
Cloruros	mg/l Cl	< 200	< 200	200-500	> 500
Conductividad	S/cm a 20 c	< 750	750-1500	1500-3000	>3000
Hierro	mg/l Fe	< 0,5	0,5-1	1-2	> 2
Sustancias extraíbles al cloroformo	mg/l SEC	< 0,1	0,1-0,5	0,5-1,0	> 1,0
Coliformes totales	/100 ml a 37 C	< 5000		- 10000	> 10000
Coliformes fecales	/100 ml	< 2000	5000	2000	> 2000
Estreptococos fecales	/100 ml	< 1000	<	- 10000	> 10000
			1000		
Color	mg/Pt/l	< 20	20-100	100-200	> 200
pH		El pH deberá estar comprendido entre 6 y 9			
Temperatura		No deberá exceder de 25 C. Se tendrá en cuenta las especiales condiciones para ríos salmonidos			
Espumas y residuos flotantes		No perceptibles			

**Tabla 5:** Anexo 6.1 de la Orden de 13 de agosto de 1999, se definen los niveles de calidad de las aguas

ANEXO 6.2  
USOS COMPATIBLES CON CADA NIVEL DE CALIDAD

NIVEL I

- Abastecimiento (Tratamiento Convencional)
- Baños
- Riego
- Salmónidos
- Protección Eutrofización
- Alto Valor Ecológico

NIVEL II

- Abastecimiento (Tratamiento Convencional)
- Baños
- Riego
- Ciprínidos
- Protección Eutrofización
- Alto Valor Ecológico

NIVEL III

- Abastecimiento (Tratamiento Especial)
- Uso Recreativo (Sin contacto)
- Riego (Con limitaciones)
- Ciprínidos

NIVEL IV

No se recomienda, en general, ningún uso.

**Tabla 6:** Anexo 6.2 de la Orden de 13 de agosto de 1999 donde se establecen los usos compatibles con la calidad de las aguas

NIVELES DE CALIDAD ACTUALES Y OBJETIVOS DE CALIDAD

ZONAS	NIVEL DE CALIDAD				OBJETIVO DE CALIDAD			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
ZONA 1								
Subzona 1.1	*				*			
Subzona 1.2				*		*		
Subzona 1.3				*		*		
Subzona 1.4	*				*			

**Tabla 7:** Anexo 7 de la Orden de 13 de agosto de 1999 donde establece el nivel de calidad actual de cada subzona y los objetivos de calidad fijados para cada una de ellas.

Como se puede observar, en el Plan Hidrológico la calidad actual de las aguas de la Subzona 1.3 está caracterizada como de nivel IV (“no se recomienda ningún uso”), mientras que el objetivo de calidad fijado es el nivel II (“abastecimiento con tratamiento convencional, baños, riego, ciprínidos, etc”). A continuación se realiza una comparación de los valores obtenidos en las campañas de muestreo en los Ríos Cigüela y Valdepineda para los parámetros medidos con los extraídos de la tabla del Anexo 6.1, relacionándolos con el nivel de calidad correspondiente.

Con relación al oxígeno disuelto (%), El valor de saturación de oxígeno en el agua de ambos ríos es superior al 80 %, valores que entran dentro del nivel de calidad I.

Respecto a la materia en suspensión, en el caso del río Cigüela los valores oscilan entre 3,7 y 10,0 mg/l, entrando dentro de los niveles de calidad I a III, mientras que en el río Valdepineda los valores oscilan entre 12,6 y 65,7 mg/l, entrando dentro del nivel IV de calidad, no recomendándose ningún uso en general en función de este parámetro. También hay que señalar que, en el río Valdepineda, en todos los momentos excepto en DZ y A, se sobrepasan los límites fijados en el Anexo 3 del Real Decreto 927/88, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y la Planificación Hidrológica, donde se define la calidad exigible a las aguas continentales cuando requieran protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces. Este límite es sobrepasado tanto para ciprínidos como para salmónidos.

En cuanto a los nitratos y nitritos, los valores en ambos ríos son muy bajos, destacando particularmente la concentración de nitritos, en todos los casos por debajo del nivel de detección. Según los valores de nitratos, que oscilan entre 2 y 10 mg/l, la calidad de las aguas entraría dentro de los niveles I a III.

Con relación a los fosfatos, en ambos ríos los valores están por debajo de 0,5 mg/l, entrando dentro del nivel I de calidad.

Respecto a los cloruros, el valor de los cloruros oscila entre 7 y 10 mg/l, muy por debajo de la concentración de cloruros que marca el nivel I de calidad (<200mg/l).

En cuanto a la conductividad, las aguas de ambos ríos presentarían un nivel III de calidad, con valores que oscilan entre 1715 y 2933  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Con relación al hierro, en la mayor parte de los casos estudiados la concentración de hierro es inferior a 0,05 mg/l, entrando dentro del nivel I de calidad.

Teniendo en cuenta los objetivos de calidad establecidos en el Plan Hidrológico del Guadiana, los parámetros que hacen que el nivel de calidad del agua disminuya son los sólidos en suspensión (nivel IV de calidad), en el caso del río Valdepineda y la conductividad (nivel III de calidad) en ambos ríos. En función de estos resultados, el agua del río Valdepineda no sería recomendable para ningún uso en general, dada la concentración de sólidos en suspensión, mientras que el agua del río Cigüela sería apta para usos de abastecimiento con tratamiento especial, usos recreativos sin contacto, riego con limitaciones y posibilitaría la vida de ciprínidos.

Para caracterizar el grado de eutrofización de las aguas se utiliza el índice de eutrofización de Kelly y Whitton (1998) que establece el grado de eutrofización de un medio acuático en función del contenido en fósforo total, siendo los límites los siguientes: Oligotrófico ( $P < 0,02 \text{ mg/l}$ ), Mesotrófico ( $0,02 < P < 0,1 \text{ mg/l}$ ), Eutrófico ( $0,1 < P < 0,5 \text{ mg/l}$ ) e Hipertrófico ( $P > 0,5 \text{ mg/l}$ ).

Los valores obtenidos en el río Cigüela oscilan entre 0,08 y 0,14 mg/l de fósforo total, mientras que en el río Valdepineda oscilan entre 0,06 y 0,2 mg/l, por lo que sus aguas se caracterizan, según esta clasificación como mesotróficas-eutróficas.

Las principales diferencias que se encuentran en cada río entre los diferentes momentos en variables como la temperatura, velocidad y caudales, son debidas a las variaciones estacionales (los muestreos para AZ y DZ se realizaron en diciembre, para AR y DR en febrero, para S en junio y para A en octubre).

La construcción de la zanja en el punto de cruce modifica radicalmente el hábitat en este tramo del río al alterar la morfometría natural del canal y la granulometría del lecho (Petts y Foster, 1985). Las alteraciones en la morfología del canal pueden producir, además, cambios en la velocidad de la corriente con efecto sobre los tramos situados aguas arriba y abajo del punto de cruce, aunque no se han encontrado diferencias en los caudales entre AZ y DZ, no se pueden comparar estos parámetros para AR y DR porque no se han podido obtener datos de caudales en DR.

Otros parámetros como el pH y el oxígeno disuelto (en mg/l y en % de saturación) se mantienen más o menos constantes. La conductividad disminuye en los dos ríos en el momento A. Otros parámetros como los sólidos en suspensión y la turbidez varían a lo largo del año de un modo que no parece indicar influencia de las diferentes fases de obra. Sin embargo, durante la realización de la fase de zanja se tomaron, con la misma metodología citada en el apartado anterior, las correspondientes medidas de temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto y turbidez, en los puntos E2 y A2. Comparando estos resultados con los obtenidos en las mismas estaciones en los momentos AZ y DZ, se encuentran únicamente diferencias en la turbidez, 435 UNF en E2 frente a 1,49 y 4,86 (AZ y DZ, tabla 8), y 207 UNF en A2 frente a 8,06 y 18,44 (AZ y DZ, tabla 9).

Los valores de ortofosfato oscilan a lo largo del año en el río Cigüela y los de fósforo total en el Valdepineda.

Comparando los valores de los dos ríos, se observa como la media de la temperatura del río Valdepineda es más elevada que la del Cigüela (9,5 °C frente a 6°C, respectivamente), siendo esta diferencia no significativa ( $p = 0,16$ ). En cuanto al pH, no se observa ninguna diferencia significativa ( $p = 0,06$ ), lo mismo sucede con la conductividad ( $p = 0,1$ ), el oxígeno disuelto ( $p = 0,97$ ), el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto ( $p = 0,36$ ), el fósforo total ( $p = 1$ ) y el ortofosfato ( $p = 0,55$ ). En lo que se refiere a la velocidad de la corriente y los caudales, éstos parámetros son mayores en el Cigüela que en el Valdepineda, siendo esta diferencia no significativa ( $p = 0,87$  y  $p = 0,34$  respectivamente). Las únicas diferencias significativas que se detectan son entre dos parámetros muy relacionados entre sí, los sólidos en suspensión y la turbidez ( $p = 0,01$  y  $p = 0,01$  respectivamente). En el río Valdepineda las aguas presentan mayor cantidad de sólidos en suspensión y, por lo tanto, mayor turbidez que el Cigüela a lo largo de todo el seguimiento.

En las tablas 8 y 9, se pueden observar los valores de temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, sólidos en suspensión, turbidez, velocidad de la corriente, caudales, concentración de fósforo total y ortofosfatos en las 14 estaciones de muestreo y en los distintos momentos.

*Estudio de los impactos ambientales de los cruces de gasoductos con ríos vadeables*  
Resultados: Parámetros fisicoquímicos

	Temperatura	pH	Conductividad	Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto (%)	SST	Turbidez	Velocidad	Caudales	Fósforo	Ortofosfato
AZE1A	3,6	7,9	3,7	11,0	91,1	8,60	2,06	0,09	-	-	-
AZE1B	3,5	8,0	3,6	10,9	90,7	8,60	2,13	-	-	-	-
AZE2	3,5	8,0	3,6	10,9	90,1	8,80	1,49	5,00	50,1	-	-
AZE3	3,5	8,0	3,5	11,1	92,0	5,40	1,25	4,00	44,4	-	-
AZE4	3,8	7,9	3,6	11,6	97,7	8,30	0,88	7,00	71,5	0,11	0,12
AZE5	3,4	7,9	3,6	11,9	98,3	7,40	3,06	14,00	93,1	-	-
AZE6	4,7	7,9	3,7	11,2	96,0	7,60	4,78	3,00	129,3	-	-
AZE7	4,8	8,2	3,6	10,9	93,0	6,00	5,57	4,00	118,3	0,09	0,07
<b>TOTAL</b>	<b>3,9</b>	<b>8,0</b>	<b>3,6</b>	<b>11,2</b>	<b>93,6</b>	<b>7,6</b>	<b>2,65</b>	<b>5,30</b>	<b>84,5</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>
DZE1A	1,7	7,9	3,7	10,4	83,0	2,40	3,27	0,09	-	-	-
DZE1B	1,7	8,0	3,7	10,5	82,3	2,90	3,48	0,08	-	-	-
DZE2	1,7	8,0	3,6	10,6	83,3	0,60	4,86	7,00	43,8	-	-
DZE3	1,7	8,0	3,8	10,8	85,3	3,60	5,88	3,00	50,5	-	-
DZE4	1,6	8,0	3,5	11,2	87,0	1,70	2,97	7,00	47,2	0,09	0,04
DZE5	1,7	8,0	3,7	11,0	86,7	2,80	3,33	7,00	100,4	-	-
DZE6	1,2	7,9	3,3	10,9	84,1	15,40	11,01	3,00	155,4	-	-
DZE7	3,0	8,1	3,3	13,3	81,4	5,80	9,39	4,00	121,9	0,10	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>1,8</b>	<b>8,0</b>	<b>3,6</b>	<b>11,1</b>	<b>84,1</b>	<b>4,4</b>	<b>5,52</b>	<b>3,90</b>	<b>86,5</b>	<b>0,10</b>	<b>0,03</b>
ARE1A	3,2	7,8	3,5	11,6	95,4	9,30	3,11	0,01	-	-	-
ARE1B	3,1	7,8	3,5	11,6	95,0	1,30	19,00	0,01	-	-	-
ARE2	3,0	7,9	3,4	11,8	97,4	2,70	11,28	4,00	90,3	-	-
ARE3	2,9	8,0	3,5	11,7	96,2	17,70	11,56	4,00	68,1	-	-
ARE4	2,7	7,9	3,3	11,9	96,9	3,60	4,12	9,00	51,8	0,11	0,04
ARE5	2,4	7,9	3,3	12,2	96,0	6,00	4,31	8,00	80,1	-	-
ARE6	3,9	7,9	3,0	10,6	89,7	24,80	33,94	5,00	142,7	-	-
ARE7	3,3	7,9	3,1	10,8	88,9	14,70	19,37	4,00	97,1	0,05	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>3,1</b>	<b>7,9</b>	<b>3,3</b>	<b>11,5</b>	<b>94,4</b>	<b>10,0</b>	<b>13,34</b>	<b>4,25</b>	<b>88,4</b>	<b>0,08</b>	<b>0,03</b>
DRE1A	4,9	7,9	4,0	11,3	100,7	5,60	6,04	-	-	-	-
DRE1B	4,8	7,9	4,0	11,5	99,3	5,90	8,30	-	-	-	-
DRE2	4,8	7,9	4,1	11,3	97,3	8,60	11,80	6,00	-	-	-
DRE3	4,7	7,8	4,2	11,0	95,7	3,40	6,32	6,00	-	-	-
DRE4	4,5	7,9	4,0	11,7	99,3	1,10	8,70	19,00	-	0,08	0,07
DRE5	3,3	7,8	3,9	11,7	97,0	1,00	7,57	28,00	-	-	-
DRE6	5,0	7,9	3,2	11,1	96,0	7,00	46,88	5,00	-	-	-
DRE7	4,0	7,9	3,2	10,6	89,7	1,20	36,62	8,00	-	0,17	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>4,5</b>	<b>7,9</b>	<b>3,8</b>	<b>11,3</b>	<b>96,9</b>	<b>4,2</b>	<b>16,53</b>	<b>12,00</b>	-	<b>0,13</b>	<b>0,04</b>
SE1A	11,8	7,9	-	9,4	96,0	4,70	4,08	-	-	-	-
SE1B	12,0	7,9	-	9,7	99,7	9,80	5,27	-	-	-	-
SE2	12,3	7,9	-	9,4	97,1	11,40	5,46	3,00	97,2	-	-
SE3	12,2	7,9	-	9,7	101,3	4,20	4,96	5,00	66,5	-	-
SE4	12,5	8,0	-	11,1	116,0	3,30	4,30	6,00	86,2	0,08	0,05
SE5	12,0	7,9	-	11,1	114,3	2,70	4,90	6,00	84,5	-	-
SE6	11,2	7,8	-	9,5	11,1	15,20	17,43	5,00	163,7	0,11	0,08
SE7	10,9	7,8	-	9,7	97,0	4,00	11,69	4,00	121,7	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>11,9</b>	<b>7,9</b>	-	<b>10,0</b>	<b>91,6</b>	<b>6,9</b>	<b>7,26</b>	<b>4,83</b>	<b>103,3</b>	<b>0,10</b>	<b>0,07</b>
AE1A	10,7	7,8	2,0	-	-	1,50	43,80	-	-	-	-
AE1B	10,6	7,9	2,1	-	-	2,00	2,77	-	-	-	-
AE2	10,7	8,0	1,9	-	-	4,20	2,92	3,00	17,4	-	-
AE3	10,7	8,0	2,0	-	-	3,60	4,75	4,60	18,6	-	-
AE4	10,6	7,9	2,0	-	-	2,40	2,69	8,90	3,6	0,05	0,03
AE5	10,5	7,8	1,9	-	-	2,10	3,05	14,00	12,1	-	-
AE6	11,3	7,9	1,7	-	-	6,80	15,91	7,00	52,4	0,22	0,16
AE7	10,9	7,9	1,7	-	-	6,80	13,43	3,00	58,9	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>10,8</b>	<b>7,9</b>	<b>1,9</b>	-	-	<b>3,7</b>	<b>11,17</b>	<b>6,75</b>	<b>27,2</b>	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>

**Tabla 8:** Río Cigüela. Temperatura (°C), pH, conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l), oxígeno disuelto (%), sólidos en suspensión (mg/l), turbidez (NFU), velocidad de la corriente (m/s), caudales (l/s), concentración de fósforo total (mg/l) y ortofosfatos (mg/l). Datos tomados en las 14 estaciones de muestreo (E1A, E1B, E2, E3, E4, E5, E6, E7, A1, A2, A3, A4 y A5) y en los distintos momentos (AZ, DZ, AR, DR, S y A).

*Estudio de los impactos ambientales de los cruces de gasoductos con ríos vadeables*  
Resultados: Parámetros fisicoquímicos

	Temperatura	pH	Conductividad	Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto (%)	SST	Turbidez	Velocidad	Caudales	Fósforo	Ortofosfato
AZA1A	7,4	8,1	3,2	10,0	92,4	24,90	8,65	2,00	97,2	-	-
AZA1B	7,4	8,1	3,2	10,3	94,2	50,80	19,29	0,09	-	-	-
AZA2	7,2	7,8	-	10,5	96,0	21,40	8,06	-	49,3	-	-
AZA3	7,1	8,1	3,2	10,4	95,0	273,50	50,00	0,05	-	-	-
AZA4	6,7	8,2	3,0	11,1	99,5	10,60	7,83	3,00	89,9	0,06	0,03
AZA5	6,6	8,1	3,1	11,0	98,6	13,10	5,28	3,00	80,8	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>7,1</b>	<b>8,1</b>	<b>3,1</b>	<b>10,5</b>	<b>96,0</b>	<b>65,7</b>	<b>16,52</b>	<b>1,63</b>	<b>79,3</b>	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>
DZA1A	7,6	8,1	3,5	8,8	81,3	16,10	11,56	7,00	102,1	-	-
DZA1B	7,9	8,1	3,6	8,5	79,6	8,20	12,99	0,01	-	-	-
DZA2	7,0	8,2	3,6	9,7	88,0	26,20	18,44	0,04	-	-	-
DZA3	6,7	8,1	3,5	9,8	89,0	17,60	17,60	0,03	-	-	-
DZA4	6,4	8,1	3,5	10,1	90,7	12,50	18,77	3,00	76,5	0,13	0,03
DZA5	6,2	8,0	3,4	9,8	88,0	21,40	17,43	3,00	81,3	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>7,0</b>	<b>8,1</b>	<b>3,5</b>	<b>9,5</b>	<b>86,1</b>	<b>17,0</b>	<b>16,13</b>	<b>2,18</b>	<b>86,6</b>	<b>0,13</b>	<b>0,03</b>
ARA1A	4,7	8,0	2,9	11,3	96,0	35,10	51,00	3,00	67,6	-	-
ARA1B	4,7	7,9	2,9	10,8	92,7	35,50	43,19	29,00	31,5	-	-
ARA2	4,7	7,9	2,9	11,0	92,7	26,70	44,85	8,00	84,4	-	-
ARA3	4,7	8,0	2,9	10,7	90,3	31,90	27,73	7,00	22,1	-	-
ARA4	4,5	8,0	2,9	10,5	90,3	27,50	34,40	2,70	78,6	0,06	0,05
ARA5	4,5	8,0	2,9	10,8	91,6	40,80	40,21	7,00	62,9	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>4,6</b>	<b>8,0</b>	<b>2,9</b>	<b>10,9</b>	<b>92,3</b>	<b>32,9</b>	<b>40,23</b>	<b>9,45</b>	<b>57,9</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>
DRA1A	12,2	8,1	3,7	9,8	101,0	52,70	52,00	9,00	-	-	-
DRA1B	12,0	8,1	3,7	9,9	102,7	34,40	49,58	16,00	-	-	-
DRA2	11,9	8,1	3,7	10,9	112,0	41,10	22,11	5,00	-	-	-
DRA3	11,8	8,1	3,9	13,5	138,3	45,90	36,19	7,00	-	-	-
DRA4	11,7	8,1	3,8	10,6	108,0	39,90	37,58	3,00	-	0,06	0,03
DRA5	11,3	8,1	3,5	10,5	106,7	27,40	47,94	4,00	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>11,8</b>	<b>8,1</b>	<b>3,7</b>	<b>10,9</b>	<b>111,4</b>	<b>40,2</b>	<b>40,90</b>	<b>7,33</b>	-	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>
SA1A	15,0	7,9	-	7,6	84,0	24,40	18,04	6,00	11	-	-
SA1B	14,6	7,8	-	8,0	87,7	16,50	25,73	13,00	-	-	-
SA2	14,7	7,9	-	9,1	99,7	19,80	22,20	4,00	26,1	-	-
SA3	14,5	7,9	-	9,6	104,5	26,50	21,61	4,00	25,5	-	-
SA4	14,1	8,0	-	10,2	109,3	39,70	23,31	2,00	53,2	0,20	0,06
SA5	14,0	7,9	-	9,9	105,8	28,80	24,16	6,00	33	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>14,5</b>	<b>7,9</b>	-	<b>9,1</b>	<b>98,5</b>	<b>26,0</b>	<b>22,51</b>	<b>5,83</b>	<b>29,8</b>	<b>0,20</b>	<b>0,06</b>
AA1A	12,1	8,0	1,8	-	-	20,00	16,89	4,00	-	-	-
AA1B	12,1	8,0	1,8	-	-	17,00	20,14	20,00	41,1	-	-
AA2	12,3	8,0	1,8	-	-	8,90	23,75	-	-	-	-
AA3	12,1	7,7	1,7	-	-	6,80	16,43	-	-	-	-
AA4	12,0	8,0	1,8	-	-	13,50	15,13	5,00	40,5	0,12	0,09
AA5	11,9	8,0	1,8	-	-	9,30	13,67	6,00	39,2	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>12,1</b>	<b>7,9</b>	<b>1,7</b>	-	-	<b>12,6</b>	<b>17,67</b>	<b>8,75</b>	<b>40,3</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>

**Tabla 9:** Río Valdepineda. Temperatura (°C), pH, conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l), oxígeno disuelto (%), sólidos en suspensión (mg/l), turbidez (NFU), velocidad de la corriente (m/s), caudales (l/s), concentración de fósforo total (mg/l) y ortofosfatos (mg/l). Datos tomados en las 14 estaciones de muestreo (E1A, E1B, E2, E3, E4, E5, E6, E7, A1, A2, A3, A4 y A5) y en los distintos momentos (AZ, DZ, AR, DR, S y A).

## **RESULTADOS: MOVILIZACIÓN Y DEPOSICIÓN DE SEDIMENTOS**

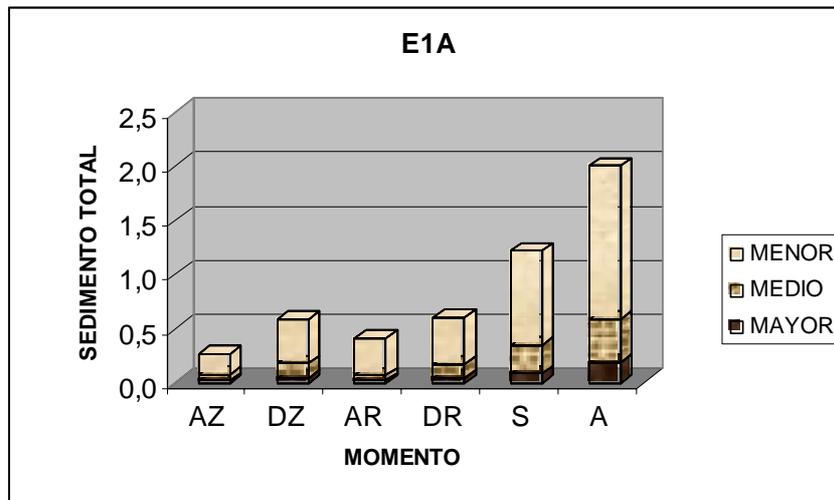
La movilización y deposición de sedimentos requiere un capítulo especial. En las figuras 2 a 15 se representan, por estación, los valores de las fracciones: 50-250  $\mu\text{m}$  (tamaño menor), 250-500  $\mu\text{m}$  (tamaño medio) y 500-1000  $\mu\text{m}$  (tamaño mayor) en todos los momentos del seguimiento anual. A continuación se compara, por estación, la variación de la cantidad de sedimentos entre los momentos AZ-DZ, AR-DR, y S y A.

En la estación E1A se observa un aumento de la cantidad de sedimentos en los momentos DZ y DR, y sobretodo, en los momentos S y A, siendo este aumento más acusado en la cantidad de sedimentos de tamaño menor.

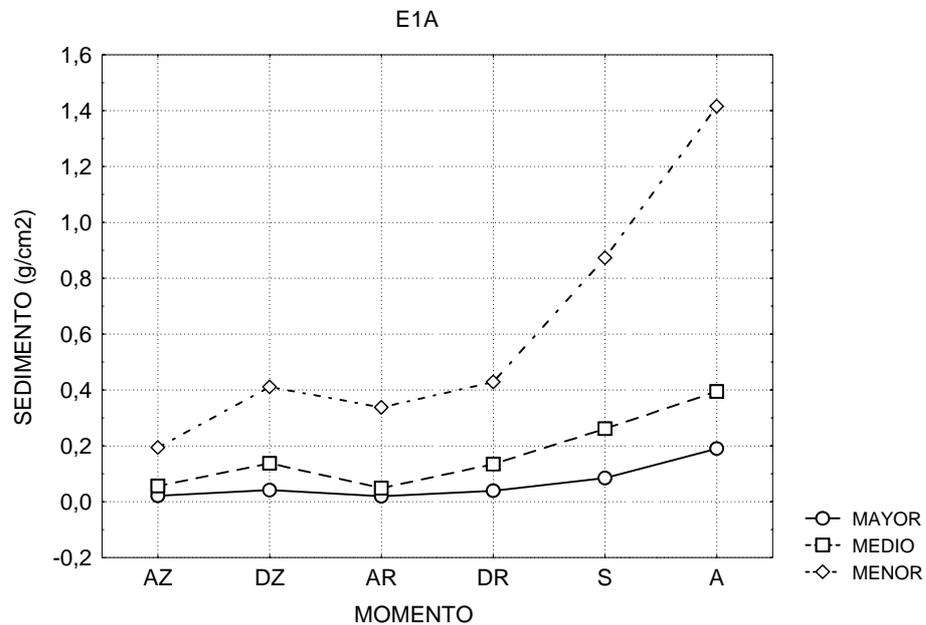
En la estación E1B se observa una disminución de la cantidad de sedimentos en el momento DZ, y un aumento en los momentos DR y S. En el momento A se produce una caída a niveles próximos a los originales (AZ). El aumento es más acusado para los sedimentos de tamaño menor.

En la estación E2 se produce un aumento de la cantidad de sedimentos en los momentos DZ, DR y S. En DZ, el aumento se produce en la cantidad de sedimentos de tamaño medio y menor. En DR, el aumento se produce también en la cantidad de sedimentos de tamaño menor.

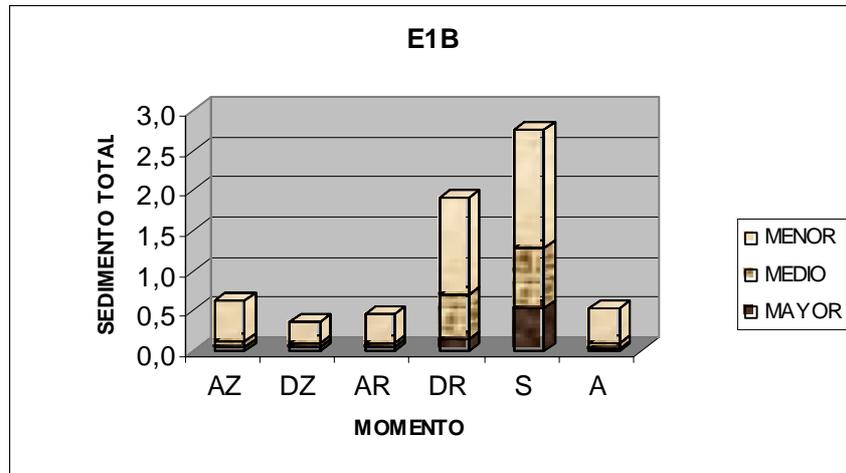
En la estación E3 se produce una disminución de la cantidad de sedimentos en los momentos DZ y DR, y un aumento en los momentos S y A. En DZ la disminución se produce en la cantidad de sedimentos de tamaño mayor y medio. En AR se produce un aumento de la cantidad de los sedimentos de tamaño menor. En S se produce un aumento de la cantidad de los sedimentos de todos los tamaños y en A se produce un aumento de la cantidad de los sedimentos de tamaño menor y una disminución de los de tamaño mayor y medio.



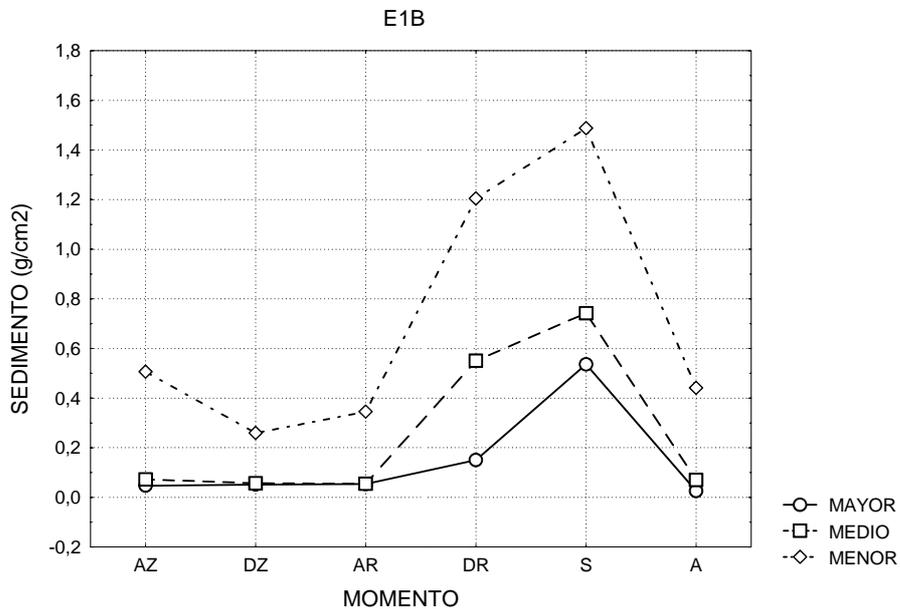
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,021	0,056	0,194
DZ	0,042	0,137	0,411
AR	0,019	0,049	0,338
DR	0,039	0,134	0,429
S	0,085	0,262	0,873
A	0,190	0,395	1,416



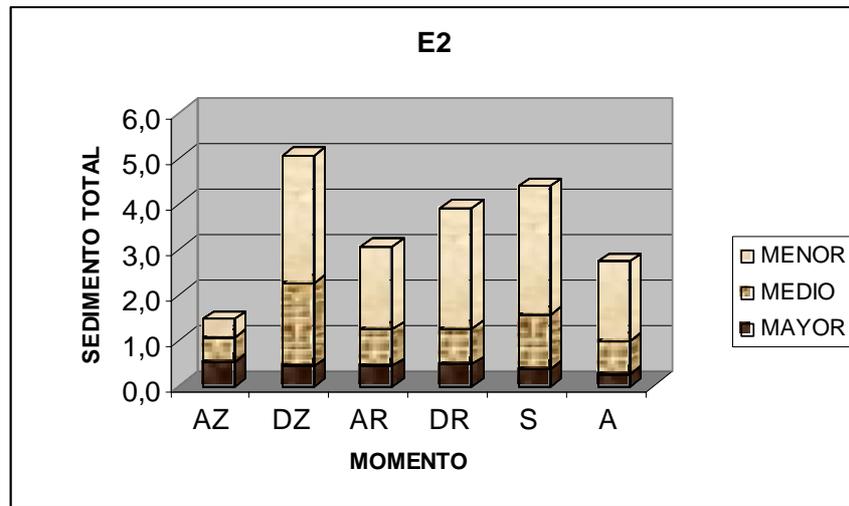
**Figura 2:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Cigüela en la estación E1A. Datos en g/cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0155$ )



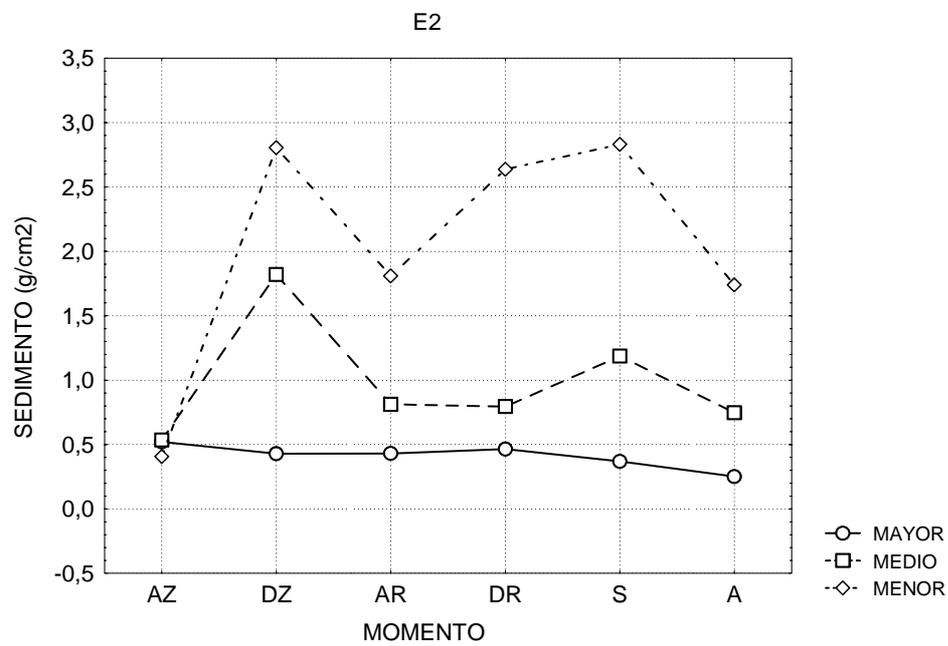
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,047	0,072	0,506
DZ	0,051	0,057	0,259
AR	0,054	0,054	0,345
DR	0,150	0,550	1,205
S	0,536	0,742	1,488
A	0,025	0,070	0,441



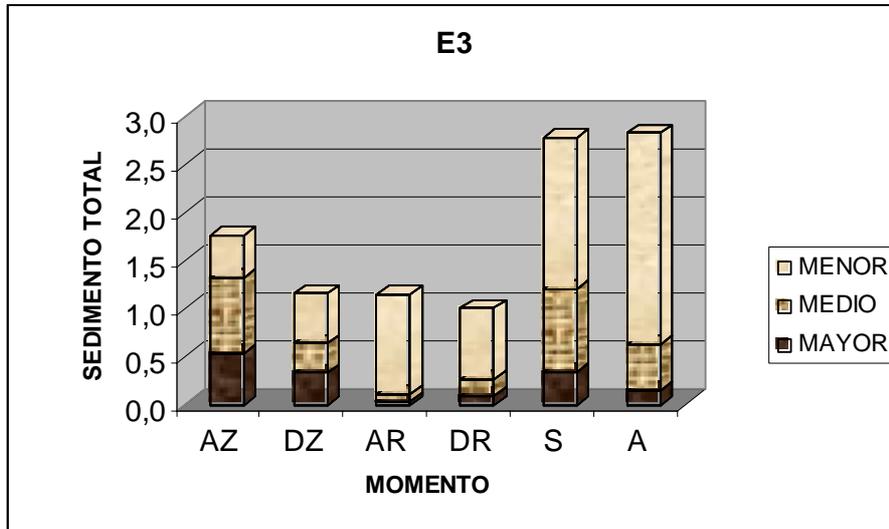
**Figura 3:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Cigüela en la estación E1B. Datos en g/cm<sup>2</sup> ( $p < 0,000$ )



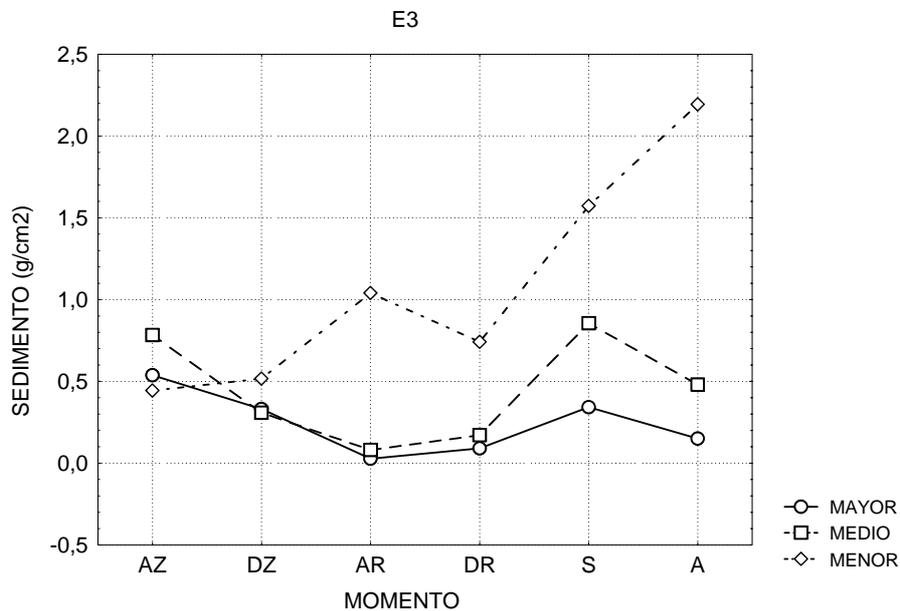
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,521	0,535	0,406
DZ	0,429	1,820	2,805
AR	0,430	0,811	1,810
DR	0,465	0,796	2,637
S	0,369	1,187	2,831
A	0,252	0,746	1,739



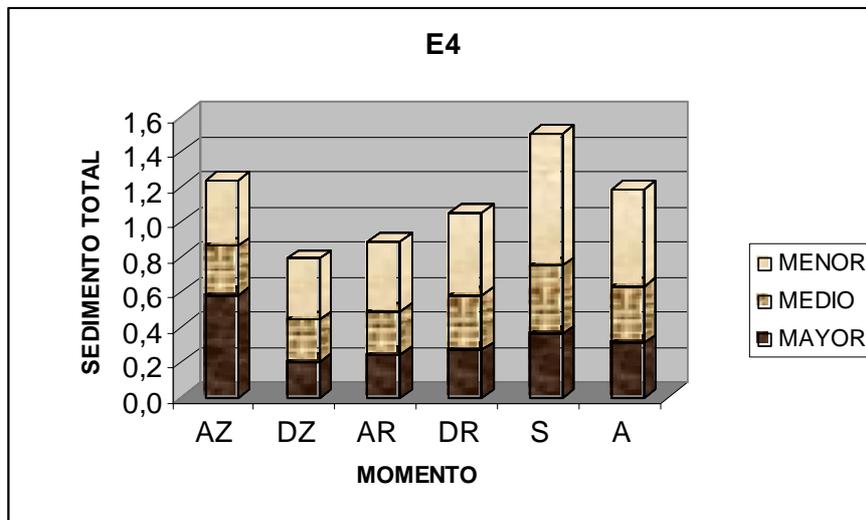
**Figura 4:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Cigüela en la estación E2. Datos en g/cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0092$ )



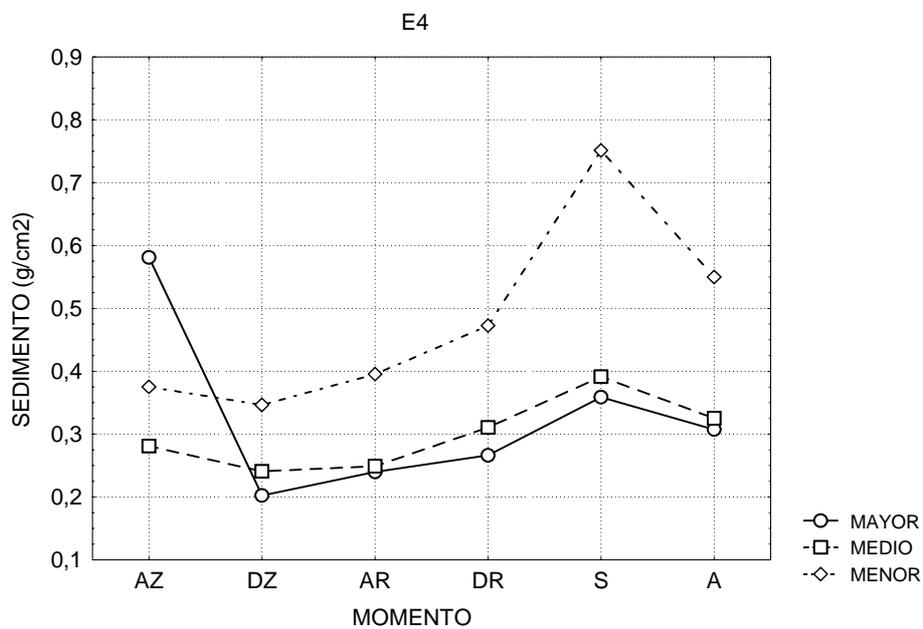
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,537	0,784	0,443
DZ	0,331	0,308	0,517
AR	0,027	0,081	1,040
DR	0,091	0,171	0,741
S	0,343	0,855	1,572
A	0,151	0,480	2,193



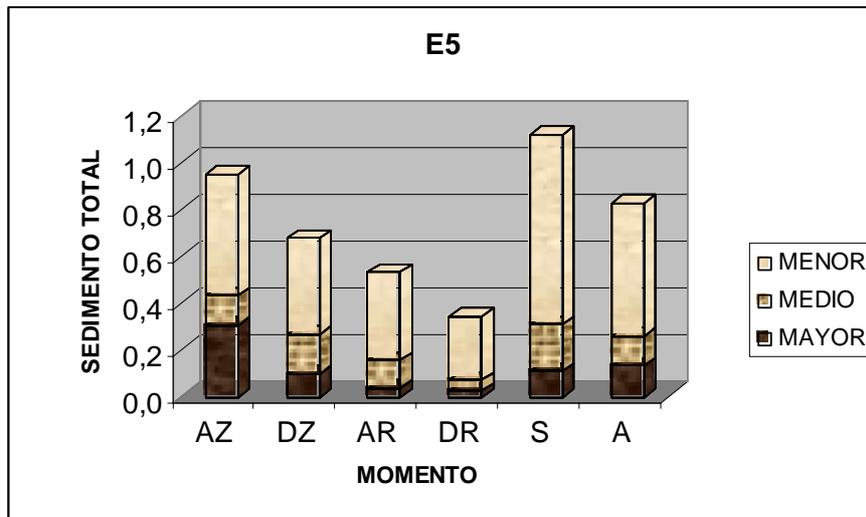
**Figura 5:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río en la estación E3. Datos en g/cm<sup>2</sup> (p<0,0000)



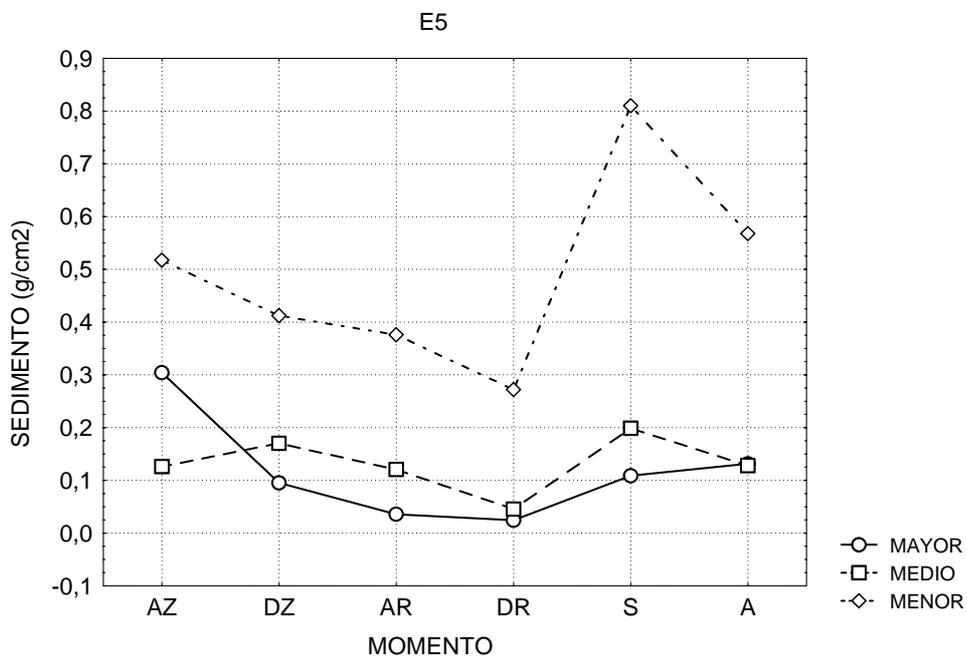
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,581	0,281	0,375
DZ	0,202	0,241	0,346
AR	0,240	0,249	0,395
DR	0,266	0,311	0,473
S	0,359	0,391	0,751
A	0,307	0,325	0,550



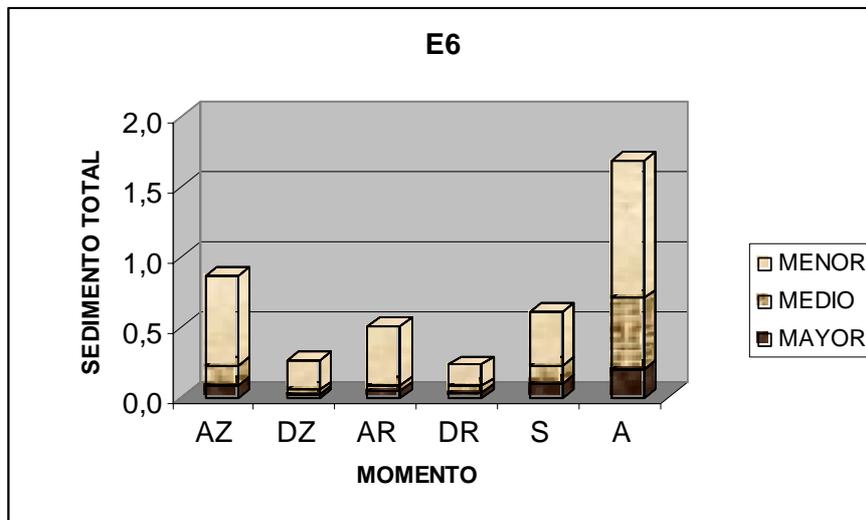
**Figura 6:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río en la estación E4. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,3253$ )



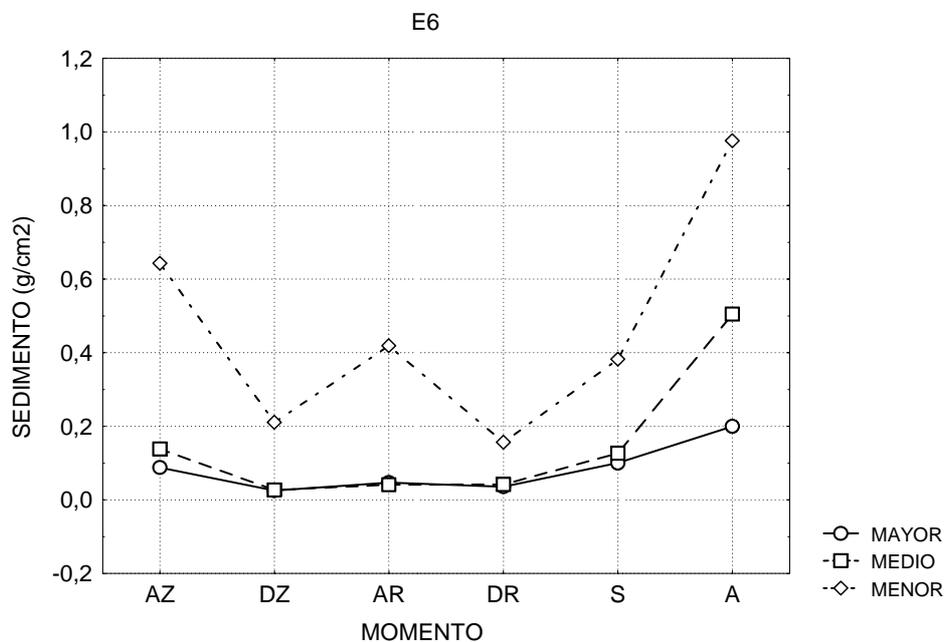
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,304	0,126	0,517
DZ	0,095	0,170	0,412
AR	0,036	0,120	0,376
DR	0,024	0,045	0,272
S	0,109	0,199	0,810
A	0,132	0,128	0,568



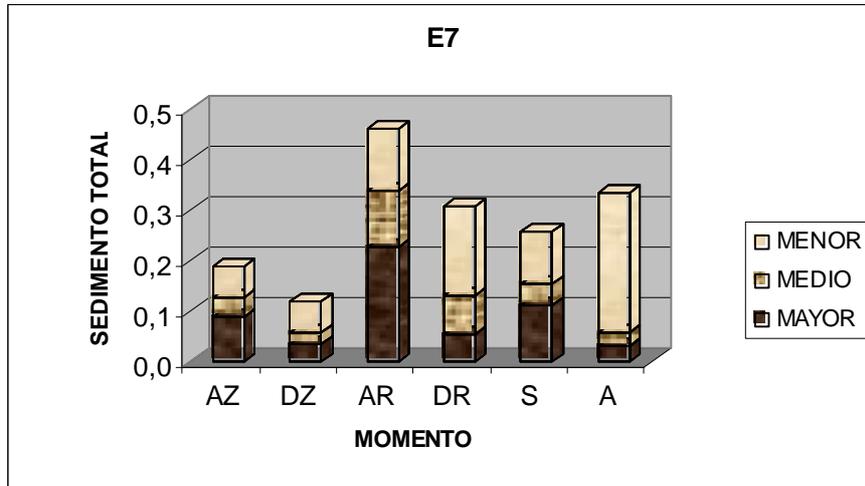
**Figura 7:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río en la estación E5. Datos en g/cm<sup>2</sup> (p<0,0007)



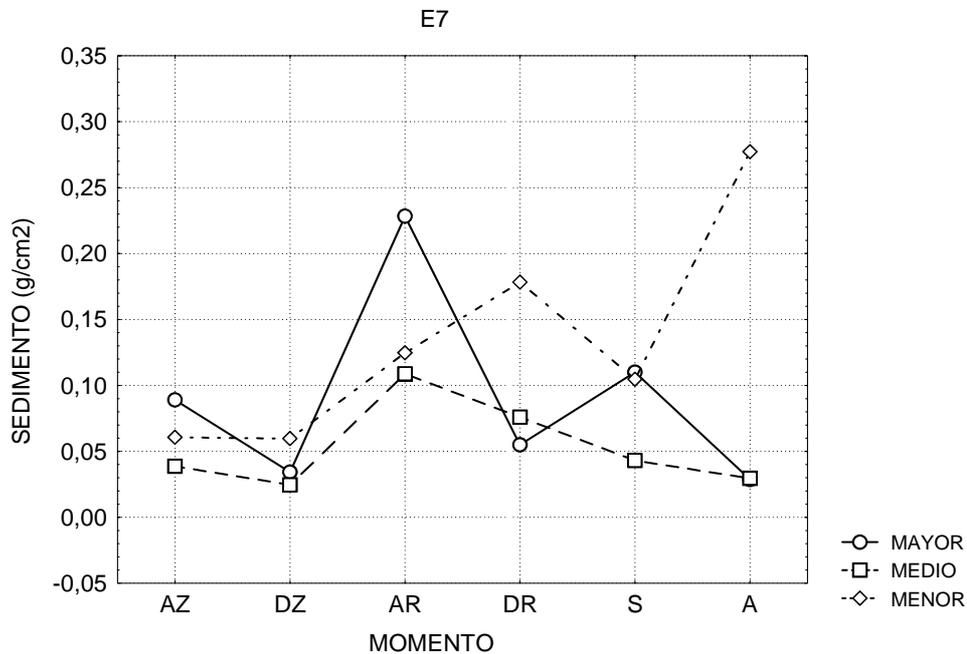
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,088	0,138	0,643
DZ	0,025	0,027	0,211
AR	0,047	0,041	0,419
DR	0,036	0,042	0,156
S	0,100	0,127	0,382
A	0,200	0,505	0,976



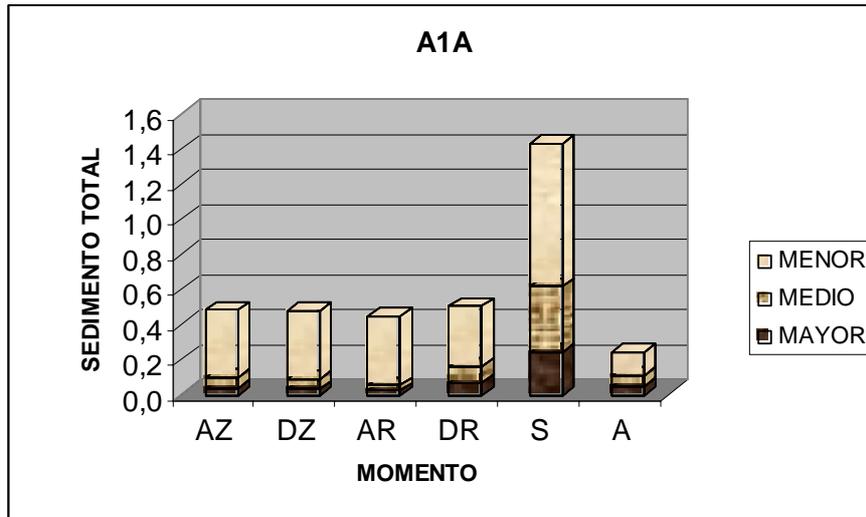
**Figura 8:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río en la estación E6. Datos en g/cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0085$ )



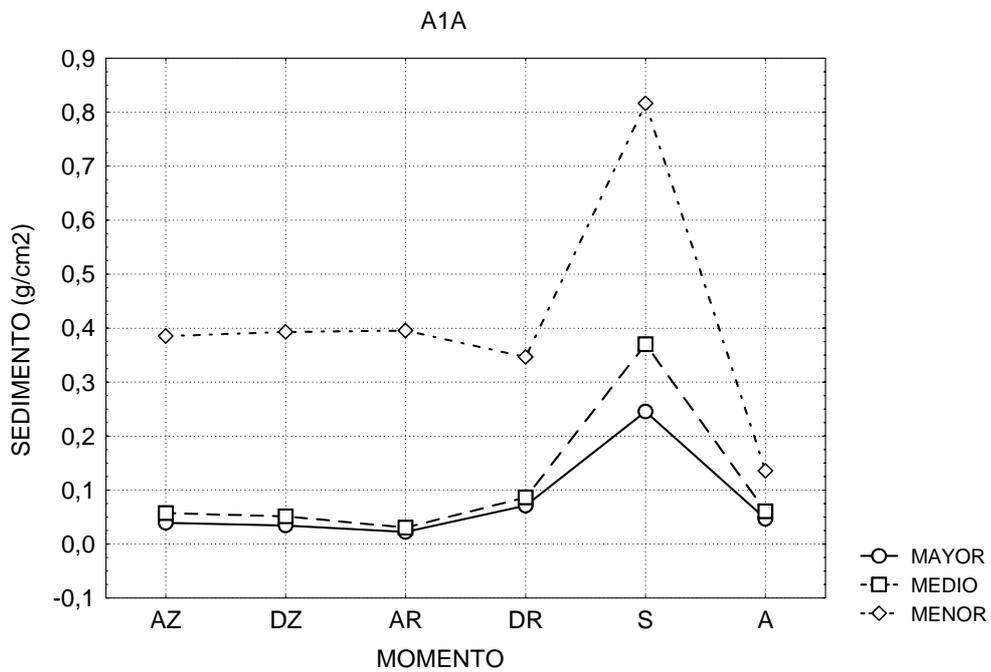
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,089	0,039	0,061
DZ	0,034	0,025	0,060
AR	0,228	0,109	0,125
DR	0,055	0,076	0,178
S	0,110	0,043	0,105
A	0,029	0,030	0,277



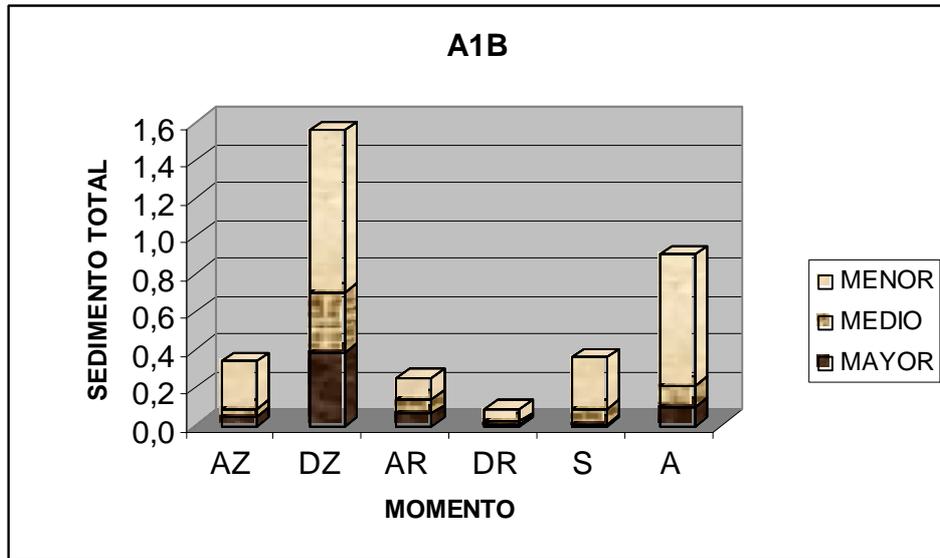
**Figura 9:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río en la estación E7. Datos en g/cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0020$ )



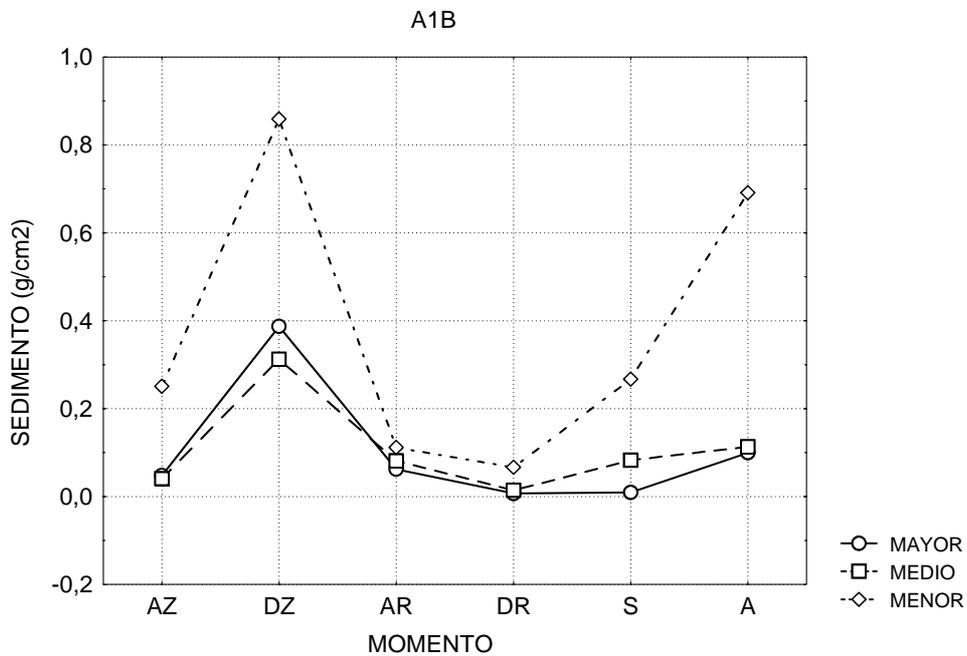
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,039	0,057	0,385
DZ	0,034	0,051	0,393
AR	0,022	0,030	0,395
DR	0,071	0,086	0,347
S	0,246	0,370	0,816
A	0,047	0,061	0,136



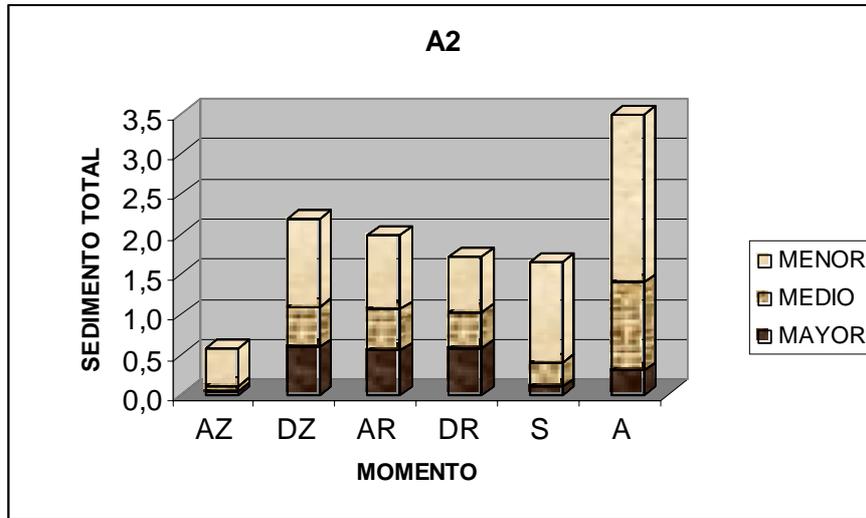
**Figura 10:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A1A. Datos en g/cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0126$ )



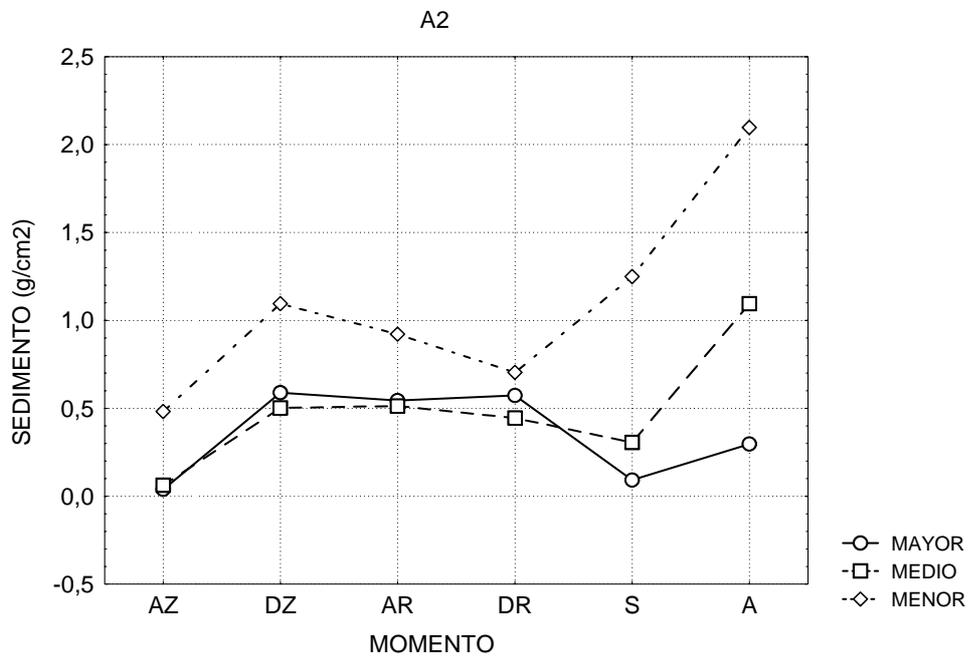
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,048	0,040	0,251
DZ	0,387	0,313	0,859
AR	0,062	0,081	0,112
DR	0,007	0,014	0,066
S	0,009	0,083	0,267
A	0,100	0,113	0,691



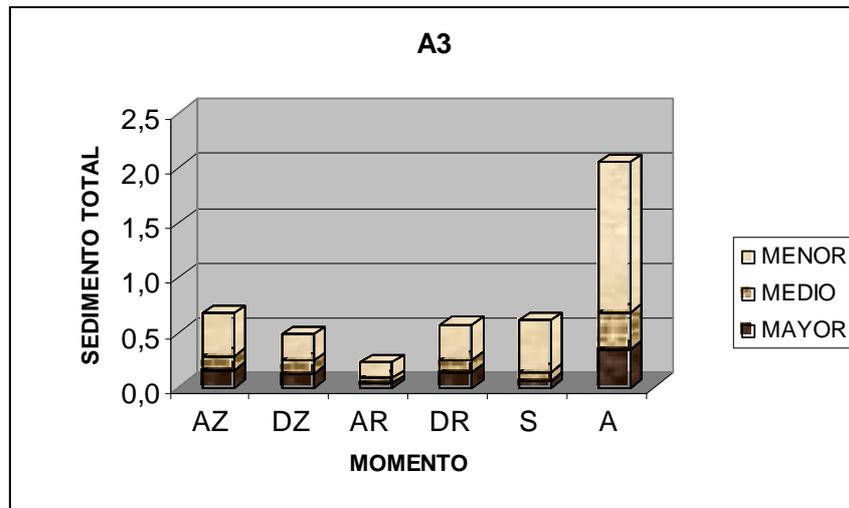
**Figura 11:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepedina en la estación A1B. Datos en g/cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0006$ )



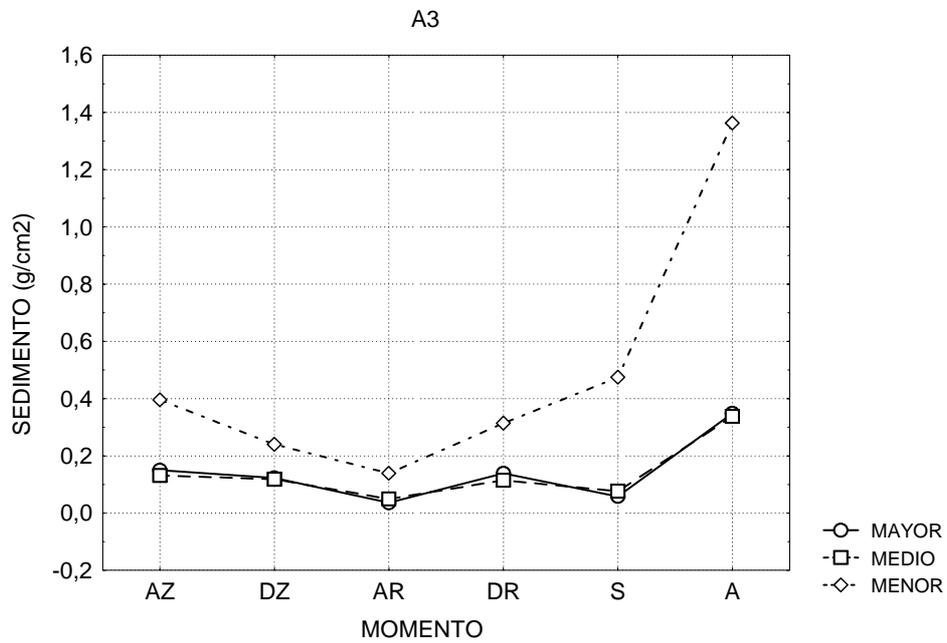
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,039	0,062	0,481
DZ	0,589	0,503	1,094
AR	0,544	0,514	0,922
DR	0,574	0,445	0,704
S	0,092	0,305	1,248
A	0,297	1,094	2,097



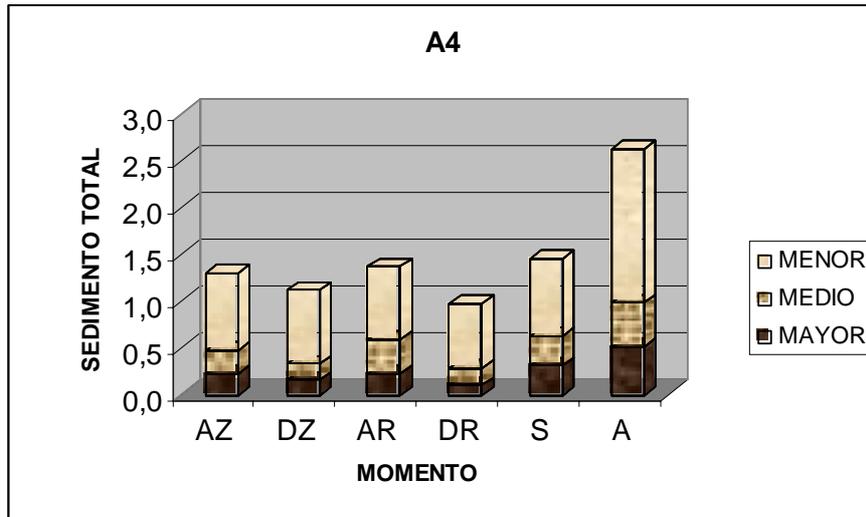
**Figura 12:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A2. Datos en  $g/cm^2$  ( $p < 0,0001$ )



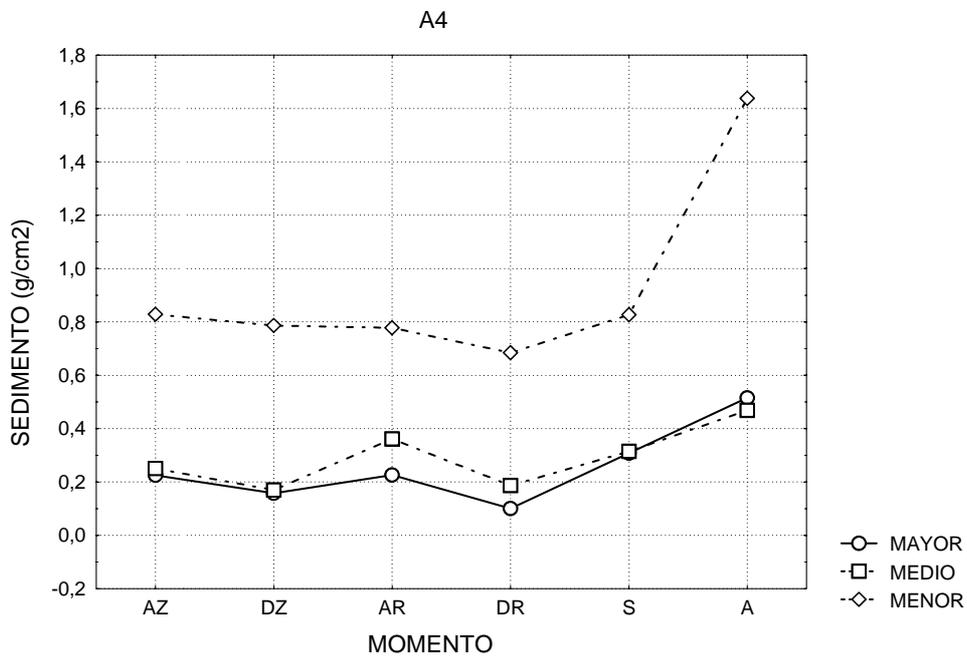
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,150	0,131	0,396
DZ	0,123	0,118	0,240
AR	0,036	0,049	0,139
DR	0,139	0,115	0,314
S	0,058	0,076	0,474
A	0,349	0,338	1,362



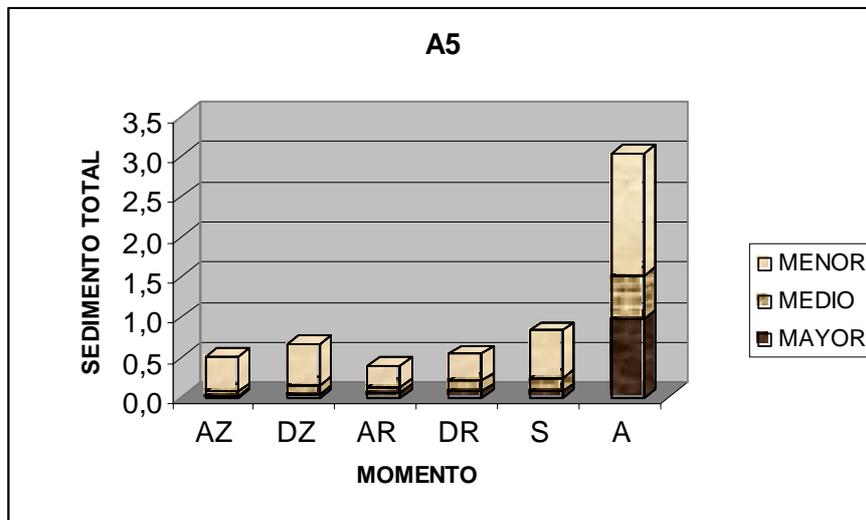
**Figura 13:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A3. Datos en g/cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0234$ )



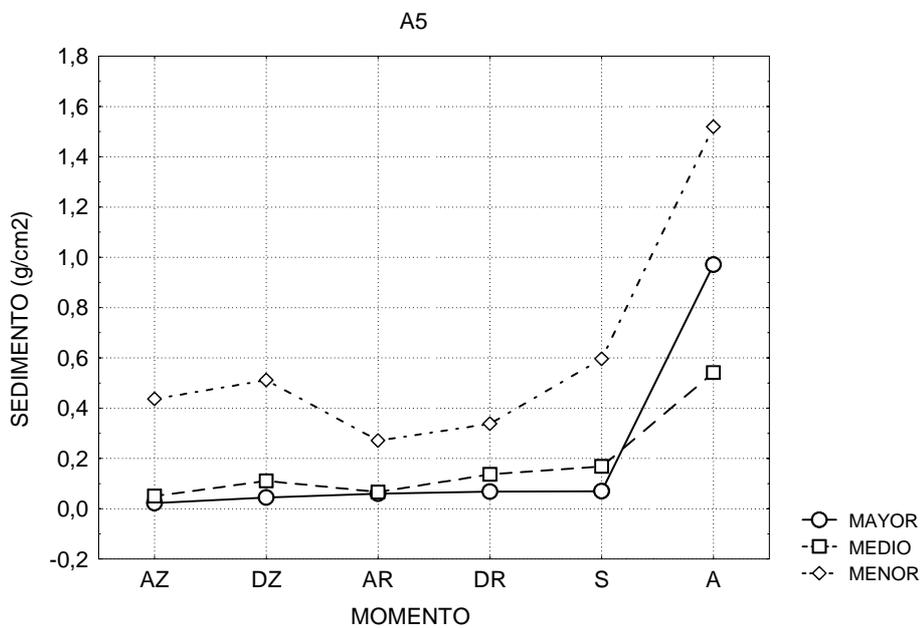
	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,225	0,250	0,828
DZ	0,158	0,169	0,787
AR	0,226	0,362	0,778
DR	0,101	0,186	0,684
S	0,308	0,315	0,826
A	0,515	0,469	1,637



**Figura 14:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A4. Datos en g/cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0429$ )



	MAYOR	MEDIO	MENOR
AZ	0,022	0,050	0,436
DZ	0,044	0,110	0,512
AR	0,060	0,067	0,271
DR	0,068	0,137	0,338
S	0,070	0,168	0,596
A	0,971	0,541	1,519



**Figura 15:** Análisis estadístico de la granulometría del sedimento del lecho del río Valdepineda en la estación A5. Datos en g/cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0137$ )

En la estación E4 no se observan diferencias significativas entre las cantidades de sedimentos de todos los tamaños en los distintos momentos del estudio.

En la estación E5 se produce una disminución progresiva de la cantidad de sedimentos desde AZ hasta DR. En los momentos S y A se produce un aumento de los mismos. En DZ se produce una disminución de la cantidad de sedimentos de tamaño mayor y menor. En S se produce un aumento de la cantidad de los sedimentos de todos los tamaños, y en A una disminución de la cantidad de los sedimentos de tamaño medio y menor, sobre todo de estos últimos.

En la estación E6 se produce una disminución de la cantidad de sedimentos en los momentos DZ y DR, y un aumento en S y A. En S y A se produce un aumento de la cantidad de sedimentos de tamaño medio y menor. La cantidad de sedimento de tamaño menor fluctúa, obteniendo los valores mayores en AR, S y A, sobretodo en S.

En la estación E7 se produce una disminución la cantidad de sedimentos en los momentos DZ y DR. La cantidad de los sedimentos de mayor tamaño fluctúa, alcanzando su máximo en AZ, en S y, sobretodo, en DR. La cantidad de sedimentos de tamaño medio crece en AZ y disminuye posteriormente. La cantidad de sedimentos de tamaño menor aumento progresivamente desde DZ hasta DR, seguidamente disminuye en S y aumenta A, donde alcanza su máximo.

En la estación A1A se produce un máximo de la cantidad de sedimentos de todos los tamaños, especialmente del tamaño menor, en S.

En la estación A1B se produce un aumento de la cantidad de sedimentos en DZ, y una disminución en DR. Con relación a DR, se produce un aumento en S y A.

En DZ el aumento se produce en particular, en la cantidad de los sedimentos de tamaño menor. Posteriormente disminuye en DR, a partir de aquí aumenta ligeramente la cantidad de sedimentos de los tamaños medio y menor y aumenta bruscamente la cantidad de sedimentos de tamaño menor, alcanzando el máximo en A.

En la estación A2 se produce un aumento de la cantidad de sedimentos en DZ y una ligera disminución en DR. Posteriormente, se produce un aumento considerable en A. En S y A se produce un aumento de los sedimentos de tamaño menor y una disminución de los de tamaño mayor y medio, y en A se observa un aumento en la cantidad de los sedimentos de todos los tamaños, en particular de los de tamaño menor. Además, cabe señalar, que en esta estación, la más cercana aguas abajo al cruce del gasoducto en el río Valdepineda, se han encontrado las mayores cantidades de sedimento de tamaño menor de todas las estaciones muestreadas en el río. Algo similar sucede con la cantidad de sedimento de tamaño mediano en DZ.

En la estación A3 se produce una disminución de la cantidad de sedimentos en DZ y un aumento en DR. Con relación a DR, se produce un aumento considerable de la cantidad de sedimentos en A.

En la estación A4 se produce una disminución de la cantidad de sedimentos en DZ y DR, a partir de aquí se produce un aumento en S y sobretodo en A.

En la estación A5 se produce un ligero aumento de la cantidad de sedimentos en DZ y DR. En S y A, ese aumento es mayor, sobretodo en A.

En definitiva, entre AZ y DZ se produce un aumento de la cantidad de sedimentos de todos los tamaños, especialmente los de tamaño menor, en las estaciones A1B, A2 y A5 del río Valdepineda (especialmente en A1B y A2, las más próximas

aguas arriba y aguas abajo al punto de cruce), y un aumento de la cantidad de sedimentos de tamaño medio y menor, especialmente los de tamaño menor, en las estaciones E1A y E2 (especialmente en E2, la estación más próxima aguas abajo al punto de cruce) del río Cigüela. Más adelante se comentará la relación entre los datos granulometría de sedimento y los datos de sólidos en suspensión tomados en el momento en el que se estaba realizando la puesta de la zanja en ambos ríos.

Entre AR y DR, en el río Valdepineda se produce un ligero aumento en la cantidad de sedimentos en las estaciones A1A, A3 y A5. En el río Cigüela se observa un aumento en la cantidad de sedimentos de los tres tamaños, principalmente los de tamaño menor, en las estaciones aguas arriba del punto de cruce (E1A y E1B). Aguas abajo del punto de cruce se observa un ligero aumento en la cantidad de sedimentos en E4, pero destaca el aumento de sedimentos de tamaño menor en la estación E2. En la estación E7 se produce un aumento de lo sedimentos de tamaño menor.

En DR y S, en el río Valdepineda, hay un aumento de la cantidad de sedimentos de los tres tamaños, especialmente los de tamaño menor, en las estaciones A1A, A1B, A4 y A5. En la estación A2 aumentan los sedimentos de tamaño menor. En el río Cigüela hay un aumento de la cantidad de sedimentos de todos los tamaños, especialmente los de tamaño menor, prácticamente en todas las estaciones excepto en E7.

Entre A y S, en el río Valdepineda, hay un aumento de la cantidad de sedimentos de todos los tamaños en todas las estaciones excepto en la estación A1A. En el río Cigüela hay un aumento de la cantidad de sedimentos de todos los tamaños en la estación E1A, y de los sedimentos de tamaño menor en la estación E3, en el resto de estaciones hasta la confluencia con el Valdepineda se produce una disminución de la cantidad de los sedimentos de todos los tamaños. Aguas abajo

de la desembocadura del Valdepineda se produce un aumento de la cantidad de sedimentos de todos los tamaños, en particular de los de tamaño menor. En la estación E7, la más alejada de los puntos de cruce, se produce un aumento de los sedimentos de tamaño menor y una disminución del resto.

Con cautela se puede pensar que las variaciones producidas en las estaciones más próximas a los puntos de cruce entre AZ-DZ y AR-DR, tanto aguas arriba como aguas abajo, pueden ser debidas a las obras. Esa afección sería mayor, en ambos ríos, en la segunda fase de la obra, la apertura de zanja y puesta de la tubería del gasoducto, que en la tercera fase, la rehabilitación. La afección en la rehabilitación se produce en el río Cigüela y no en el Valdepineda.

El aumento de sedimentos en S y A puede ser debido a fenómenos meteorológicos o a otras afecciones producidas aguas arriba de los puntos de cruce del gasoducto con los ríos Valdepineda y Cigüela (en esas fechas se estaba realizando la autovía Tarancón-Cuenca).

Como se ha comentado anteriormente, una parte del estudio se ha centrado en relacionar los datos granulometría de sedimento con los datos de sólidos en suspensión tomados en el momento en el que se estaba realizando la segunda fase de la obras en ambos ríos.

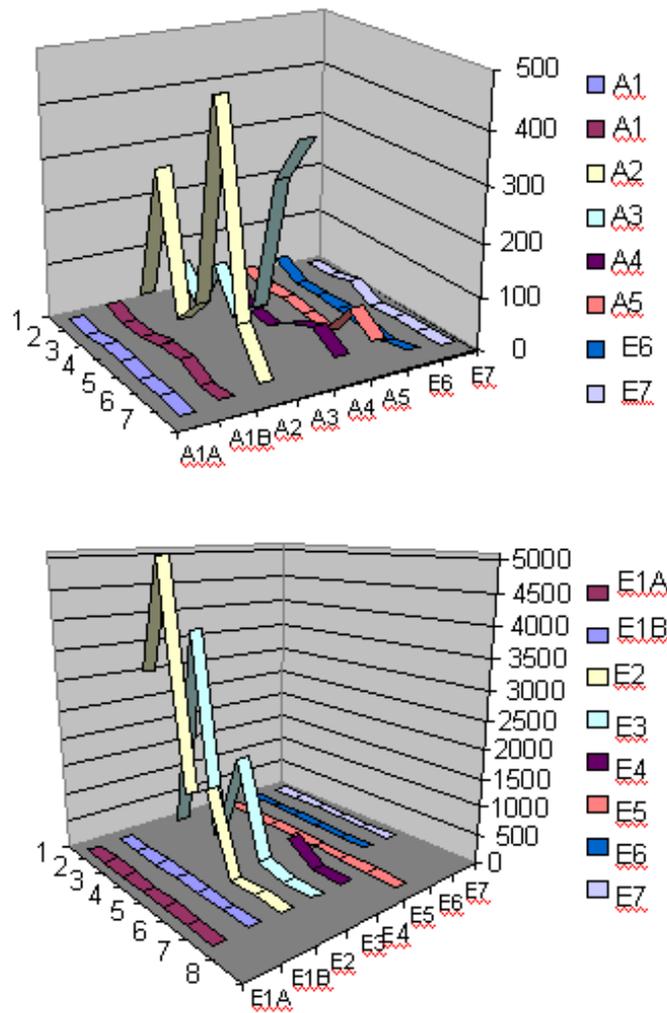
Para comenzar, cabe señalar que el análisis de los sólidos en suspensión realizados durante todo el seguimiento muestra un valor medio para el río Cigüela de 6,1 mg/l (tabla 4) dentro de un rango comprendido entre 0,6 mg/l en el momento DZ en la estación E2 y 24,8 mg/l en el momento AR en la estación E6, siendo el valor de la varianza 24,21 y el de la moda 3,6 mg/l.

El valor medio para el río Valdepineda es mayor que el del Cigüela, 32,4 mg/l (tabla 4) (como se comentó en el apartado anterior esta diferencia es significativa. Este valor está comprendido en un rango entre 6,8 mg/l en el momento A la estación y 273,5 mg/l en el momento AZ en la estación A3, siendo el valor de la varianza 1859,54 y el de la moda 21,4 mg/l.

La pluma formada por el sedimento en suspensión movilizado una vez iniciada la construcción de la zanja del gasoducto en el río Valdepineda tardó unos 10 minutos en alcanzar los primeros 30 m aguas abajo del punto de cruce (A2), llegando a valores de 284 mg/l, y unas 2 horas hasta alcanzar A5 (84 mg/l), aproximadamente a 500 m aguas abajo del punto de cruce (figura 16). Se ha detectado afección en la estación fijada aguas arriba del punto de cruce (A1B).

Con relación al río Cigüela, se detecta un considerable aumento de los sólidos en suspensión en los primeros 30 m aguas abajo del punto de cruce (E2) a los 5 minutos de iniciarse la obra (3016 mg/l) y a los 70 m (E3) a los 10 minutos. Debido a un error de muestreo no se dispone de datos de la primera hora en la estación situada a 250 m aguas abajo (E4). Sin embargo, los datos horarios recogidos indican un valor máximo (339 mg/l) al cabo de 1 hora después de iniciada la obra. Se ha detectado afección en una de las estaciones fijadas aguas arriba del punto de cruce, E1A, y en la estación más inmediata aguas abajo (E2).

Unos días después de finalizar la construcción, cinco en el caso del río Valdepineda y dos en el del Cigüela, los valores de los sólidos en suspensión se recuperaron hasta los iniciales, con valores medios de 17 y 4,4 mg/l para los ríos Valdepineda y Cigüela, respectivamente.



**Figura 16:** Movilización de sedimentos durante la fase de apertura de la zanja. En el eje Y se representa el intervalo de toma de muestras desde el inicio de los trabajos de excavación: 1 (5'), 2 (10'), 3 (30'), 4 (45'), 5 (60'), 6 (120'), 7 (180') y 8 (240'). Datos en mg/l.

Toda esta movilización de los sólidos en suspensión se refleja en algunos de los resultados obtenidos del estudio granulométrico del sedimento (tablas de figuras 2 a 15), aunque algunas de estos aumentos de la cantidad de sedimentos no parecen explicarse teniendo en cuenta los valores de los sólidos en suspensión obtenidos durante la fase de ejecución de la obra.

Como se ha comentado anteriormente, entre AZ y DZ se produce un aumento de la cantidad de sedimentos de todos los tamaños, especialmente los de tamaño menor, en las estaciones A1B, A2 y A5 del río Valdepineda (especialmente en A1B y A2, las más próximas aguas arriba y aguas abajo al punto de cruce), y un aumento de la cantidad de sedimentos de tamaño medio y menor, especialmente los de tamaño menor, en las estaciones E1A y E2 (especialmente en E2, la estación más próxima aguas abajo al punto de cruce) del río Cigüela.

Es interesante conocer la relación de los sólidos en suspensión con el caudal de los ríos en los momentos AZ y DZ. Así, no se ha encontrado correlación alguna entre los datos de sólidos en suspensión y caudal en el río Valdepineda, en el momentos AZ ( $r_{\text{Pearson}}=-0,15$ ;  $p=0.8$ ) y en el momento DZ ( $r_{\text{Pearson}}=0.07$ ). En cuanto al río Cigüela, en AZ no se ha encontrado correlación entre sólidos en suspensión y caudal ( $r_{\text{Pearson}}=-0.08$ ;  $p=0.957$ ), pero en DZ se encuentra una correlación positiva significativa ( $r_{\text{Pearson}}=0.86$ ;  $0.005$ ).

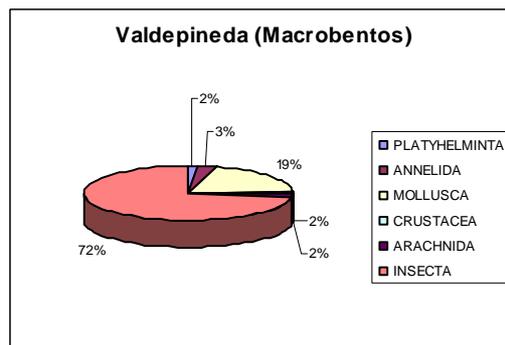
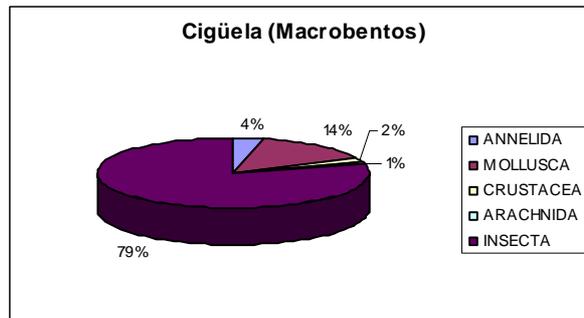
En cuanto a los sólidos en suspensión, su desplazamiento se ve dificultado por el escaso caudal que circula por los cauces, y por la abundante vegetación acuática del lecho del río y ribera, que contribuye a retener las partículas en suspensión. Los resultados observados muestran que durante los primeros 100 metros aguas abajo del punto de cruce se están depositando la mayor parte de los sedimentos que la segunda fase de la obra ha movilizado en el río. Las diferencias significativas en la composición granulométrica de los sedimentos del lecho del río en las estaciones E1A, A1B y A5, no parecen explicarse teniendo en

cuenta los valores de los sólidos en suspensión obtenidos durante la fase de ejecución de la obra. Por un lado hay que tener en cuenta que, como se ha visto en el apartado anterior, los cantidad de sólidos en suspensión son importantes en los dos ríos, especialmente el Valdepineda, independientemente de las obras de cruce del gasoducto, y por otro que la microtopografía del cauce influye notablemente en la granulometría que existe en el lecho del río, lo que explicaría la gran variabilidad obtenida entre las réplicas de las muestras tomadas, como se puede ver en los altos coeficientes de variación. La precisión de esta metodología mejoraría incrementando el número de réplicas por punto de muestreo tomadas aleatoriamente en lugares homogéneamente parecidos.

El incremento de las cargas de sedimentos, producidos por la construcción en el propio lecho del río y las actividades constructivas que producen erosión de los suelos expuestos a lo largo de la pista de trabajo, produce un mayor efecto directo e inmediato sobre el río que otros factores. La deposición de estos sedimentos aguas abajo del punto de cruce puede afectar al hábitat de la flora acuática, del macrobentos y de los peces al rellenar los intersticios del sustrato, reduciendo el flujo de agua que lo atraviesa, desencadenando bajas en la producción béntica, y aumentando la mortalidad de los huevos o de las larvas de peces. Por otra parte, el incremento de los sólidos en suspensión reduce la penetración de la luz y disminuye la producción primaria (Reid y Anderson, 1999).

## RESULTADOS: MACROINVERTEBRADOS

Con relación a los macroinvertebrados, en las tablas 10 y 11 se muestran los *taxa* presentes en los ríos Cigüela y Valdepineda respectivamente, en los momentos AZ, DA, AR, DR, S y A donde fueron encontradas un total de 89 familias, 68 pertenecientes al río Valdepineda y 75 al río Cigüela. El porcentaje de familias de insectos presentes en ambos ríos, la mayor parte individuos en estados inmaduros, son muy superiores al resto de familias de otros grupos, como se puede contemplar en la figura 17.



**Figura 17:** Porcentaje de familias dentro de los distintos grupos de macroinvertebrados en los ríos Cigüela y Valdepineda.

*Estudio de los impactos ambientales de los cruces de gasoductos con ríos vadeables*  
**Resultados: Macroinvertebrados**

Momento Punto de muestreo	E1A					E1B					E2-E3					E4					E5								
	AZ	DZ	AR	DR	S	A	AZ	DZ	AR	DR	S	A	AZ	DZ	AR	DR	S	A	AZ	DZ	AR	DR	S	A	AZ	DZ	AR	DR	S
<b>ANELIDOS</b>																													
<b>CJ OLIGOQUETOS</b>			x								x																		
F AELOSOMATIDAE																													
<b>CJ AQUETOS</b>																													
sO RHYNCHOBDELLIFORMES																													
F GLOSSIPHONIIDAE																													
sO GNATHOBDELLIFORMES																													
F HIRUDIDAE																													
<b>MOLUSCOS</b>																													
<b>CJ GASTEROPODOS</b>																													
<b>sCI PROSOBRANQUIOS</b>																													
F VALVATIDAE																													
F VIVIPARIDAE																													
F BITHYNIIDAE																													
F BYTHINELLIDAE																													
F HYDROBIIDAE																													
<b>sCI PULMONADOS</b>																													
F ANCYLIDAE																													
F PLANORBIDAE																													
F PHYSIDAE																													
F LYMNAEIDAE																													
<b>CJ BIVALVOS</b>																													
F SPHAERIIDAE																													
F UNIONIDAE																													
F OSTRACODAE																													
<b>CRUSTACEOS</b>																													
<b>sCI MALACOSTRACEOS</b>																													
<b>O AMFIPODOS</b>																													
F GAMMARIDAE																													
<b>O DECAPODOS</b>																													
F ASTACIDAE																													
<b>O HIDRACARINA</b>																													
F HIDRACARINIDAE																													
<b>INSECTOS</b>																													
<b>O EFEMEROPTEROS (LARVAS)</b>																													
F EPHEMERIDAE																													
F POTAMANTHIDAE																													
F HEPTAGENIIDAE																													
F CAENIDAE																													
F SIPHLONURIDAE																													
F BAETIDAE																													
F EPHEMERELLIDAE																													
F LEPTOPHLEBIIDAE																													
<b>O PLECOPTEROS (LARVAS)</b>																													
SF NEMOURIDEA																													
F TAENIOPTERYGIDAE																													
F NEMOURIDAE																													
F LEUCTRIDAE																													
F CAPNIIDAE																													
SF PERLOIDEA																													
F CHLOROPERLIDAE																													
F PERLODIDAE																													
F PERLIDAE																													
<b>O ODONATOS (LARVAS)</b>																													
sO ZYGOPTERA																													
F CALOPTERYGIDAE																													
F PLATYCNEMIDIDAE																													

**Tabla 10:** Listado de taxa de macroinvertebrados que aparecen en el río Cigüela.

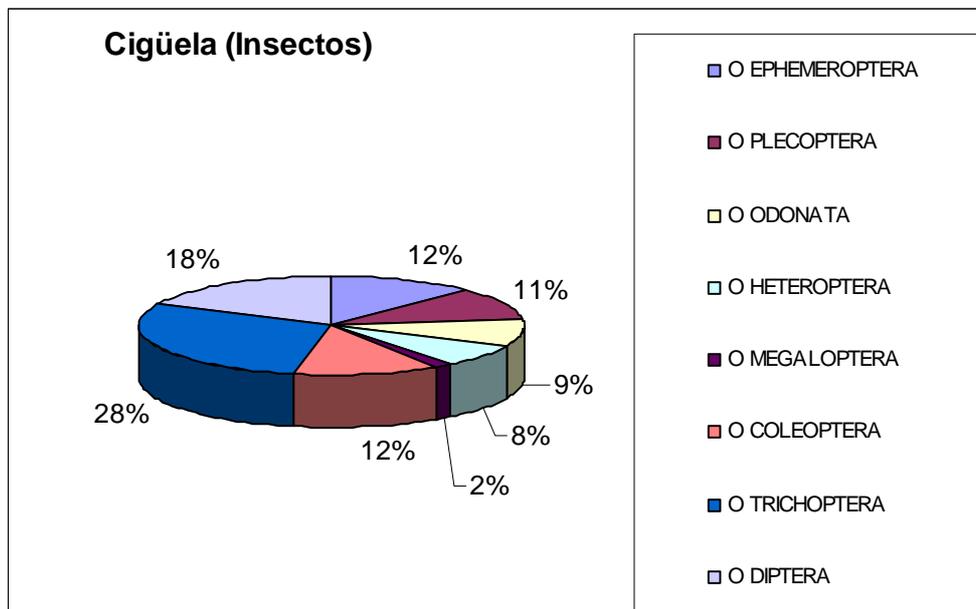
*Estudio de los impactos ambientales de los cruces de gasoductos con ríos vadeables*  
**Resultados: Macroinvertebrados**

Punto de muestreo Momento	A1A					A1B					A2-A3					A4					A5								
	AZ	DZ	AR	DR	S	A	AZ	DZ	AR	DR	S	A	AZ	DZ	AR	DR	S	A	AZ	DZ	AR	DR	S	A	AZ	DZ	AR	DR	S
<b>O TRICLADOS</b>																													
F PLANARIIDAE																			X									X	
<b>ANELIDOS</b>																													
<b>CI OLIGOQUETOS</b>			X																									X	
sO RHYNCHOBDELLIFORMES																													
F PISCICOLIDAE																												X	
sO GNATHOBDELLIFORMES																													
F HIRUDIDAE																												X	
<b>MOLUSCOS</b>																													
<b>CI GASTEROPODOS</b>																													
<b>sCI PROSOBRANQUIOS</b>																													
F NERITIDAE																													
F VALVATIDAE		X																											
F VIVIPARIDAE																													
F BITHYNIIDAE																													
F BYTHINELLIDAE																													
F HYDROBIIDAE																													
<b>sCI PULMONADOS</b>																													
F ANCYLIDAE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
F PLANORBIDAE																													
F PHYSIDAE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
F LYMNAEIDAE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<b>CI BIVALVOS</b>																													
F SPHAERIIDAE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
F UNIONIDAE																													
F OSTRACODAE																													
<b>CRUSTACEOS</b>																													
<b>sCI MALACOSTRACEOS</b>																													
<b>O AMPÍPODOS</b>																													
F GAMMARIDAE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<b>O HIDRACARINA</b>																													
F EPHEMERIDAE																													
F CAENIDAE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
F SIPHLONURIDAE																													
F BAETIDAE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
F EPHEMERELLIDAE																													
<b>O PLECOPTEROS (LARVAS)</b>																													
SF NEMOURIDEA																													
F TAENIOPTERYGIDAE																													
F NEMOURIDAE																													
F LEUCTRIDAE																													
F CAPNIIDAE	X																												
SF PERLOIDEA																													
F CHLOROPERLIDAE																													
F PERLODIDAE																													
F PERLIDAE																													
<b>O ODONATOS (LARVAS)</b>																													
sO ZYGOPTERA																													
F CALOPTERYGIDAE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
F LESTIDAE																													
F PLATYCNEMIDAE	X																												
F COENAGIONIDAE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
sO ANISOPTERA																													

**Tabla 11:** Listado de taxa de macroinvertebrados que aparecen en el río Valdepineda.

Así, las familias de insectos constituyen el 79% y 72%, frente al 14% y 19% de familias de moluscos, y al 4% y 3% de familias de anélidos, en el en el Cigüela y en el Valdepineda respectivamente.

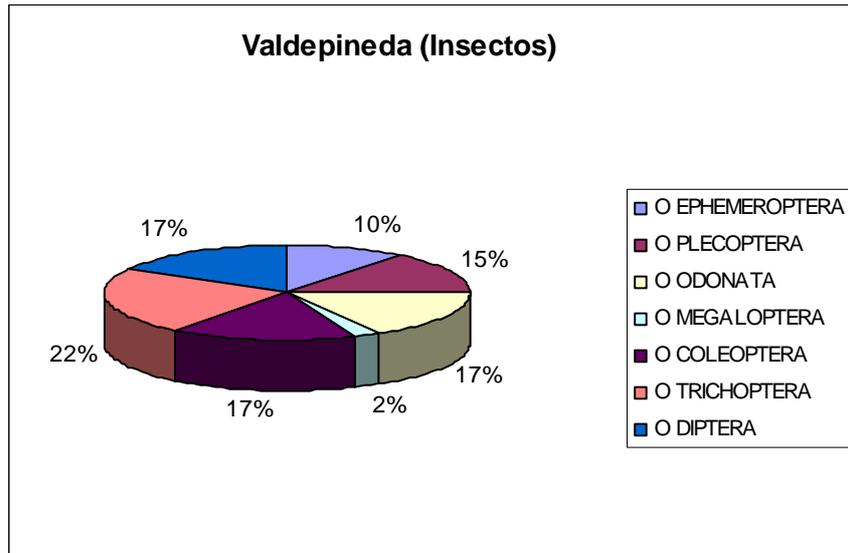
En cuanto a insectos se refiere, en el río Cigüela se determinó un mayor número de familias pertenecientes a Trichoptera y Diptera, seguida de Ephemeroptera y Coleoptera (figura 18):



**Figura 18:** Porcentaje de familias de los distintos órdenes de insectos en el río Cigüela.

Familias encontradas únicamente en el Cigüela son: Potamanthidae, Heptageniidae y Leptophlebiidae (Ephemeroptera); Corduliidae (Odonata); Mesoveliidae, Gerridae, Corixidae, Notonectidae y Nepidae (Heteroptera); Hidraenidae (Coleoptera); Glossosomatidae, Philopotamidae, Psychomyiidae, Brachycentridae, Goeridae, Thremmatidae, Lepidostomatidae, Leptoceridae y Sericostomatidae (Trichoptera); y Tipulidae, Tabanidae y Anthomyidae (Diptera).

En el río Valdepineda se determinó un mayor número de familias de insectos pertenecientes a Trichoptera, seguido de Diptera, Coleoptera y Odonata (figura 19):



**Figura 19:** Porcentaje de familias de los distintos órdenes de insectos en el río Valdepineda.

Familias encontradas únicamente en el Valdepineda son: Lestidae, Aeschnidae y Cordulegasteridae (Odonata); y Helodidae (Coleoptera).

En el río Cigüela, las familias que están presentes en más de la mitad de las estaciones de muestreo a lo largo del estudio son: Gammaridae (97,6%), Baetidae (88,1%), Chironomidae (78,6%), Caenidae (69%), Hydropsychidae (66,7%), Sphaeriidae (64,3%), Sialidae (59,5%), Calopterygidae (52,4%), Ostracodae (50%) y Simuliidae (50%).

En el río Valdepineda, las familias que están presentes en más de la mitad de las estaciones de muestreos a lo largo del estudio son: Gammaridae (96,7%), Chironomidae (90%), Baetidae (83,2%), Physidae (73,3%), Coenagionidae

(73,3%), Caenidae (70%), Hydropsychidae (70%), Simuliidae (70%), Lymnaeidae (63,3%), Sphaeridae (60%) y Elmidae (60%), Calopterygidae (56,7%), Ancyliidae (53,3%) y Dytiscidae (53,3%).

En cuanto a la riqueza media de *taxa*, en el río Cigüela se observa una disminución de la riqueza media de *taxa* en los momentos DZ y DR, sobre todo en DZ. Además se observa un descenso en S y A, sobretodo en A, con respecto a AZ (estas diferencias no son significativas,  $p = 0,1775$ ). En DZ se producen disminuciones en E2-E3, E4, E5 y E6, siendo las mayores (diferencia de más de 10 *taxa*) en E4, E5 y E6. En DR se producen disminuciones en E1A, E1B, E4 y E7, siendo la mayor en E1A. En S se producen disminuciones con respecto a AZ en todas las estaciones excepto en E1A, siendo las mayores en E4 y E5. En A se producen disminuciones en todas las estaciones excepto en E1B, siendo las mayores en E4, E5 y E6 (ver gráficos y tabla de la figura 20).

En el Valdepineda la disminución se produce en el momento DR, y al igual que en el caso anterior. Además se observa, con respecto a AZ, un aumento en S y un descenso en A con respecto a AZ (estas diferencias no son significativas,  $p = 0,4159$ ). En DZ se producen disminuciones en A1A, A1B y A4, siendo en todo caso de menos de 5 *taxa*. En DR se producen disminuciones en A1B y A5, siendo la mayor (diferencia de más de 10 *taxa*) en A5. En S se producen pequeñas disminuciones en A1A, A1B y A4. En A se producen disminuciones en todas las estaciones excepto en A5, siendo la mayor en A4 (ver gráficos y tabla de la figura 21).

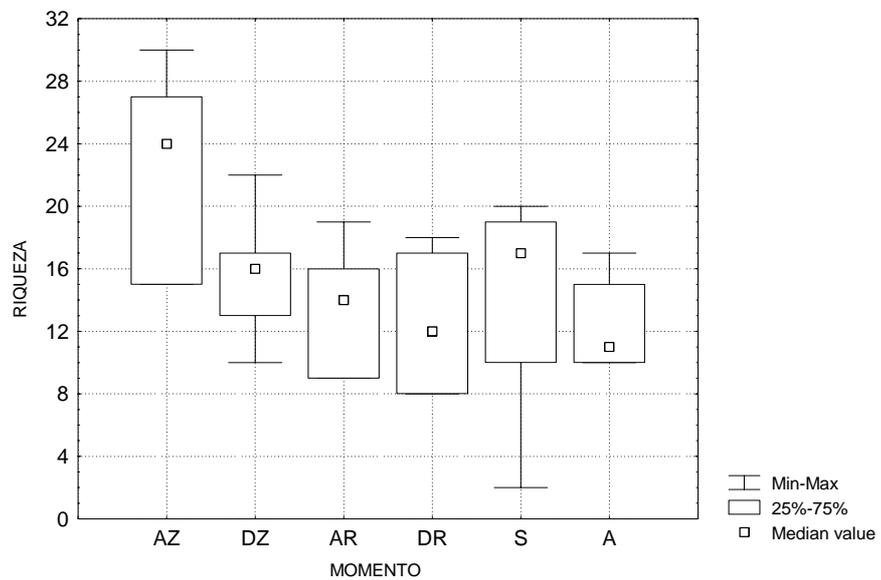
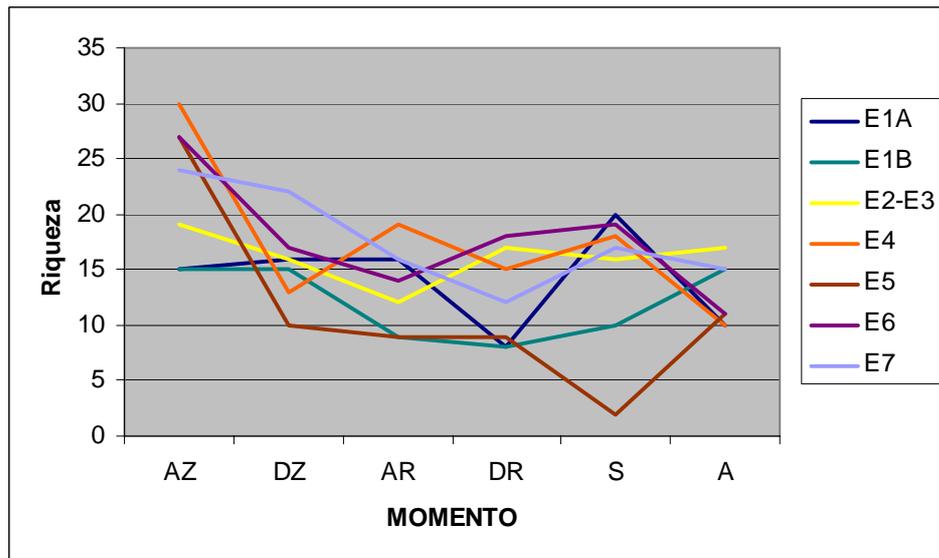
En cuanto a los valores medios del índice BMWP', en el río Cigüela están comprendidos entre las calidades Buena (en el momento AZ) y Dudosa (en los momentos DZ, DR y A). Se observa una disminución de calidad en los momentos DZ (de Buena a Dudosa). En S y A se observa una disminución de Buena a Aceptable (estas diferencias son significativas,  $p = 0,0197$ ) (ver gráficos y tabla de

la figura 22). En DZ se producen disminuciones en la calidad en E1B (de Aceptable a Dudosa), E4, E5, E6 (de Buena a Dudosa) y E7 (de Buena a Aceptable). En DR se producen disminuciones en E1A (de Aceptable a Dudosa), E4 (de Buena a Aceptable) y E7 (de Aceptable a Dudosa). En S se producen disminuciones con respecto a AZ en E1B (de Aceptable a Dudosa), E4 (de Buena a Aceptable), E5 (de Buena a Muy crítica), E6 y E7 (de Buena a Aceptable). Se producen aumentos en la calidad en E1A (de Aceptable a Buena). En A se producen disminuciones en E1A (de Aceptable a Dudosa), E4, E5, E6 (de Buena a Dudosa) y E7 (de Buena a Aceptable) (ver figuras 24 a 26).

En el río Valdepineda, los valores medios del índice BMWP' están comprendidos entre las calidades Dudosa, en el momento A y Aceptable, en el resto de los momentos (diferencias no significativas,  $p = 0,1797$ ) (ver gráficos y tabla de la figuras 23). En DZ se producen disminuciones en la calidad en A1A (de Buena a Aceptable) y en A1B (de Aceptable a Dudosa), y un aumento en A2-A3 (de Dudosa a Aceptable) y en A5 (de Dudosa a Buena). En DR se produce una disminución en A1B (de Buena a Dudosa) y aumentos en A1A y A4 (de Aceptable a Buena). En S se producen disminuciones con respecto a AZ en A1A (de Buena a Aceptable) y en A1B (de Aceptable a Dudosa) y un aumento en A2-A3 (de Dudosa a Aceptable). En A se producen disminuciones en A1A (de Buena a Aceptable), A1B (de Aceptable a Crítica) y A4 (de Aceptable a Dudosa) (ver figuras 24 a 26).

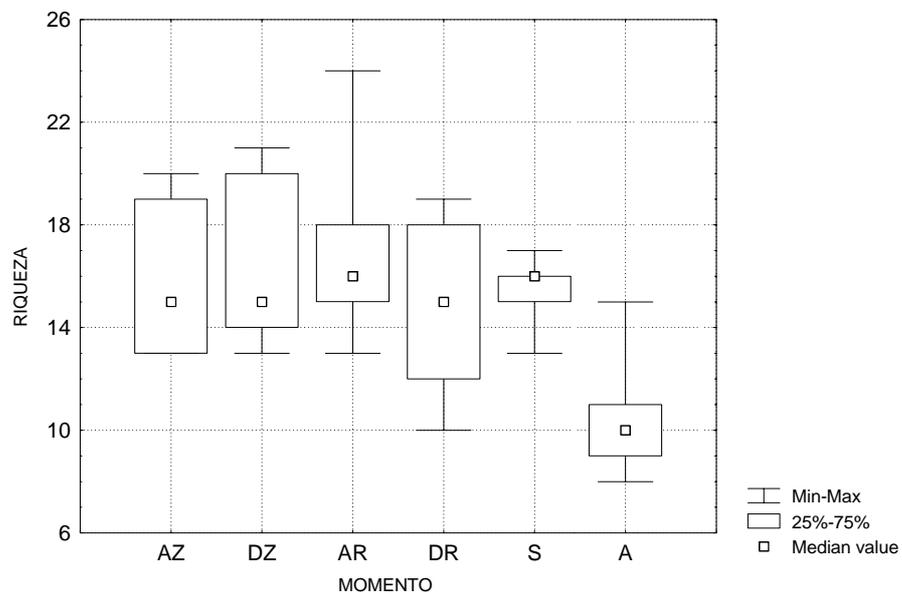
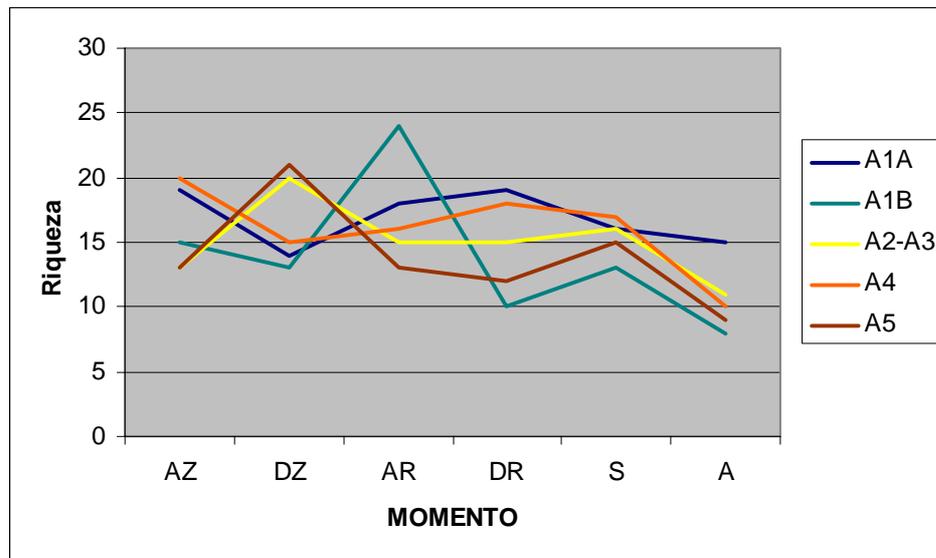
Estudio de los impactos ambientales de los cruces de gasoductos con ríos vadeables  
Resultados: Macroinvertebrados

	AZ	DZ	AR	DR	S	A
<b>E1A</b>	15	16	16	8	20	10
<b>E1B</b>	15	15	9	8	10	15
<b>E2-E3</b>	19	16	12	17	16	17
<b>E4</b>	30	13	19	15	18	10
<b>E5</b>	27	10	9	9	2	11
<b>E6</b>	27	17	14	18	19	11
<b>E7</b>	24	22	16	12	17	15
<b>MEDIA</b>	22	16	14	12	15	13



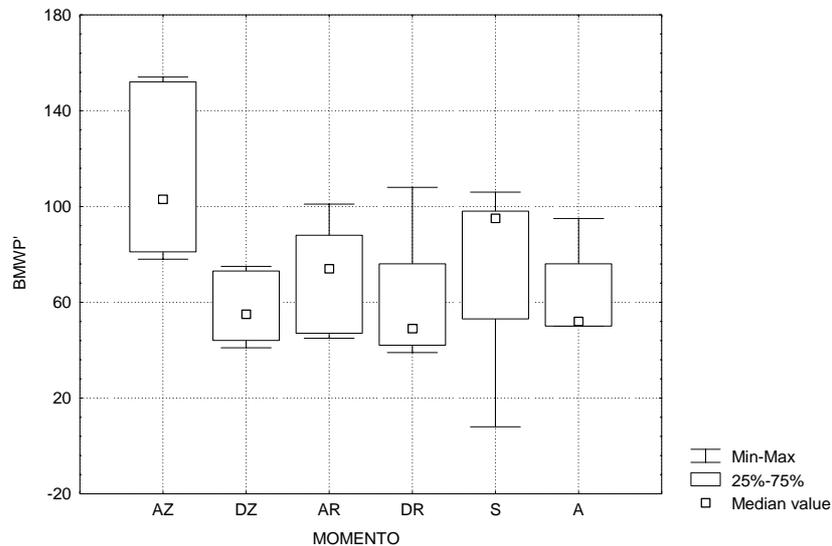
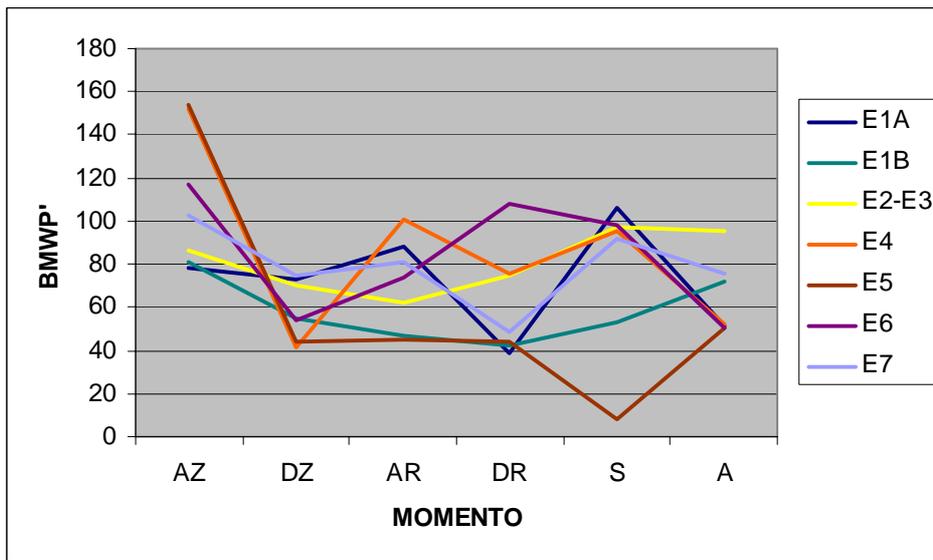
**Figura 20:** Riqueza media de taxa colectados en las estaciones de muestreo en los diferentes momentos en el río Cigüela ( $p = 0,1775$ ).

	AZ	DZ	AR	DR	S	A
A1A	19	14	18	19	16	15
A1B	15	13	24	10	13	8
A2-A3	13	20	15	15	16	11
A4	20	15	16	18	17	10
A5	13	21	13	12	15	9
MEDIA	16	17	17	15	15	11



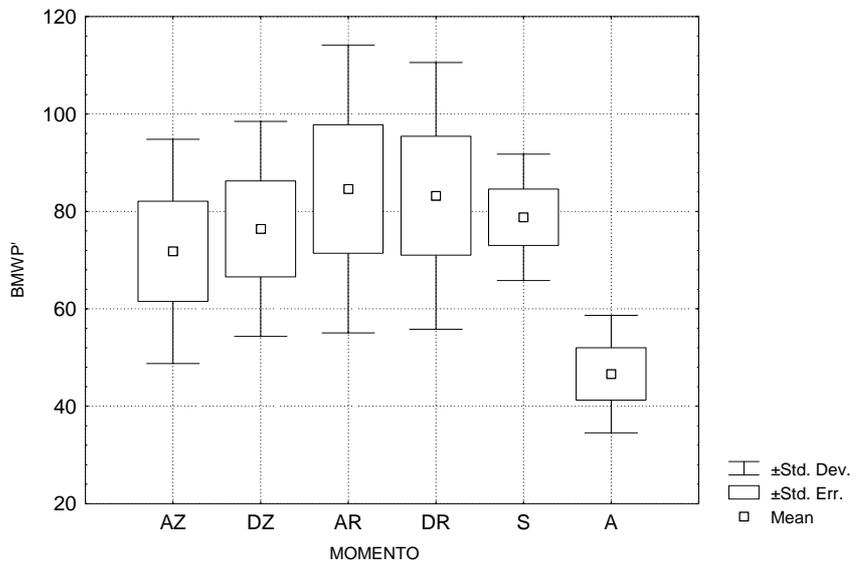
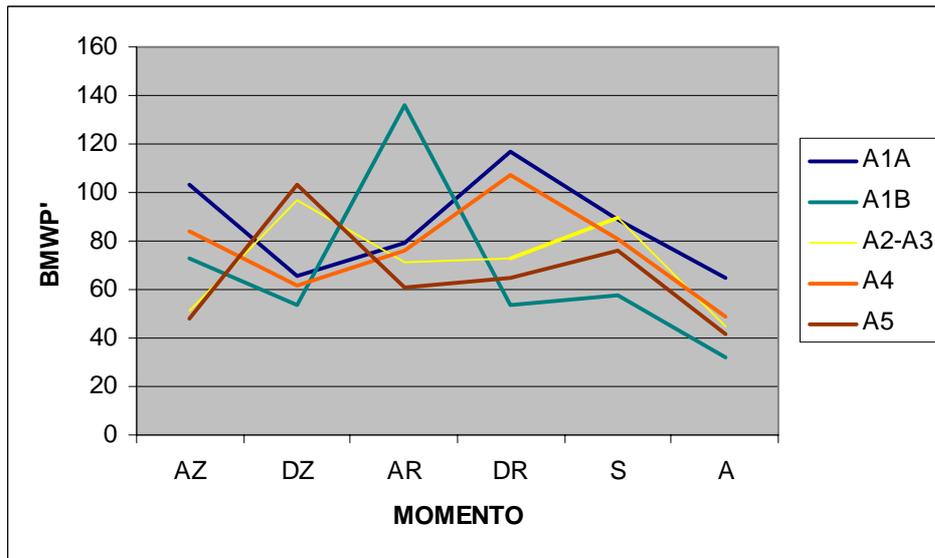
**Figura 21:** Riqueza media de taxa colectados en las estaciones de muestreo en los diferentes momentos en el río Valdepineda ( $p = 0,4159$ ).

	AZ	DZ	AR	DR	S	A
<b>E1A</b>	78	73	88	39	106	51
<b>E1B</b>	81	55	47	42	53	72
<b>E2-E3</b>	86	70	62	75	97	95
<b>E4</b>	152	41	101	76	95	52
<b>E5</b>	154	44	45	44	8	50
<b>E6</b>	117	54	74	108	98	50
<b>E7</b>	103	75	81	49	92	76
<b>MEDIA</b>	110	59	71	62	78	64



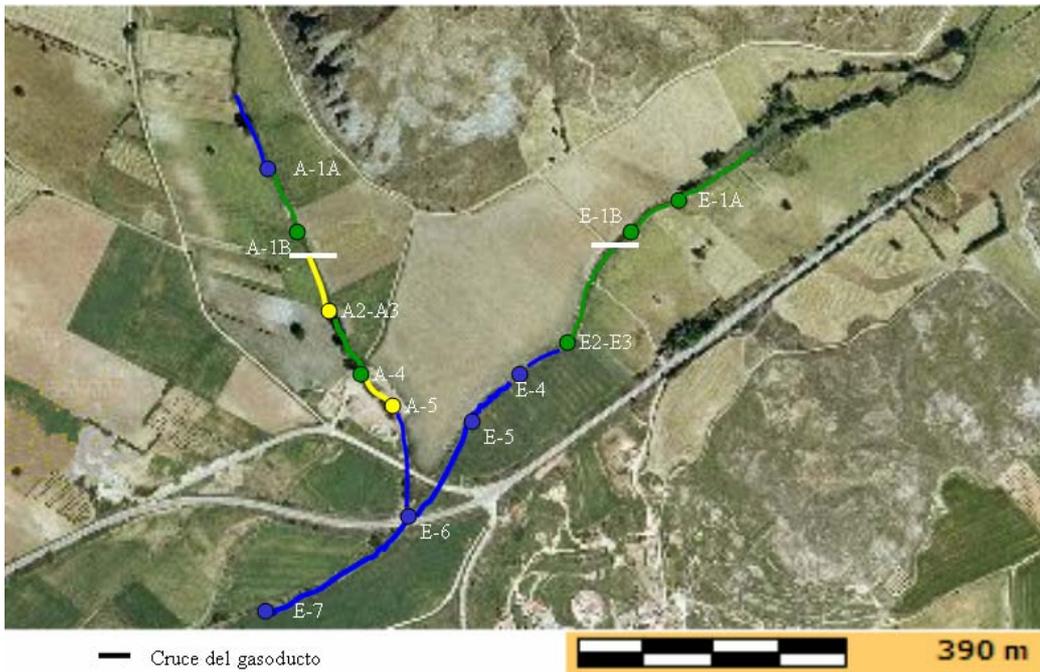
**Figura 22:** Valores medios del índice *BMWP'* en los diferentes momentos en el río Cigüela ( $p = 0,0197$ ).

	AZ	DZ	AR	DR	S	A
<b>A1A</b>	103	66	79	117	89	65
<b>A1B</b>	73	54	136	54	58	32
<b>A2-A3</b>	51	97	71	73	90	45
<b>A4</b>	84	62	76	107	81	49
<b>A5</b>	48	103	61	65	76	42
<b>MEDIA</b>	72	76	85	83	79	47

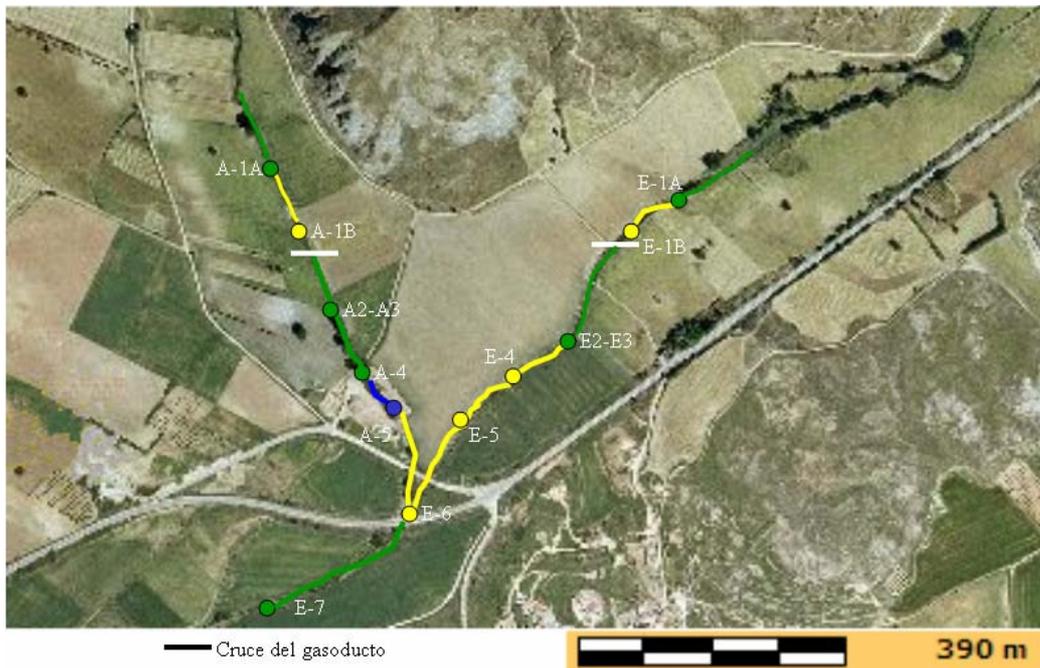


**Figura 23:** Valores medios del índice *BMWP'* en los diferentes momentos en el río Valdepineda ( $p = 0,1797$ ).

(AZ)

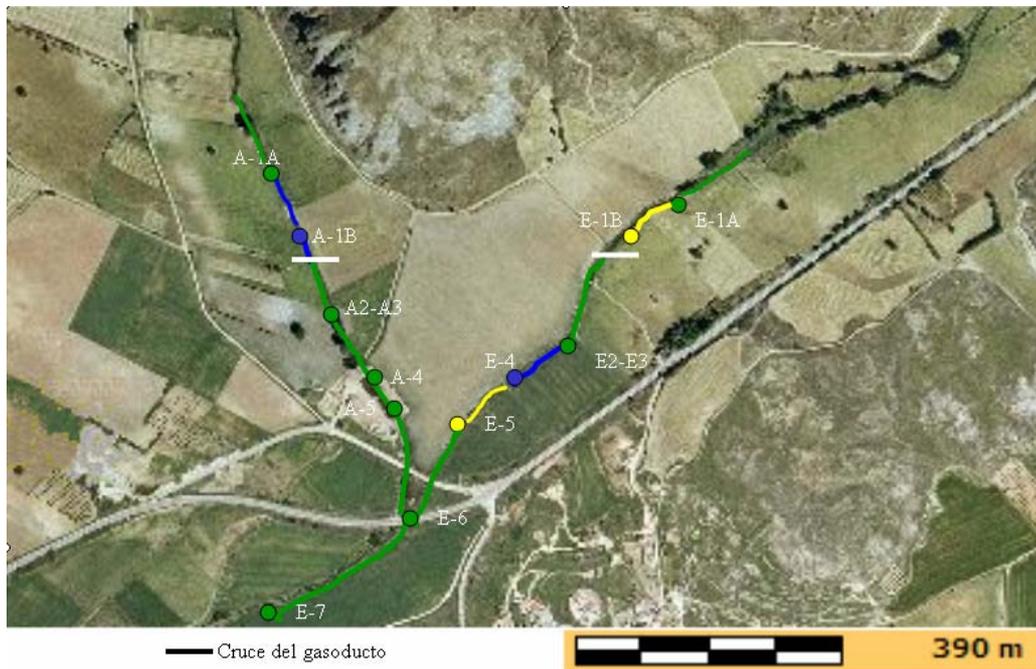


(DZ)

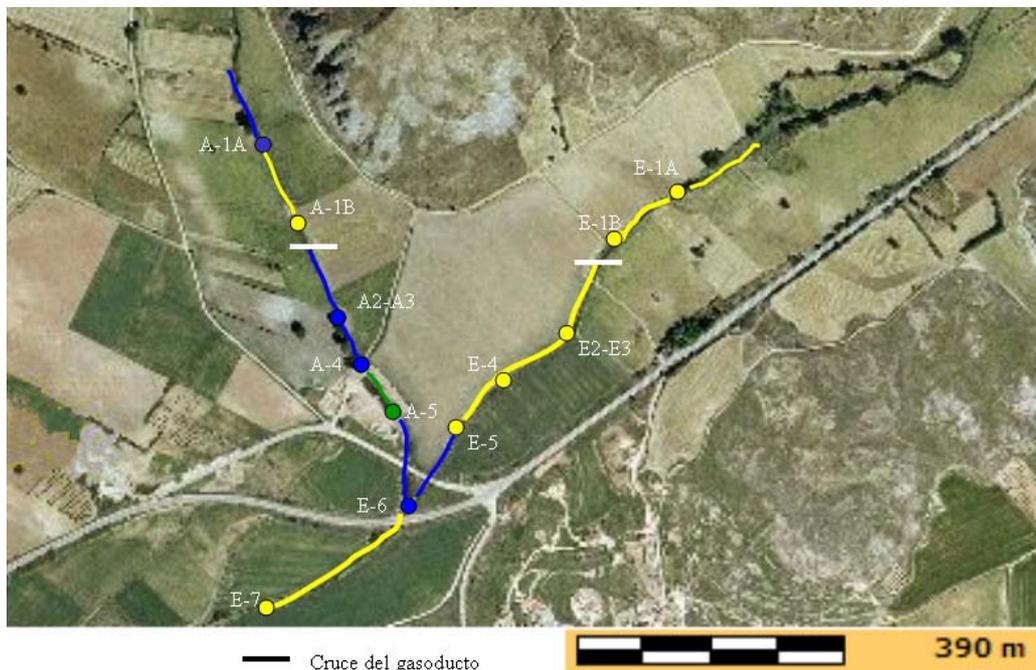


**Figura 24:** Calidad de las aguas de los ríos Cigüela y Valdepineda. Índice BMWP' en la fase de prezanja (AZ) y en la de postzanja (DZ). Clase I (Buena, >100, Azul), Clase II (Aceptable, 61-100, Verde), Clase III (Dudosa, 36-60, Amarillo), Clase IV (Crítica, 16-35, Naranja), Clase V (Muy crítica, <15, Rojo)

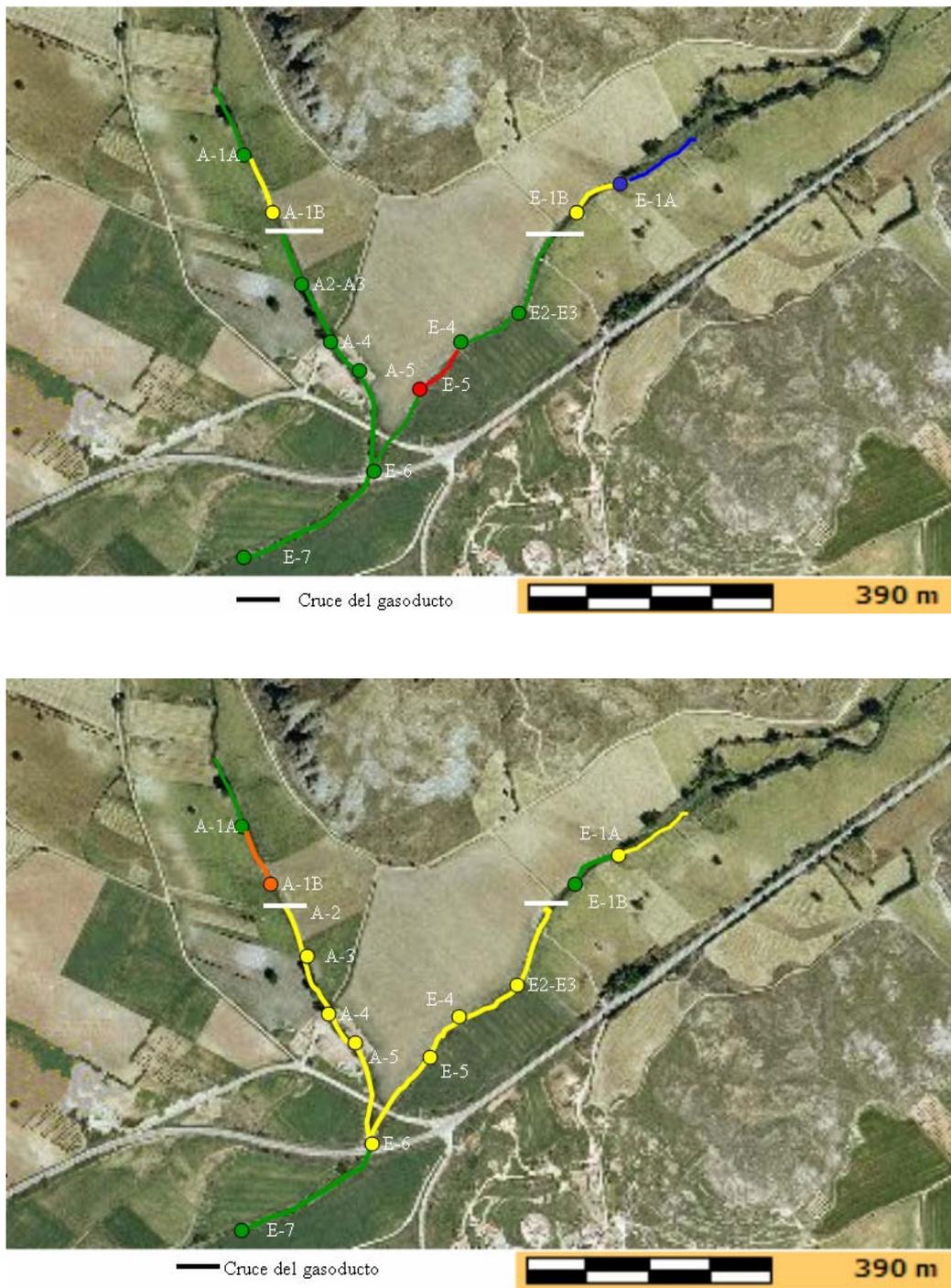
(AR)



(DR)



**Figura 25:** Calidad de las aguas de los ríos Ciguëla y Valdepineda. Índice BMWP' en la fase de prerrehabilitación (AR) y en la de postrehabilitación (DR). Clase I (Buena, >100, Azul), Clase II (Aceptable, 61-100, Verde), Clase III (Dudosa, 36-60, Amarillo), Clase IV (Crítica, 16-35, Naranja), Clase V (Muy crítica, <15, Rojo)



**Figura 26:** Calidad de las aguas de los ríos Cigüela y Valdepineda. Índice BMWP' en la fase de prerrehabilitación (AR) y en la de postrehabilitación (DR). Clase I (Buena, >100, Azul), Clase II (Aceptable, 61-100, Verde), Clase III (Dudosa, 36-60, Amarillo), Clase IV (Crítica, 16-35, Naranja), Clase V (Muy crítica, <15, Rojo)

La calidad Dudosa de las aguas en los momentos DZ y DR en el río Cigüela puede ser debida a los aumentos de sedimentos producidos por la segunda y la tercera fase de las obras (apertura de zanja y puesta de tubería, por un lado, y rehabilitación, por otro). La calidad Dudosa en A, en ambos ríos, podría ser consecuencia del aumento de sedimentos registrados en S y A posiblemente debidos a fenómenos meteorológicos o a otras afecciones producidas aguas arriba de los puntos de cruce del gasoducto con los ríos Valdepineda y Cigüela (en esas fechas se estaba realizando la autovía Tarancón-Cuenca).

En DZ la principal variación se produce en el río Cigüela en las estaciones E4, E5 y E6 (disminuye el índice BMWP' y la riqueza de *taxa*). En el río Valdepineda estas disminuciones se producen en las estaciones aguas arriba del cruce del gasoducto, A1A y A1B.

En DR la principal variación se produce también en el río Cigüela, en las estaciones E1A, E4 y E7. En el Valdepineda esta disminución se produce en A1B, la estación más próxima aguas arriba con el punto de cruce del gasoducto.

En S la principal variación se produce de nuevo en el río Cigüela, en E1B, E4, E5, E6 y E7. En el río Valdepineda esta disminución se produce en A1B.

Y para finalizar, en A, la principal variación se produce en el río Cigüela en E1A, E4, E5, E6 y E7. En el Valdepineda esta disminución se produce en A1A, A1B y A4.

El aumento del valor de los índices de calidad que se produce en algunas estaciones, puede explicarse por un arrastre de organismos procedentes de los tramos más altos del río.

Así, se espera que los mayores impactos derivados del desarrollo de la obra sobre las comunidades de macroinvertebrados se produzcan en las estaciones más cercanas aguas abajo del punto de cruce, mediante la modificación en el número total de familias como consecuencia de un incremento en la deriva de macroinvertebrados durante la fase de construcción, tal y como Kraft (1981) y Tsui y McCart (1981) han observado en sus estudios, e incluso con la aparición o desaparición de las familias más sensibles al efecto de los sólidos en suspensión o a la destrucción de hábitats. Sin embargo, esta tendencia no se observa claramente en los resultados presentados en el presente estudio.

Si se supone que las disminuciones en los valores de la riqueza del número de *taxa* y del índice BMWP' son debidas a las obra, el río Cigüela sería el más impactado por las mismas, aunque este efecto no se aprecia en la estación E2-E3, la más próxima aguas abajo del punto de cruce del gasoducto con el río. Las disminuciones encontradas en los momentos S y A, hacen pensar en otros posibles factores como causantes de la afección.

Por tanto, y con los resultados que se han obtenido no se puede concluir que exista una clara afección de la obra sobre los diferentes *taxa* de macrobentos y por ende, en el índice de calidad de las aguas BMWP'. Tampoco en otros estudios ha sido posible demostrar cambios en la estructura de las comunidades aguas abajo de la obra (Petersen *et al.*, 1978; Kraft, 1981), aunque sí se ha encontrado una reducción en la densidad del macrobentos (Kraft, 1981; Tsui y McCart, 1981; Anderson *et al.*, 1998).

## RESULTADOS: ICTIOFAUNA

En cuanto a la ictiofauna, cabe destacar la sorprendente riqueza de especies de peces encontrada en este estudio, estructurada en una comunidad típica de ríos mediterráneos. La presencia ictiofauna de estas características es relevante teniendo en cuenta que las aguas de estos dos ríos están caracterizadas dentro del nivel IV, no apto para ciprínidos (Orden de 13 de agosto de 1999, por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo de los planes hidrológicos de las Cuencas del Guadiana I y Guadiana II, aprobados por Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio).

Así, se puede citar la presencia de seis especies endémicas: la colmilleja (*Cobitis paludica*) (fotografía 6), la pardilla (*Chondrostoma lemmingii*) (fotografía 7), el barbo mediterráneo (*Barbus guiraonis*) (fotografía 8), el barbo cabecicorto (*Barbus microcephalus*) (fotografía 9), el calandino (*Squalius alburnoides*) (fotografía 10), y el cacho (*Squalius pyrenaicus*) (fotografía 11),. Todas ellas aparecen recogidas con algún tipo de amenaza en el Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España (Doadrio, 2001). Del mismo modo se destaca la ausencia de especies alóctonas, como el blackbass (*Micropterus salmoides*), el lucio (*Esox lucius*) y el percasol (*Lepomis gibbosus*) que habitan aguas abajo, en las lagunas de Ruidera.



**Fotografía 6:** *Cobitis paludica* <http://www.mediterranea.org/cae/divulgac/peces/cobitis.jpg>



**Fotografía 7:** *Chondrostoma lemmingii*  
<http://www.fishbase.org/Photos/PicturesSummary.cfm?ID=9940&what=species>



**Fotografía 8:** *Babus guiraonis*  
[http://www.ittiofauna.org/webmuseum/pesciossei/cypriniformes/cyprinidae/barbus/barbus\\_guiraonis/barbus\\_guiraonis0.htm](http://www.ittiofauna.org/webmuseum/pesciossei/cypriniformes/cyprinidae/barbus/barbus_guiraonis/barbus_guiraonis0.htm)



**Fotografía 9:** Babus guiraonis  
[http://www.ittiofauna.org/webmuseum/pesciossei/cypriniformes/cyprinidae/barbus/barbus\\_guiraonis/barbus\\_guiraonis0.htm](http://www.ittiofauna.org/webmuseum/pesciossei/cypriniformes/cyprinidae/barbus/barbus_guiraonis/barbus_guiraonis0.htm)



**Fotografía 10:** Squalius alburnoides  
[http://filaman.ifm-geomar.de/images/thumbnails/jpg/tn\\_Tralb\\_u2.jpg](http://filaman.ifm-geomar.de/images/thumbnails/jpg/tn_Tralb_u2.jpg)



**Fotografía 11:** *Squalius pyrenaicus*

[http://filaman.ifm-geomar.de/images/thumbnails/jpg/tn\\_Tralb\\_u2.jpg](http://filaman.ifm-geomar.de/images/thumbnails/jpg/tn_Tralb_u2.jpg)

En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidos de los muestreos realizados en los transectos P1 (río Cigüela), P2 (río Valdepineda) y P3 (río Cigüela aguas abajo de la junta con el Valdepineda).

En la figura 27 se representan el número de ejemplares de las distintas especies capturados en los tres transectos en cada momento. Como puede observarse, los ejemplares de colmilleja son los más abundantes, seguido por los ejemplares de cacho, y por último los de calandino y pardilla. Es de señalar la presencia puntual, ya que sólo se dan en un momento del estudio, del barbo cabecicorto y del barbo mediterráneo. Es lógico encontrar una abundancia de ejemplares de colmilleja ya que éste se alimenta de detritus, plantas y bentos. Además, esta especie encuentra en estos ríos su hábitat ideal, aguas someras con fondos arenosos y con plantas sumergidas. Por otro lado, cabe destacar la presencia de la población de pardilla de El Alto Cigüela, endemismo distribuido por el centro y oeste peninsular, y probablemente ésta constituya una de las poblaciones más orientales de la Península Ibérica.

*Estudio de los impactos ambientales de los cruces de gasoductos con ríos vadeables*  
Resultados: Ictiofauna

<i>C. paludica</i>						
	AZ	DZ	AR	DR	S	A
P1	0	1	1	1	23	5
P2	6	0	22	58	42	52
P3	1	0	0	0	35	15

<i>S. pyrenaicus</i>						
	AZ	DZ	AR	DR	S	A
P1	0	1	0	5	9	18
P2	1	0	2	18	0	4
P3	1	0	3	7	24	12

<i>S. alburnoides</i>						
	AZ	DZ	AR	DR	S	A
P1	0	0	11	2	4	11
P2	0	0	2	1	0	0
P3	5	0	4	6	6	0

<i>C. lemmingii</i>						
	AZ	DZ	AR	DR	S	A
P1	0	0	1	2	1	13
P2	0	0	4	24	0	0
P3	1	0	0	4	2	0

<i>B. microcephalus</i>						
	AZ	DZ	AR	DR	S	A
P1	0	0	0	6	0	0
P2	0	0	0	1	0	0
P3	0	0	0	1	0	0

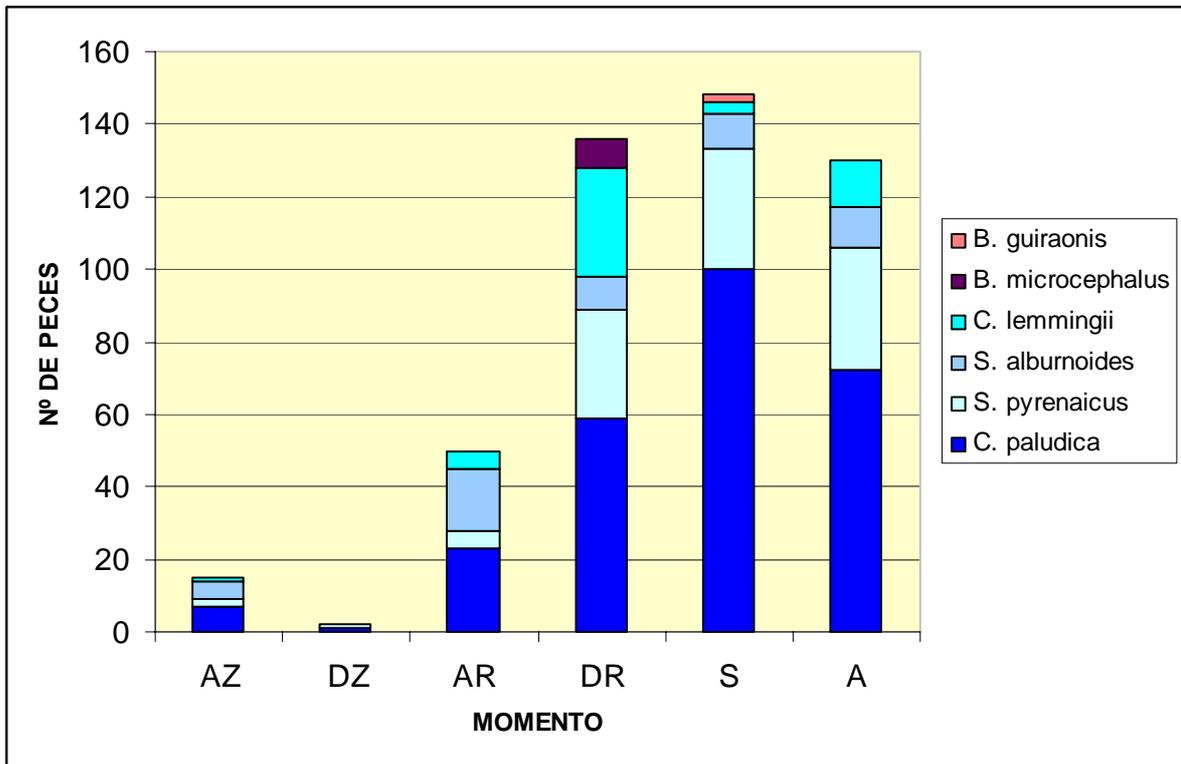
  

<i>B. guiraonis</i>						
	AZ	DZ	AR	DR	S	A
P1	0	0	0	0	0	0
P2	0	0	0	0	0	0
P3	0	0	0	0	2	0

**Tabla 12:** número de ejemplares capturados por especie en los tres transectos muestreados (P1, P2 y P3) en cada momento del estudio.

Para poder comparar estos valores de una manera precisa, es necesario transformar el valor absoluto de los ejemplares capturados por especie a densidad de ejemplares por volumen de agua del transecto muestreado (aunque un mismo transecto tiene una longitud igual o similar en cada momento del año, no sucede

lo mismo con el volumen, ya que este depende del caudal que discurre por él en cada momento).



**Figura 27:** Número de ejemplares por especie y por momento capturadas en los tres transectos.

Así, los volúmenes muestreados por transecto en cada momento aparecen en la tabla 13. En el momento AZ no se calculó el volumen del transecto P1 debido a que no se capturó ningún ejemplar. En el momento DZ no se calculó el volumen debido al escaso número de ejemplares capturados (1 ejemplar de colmilleja y 1 ejemplar de cacho, ver tabla 12).

	AZ	DZ	AR	DR	S	A
P1	/	/	197,29	182,17	197,94	196,73
P2	154,45	/	285,13	195,39	166,11	56,13
P3	485,40	/	591,68	517,75	270,81	284,59

**Tabla 13:** volúmenes de agua (en litros) muestreados por transecto en cada momento del estudio.

Con relación a la colmilleja (figura 28), las mayores densidades de esta especie se encuentran en el río Valdepineda (transecto P2), produciéndose un aumento progresivo de la densidad desde AZ y alcanzando el máximo en A. En el río Cigüela, en el transecto P1, comienzan a encontrarse ejemplares a partir de AR alcanzando su máxima densidad en S; y en el transecto P3, las mayores densidades se encuentran en S y A, en AZ sólo se captura un ejemplar.

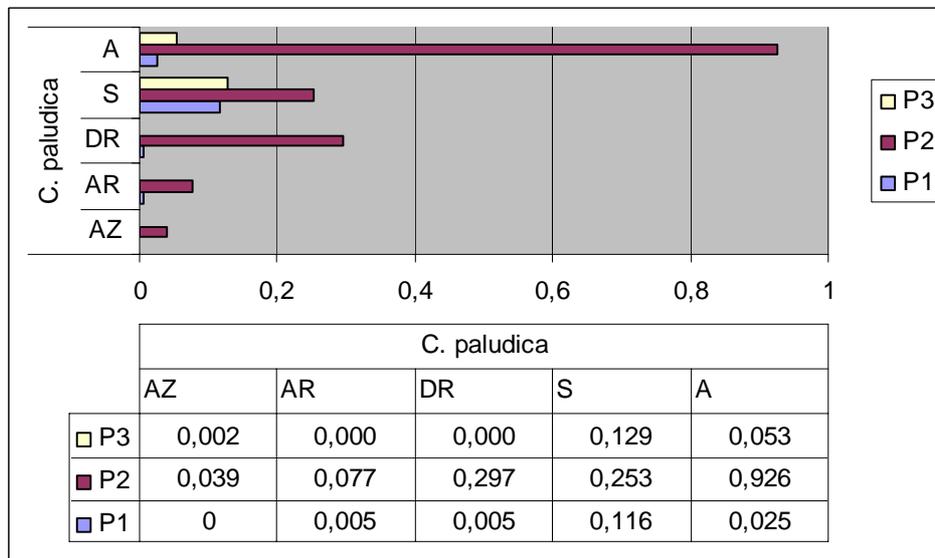
En cuanto al cacho (figura 29), en el río Valdepineda (transecto P2) se capturan ejemplares en AZ, AR, DR y A, encontrándose la mayor densidad en DR. En el río Cigüela, en el transecto P1, aparecen ejemplares en todos los momentos excepto en AZ, encontrándose las mayores densidades en A. En el transecto P3, al igual que en el caso anterior, las mayores densidades aparecen en S y A, y las menores en AZ, AR y DR.

En cuanto al calandino (figura 30), las mayores densidades se encuentran en el río Cigüela. En el río Valdepineda (transecto P2), aparecen ejemplares con una baja densidad en los momentos AR y DR. En el río Cigüela, transecto P1, es donde se encuentra una mayor densidad en los momentos AR y A. En el transecto P3, se encuentran ejemplares en los todos los momentos excepto en DZ y A, con una densidad similar a la encontrada en el transecto P1.

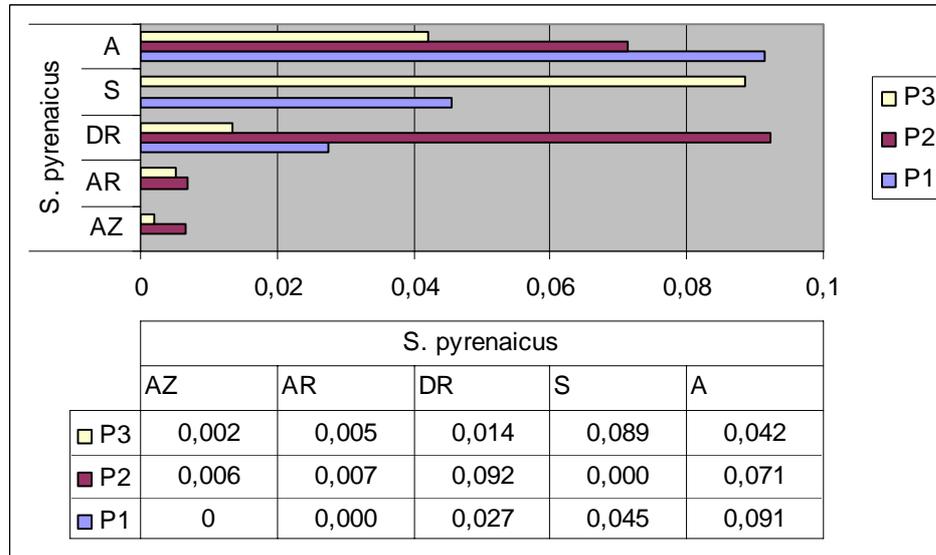
Con relación a la pardilla (figura 31), las mayores densidades se encuentran en el río Valdepineda (transecto P2) aparecen ejemplares en AR y DR, encontrándose

la máxima densidad en DR. En el río Cigüela (transecto P1), se han capturado ejemplares a partir de AR, encontrándose las mayores densidades en A. En el transecto P3, aparecen con densidades baja en AZ, DR y S.

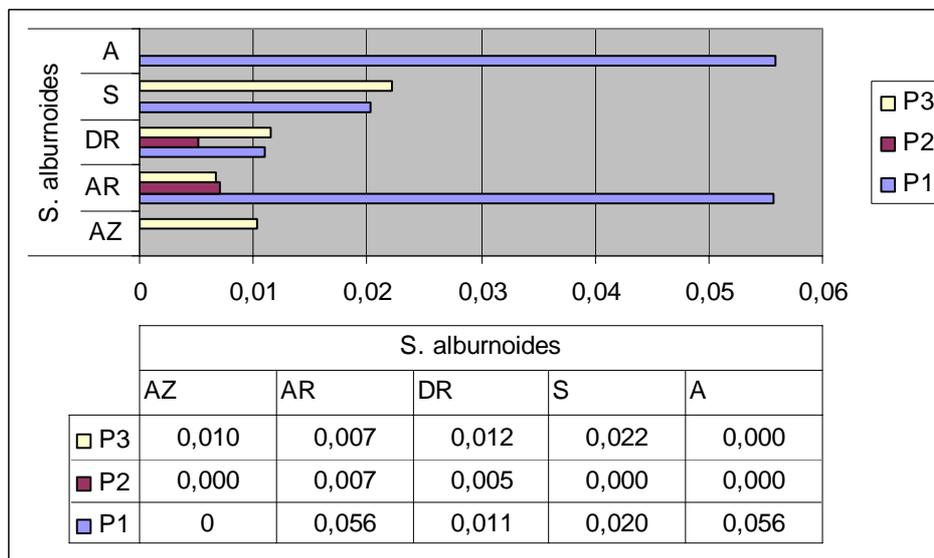
Cabe resaltar que en DR, en los tres transectos, se capturaron ejemplares de *Barbus microcephalus* (1 ejemplar en el Valdepineda y 7 en el Cigüela, 6 en el transecto P1 y 1 en transecto P3) y 2 ejemplares de *Barbus guiraonis* en el momento S (figuras 32 y 33).



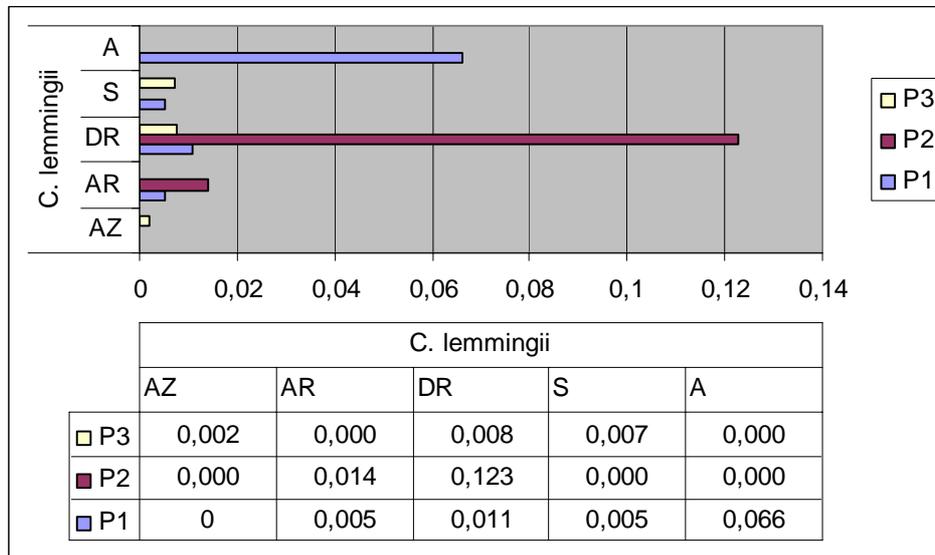
**Figura 28:** Densidad de ejemplares de *Cobitis paludica* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestrados.



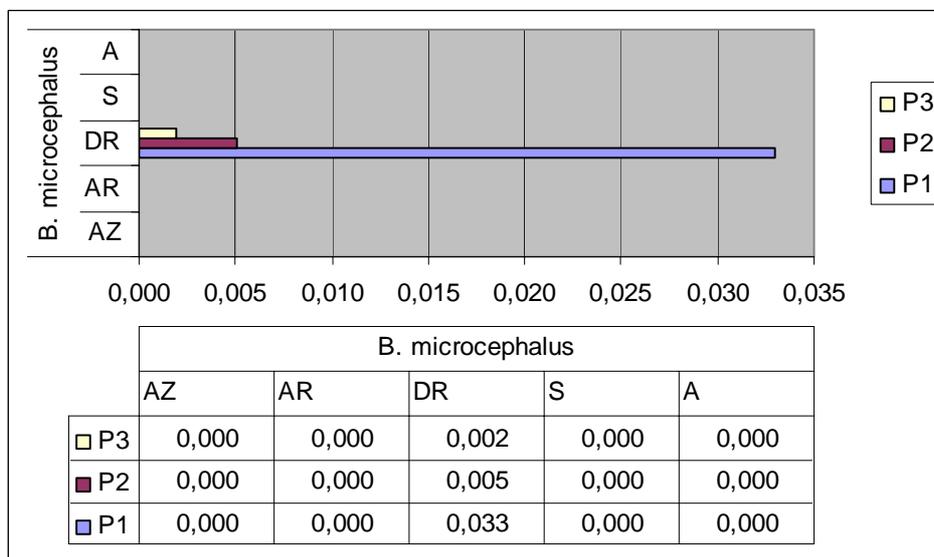
**Figura 29:** Densidad de ejemplares de *Squalius pyrenaicus* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestreados.



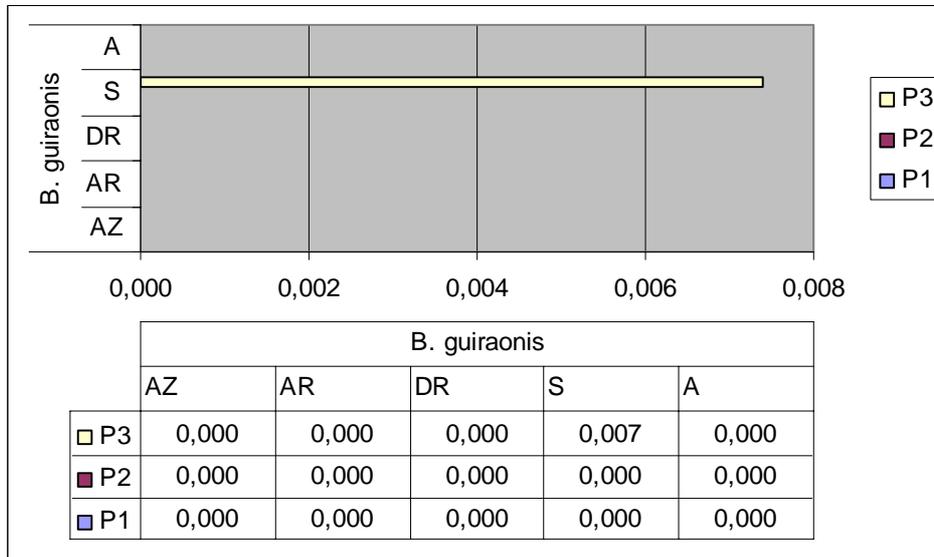
**Figura 30:** Densidad de ejemplares de *Squalius alburnoides* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestreados.



**Figura 31:** Densidad de ejemplares de *Chondrostoma lemmingii* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestreados.



**Figura 32:** Densidad de ejemplares de *Barbus macrocephalus* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestreados.



**Figura 33:** Densidad de ejemplares de *Barbus guiraonis* en el seguimiento (especímenes/litro), en los distintos momentos del estudio, en todos los transectos muestreados.

Una representación, en cada momento del estudio de las densidades de los ejemplares de todas las especies en cada transecto, se puede observar en las figuras 34 a 38. Este tipo de representación permite estudiar la distribución de los peces en cada momento.

Así, en AZ (figura 34) predomina la colmilleja en el Valdepineda (transecto P2), seguido del calandino en el transecto del tramo bajo del Cigüela (transecto P3) y del cacho, de nuevo, en el Valdepineda (transecto P2).

En AR (figura 35) predomina la colmilleja en el Valdepineda (transecto P2), seguido del calandino en transecto del tramo alto del Cigüela (transecto P1) y de la pardilla, de nuevo, en el Valdepineda (transecto P2).

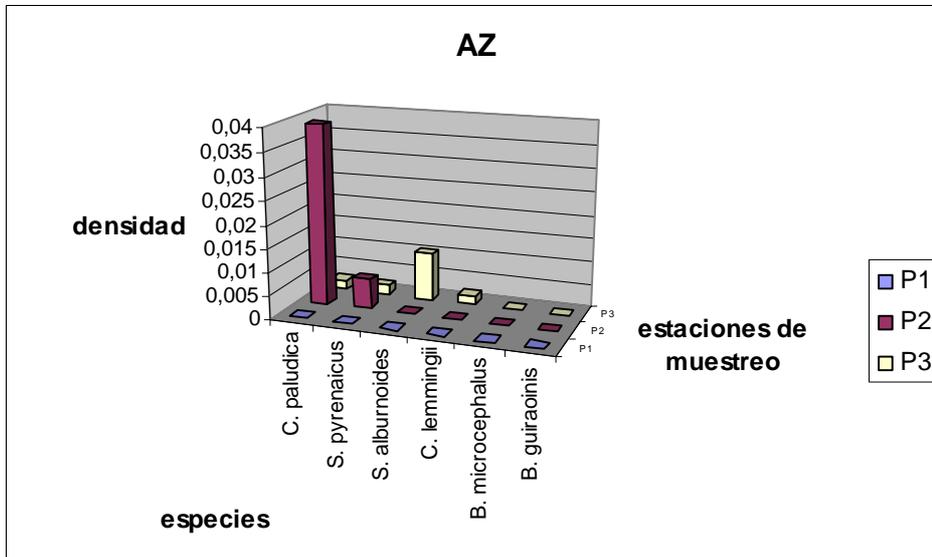
En el momento DR (figura 36) predomina la colmilleja, el cacho y la pardilla en el Valdepineda (transecto P2).

En el momento S (figura 37) predomina la colmilleja en los tres transectos (en los dos ríos), seguido del cacho en el Cigüela (transectos P1 y P3).

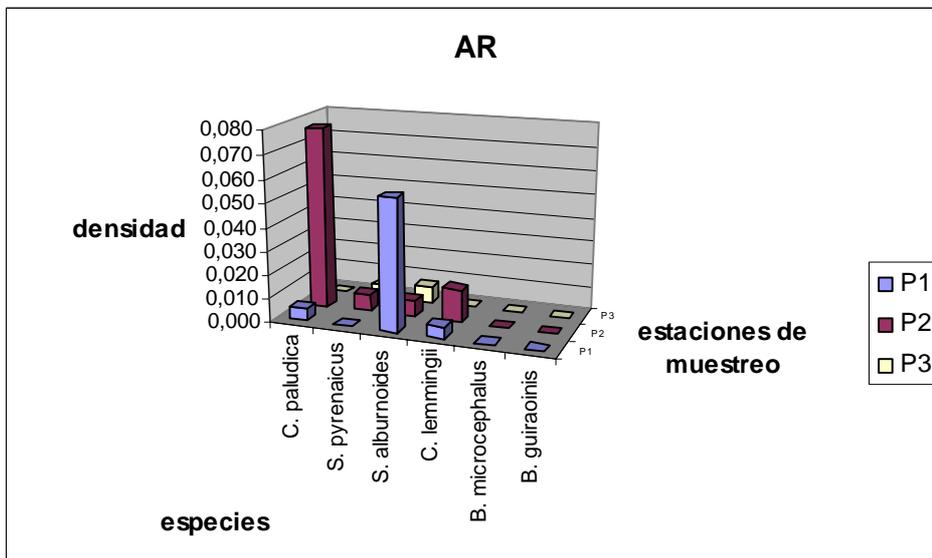
En el momento A (figura 38) predomina la colmilleja en el Valdepineda (transecto P2).

En los resultados encontrados, sólo parece haber una disminución de la densidad de calandino en DR en el transecto P1. Pero en general se observa un aumento de densidad de ejemplares de las distintas especies (excepto de barbo cabecicorto y barbo mediterráneo, que se capturan puntualmente) con relación a AZ.

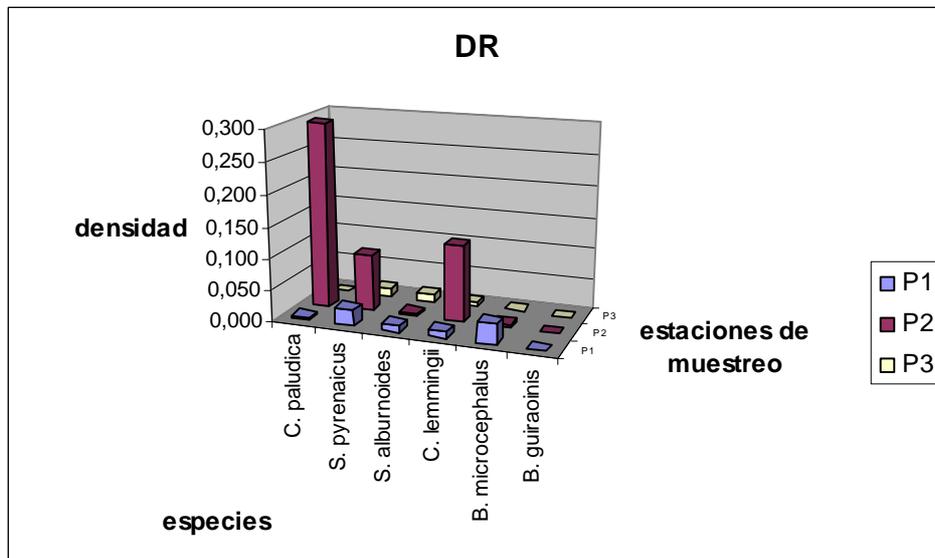
La causa más probable de la falta de ejemplares en las estaciones muestreadas en DZ es la baja temperatura del agua de los dos ríos, alrededor de 3°C (la capa superficial del agua se encontraba helada). La baja temperatura del agua, reduce la conductividad disminuyéndose la capturabilidad de los peces. La temperatura influye, además sobre el estado metabólico de los peces de manera que al disminuir, se reduce la tasa metabólica. Este fenómeno ha sido descrito a temperaturas bajas (Lobón-Cerviá, 1991). Se descarta que se deba a un desplazamiento temporal de los individuos a otros tramos no afectados por la obra ya que los muestreos se realizaron con varios días de diferencia con la actividad sobre el lecho de los ríos. De todas maneras, se ha considerado interesante prestar una mayor atención a los resultados obtenidos en la fase de rehabilitación.



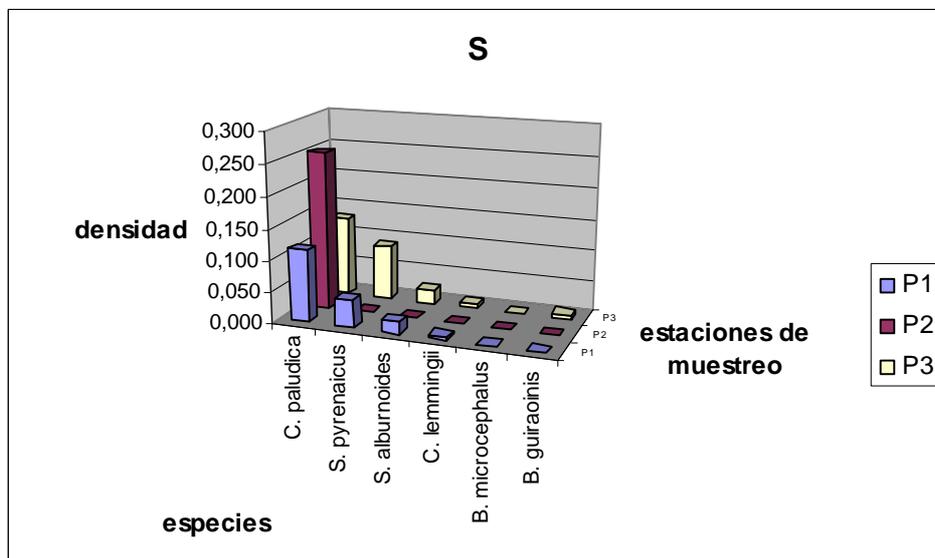
**Figura 34:** Densidad (ejemplar/litro) de peces en la fase de prezanja (momento AZ) en las tres estaciones de muestreo (P1, P2 y P3).



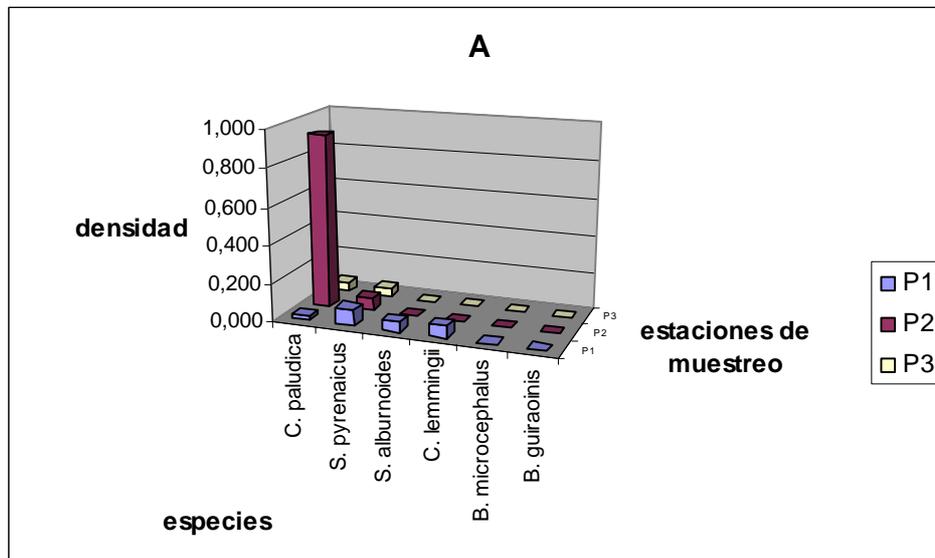
**Figura 35:** Densidad (ejemplar/litro) de peces en la fase de prerehabilitación (momento AR) en las tres estaciones de muestreo (P1, P2 y P3).



**Figura 36:** Densidad (ejemplar/litro) de peces en la fase de postrehabilitación (AR) en las tres estaciones de muestreo (P1, P2 y P3).



**Figura 37:** Densidad (ejemplar/litro) de peces en el seguimiento semestral (momento S) en las tres estaciones de muestreo (P1, P2 y P3).



**Figura 38:** Densidad (ejemplar/litro) de peces en el seguimiento anual (A) en las tres estaciones de muestreo (P1, P2 y P3).

En la tabla 14, donde se representa el número de ejemplares capturados en conjunto para las tres estaciones de muestreo, se observa un mayor número de ejemplares en DR (además de un aumento en el número de especies) con la retirada de las pistas de trabajo. La colmilleja es la especie más abundante, se han capturado 23 ejemplares en AR y 59 en DR. La pardilla le sigue en abundancia con 5 ejemplares en AR y 30 en DR. Estas dos especies son más abundantes en el transecto P2 (río Valdepineda). En el mismo orden se han capturado cachos, especie ausente en el transecto P1 del río Cigüela, 5 ejemplares en AR y 24 en DR. En cuanto a los calandinos, es la única especie cuyo número de ejemplares ha disminuido en DR, con 9 ejemplares capturados, siendo 15 en AR. Comparando la frecuencia de distribución antes y después de la obra, encontramos diferencias significativas en la abundancia de la colmilleja ( $\chi^2 = 58,909$ ;  $p = 0,000$ ), la pardilla ( $\chi^2 = 101,000$ ;  $p = 0,000$ ), el cacho ( $\chi^2 = 131,000$ ;  $p = 0,000$ ) y el calandino ( $\chi^2 = 15,864$ ;  $p < 0,001$ ).

		Colmilleja*	Pardilla*	Cacho*	Calandino*	Barbo mediterráneo	Barbo cabecicorto
<b>P1</b> <b>Cigüela</b>	AR	1	1	2	11	0	0
	DR	1	2	18	2	0	0
<b>P2</b> <b>Valdepineda</b>	AR	22	4	0	2	0	0
	DR	58	24	0	1	1	0
<b>P3</b> <b>Cigüela</b>	AR	0	0	3	2	0	0
	DR	0	4	6	6	0	1

**Tabla 14:** Número de individuos de las diferentes especies de peces capturados en los ríos Valdepineda y Cigüela en los momentos AR Y DR. Los valores significativos de chi cuadrado están marcados con asterisco

En estos resultados se observa un claro aumento de los ejemplares capturados después de haber sido retirada la pista de trabajo y una diferencia significativa en su frecuencia de distribución, lo que sugiere que la obra está produciendo un efecto barrera que hay que tener en cuenta a la hora de planificar el trabajo y de diseñar las estructuras de drenaje (vainas), de forma que no se obstaculice el acceso de la ictiofauna al tramo superior del río. Esta conclusión puede ser cuestionada observando los datos de densidades en S y A, donde también se ha producido un aumento del número de ejemplares, pero es de señalar que esto sucede en estaciones del año distintas a la estación en la que se ha ejecutado la rehabilitación y los muestreos (febrero), por lo que la fenología de las especies pueden influir en este resultado.

En El Alto Cigüela y en general en toda la Península Ibérica faltan originalmente peces ictiófagos, por lo que las especies nativas han evolucionado y se han adaptado a la ausencia de estos depredadores. La introducción de especies exóticas ictiófagas puede conducir, en poblaciones localizadas, a la extinción de las nativas. Afortunadamente esto no ha sucedido aún en las aguas de El Alto Cigüela, donde parece ser que la principal causa de amenaza es otro tipo de acciones antrópicas, como las infraestructuras hidráulicas, el aumento de vertidos urbanos, agrícolas e industriales y la extracción de agua con fines agrícolas además de las prácticas agrícolas antes mencionadas.

No obstante, esta fauna está en posible regresión, y en ausencia de estudios del estado de condición de los ejemplares, al menos resulta preocupante los valores bajos de abundancia de ejemplares algunas especies y que la distribución de tallas en otras no represente todas las clases de edad.

La buena calidad obtenida para riqueza de la ictiofauna no parece corresponderse con las características fisicoquímicas del agua ni con el valor del índice IBMWP' obtenidos en el estudio, por lo que se demuestra la necesidad del desarrollo de índices integrados en el que se tengan en cuenta, entre otros, los diferentes aspectos biológicos de los ecosistemas acuáticos.

En resumen, el alto grado de degradación que presentan estos tramos de El Alto Cigüela, deducido por su aspecto y por los valores obtenidos en este estudio, hace que, a la hora de elaborar el estudio de impacto ambiental y el Programa de Vigilancia de un proyecto como pueda ser la construcción de un gasoducto, pase desapercibido su interés para la conservación y que se reduzcan las medidas preventivas y correctoras de los impactos. Cualquier interpretación que se haga sin tener en cuenta aspectos sobre la ictiofauna, como la riqueza en especies, llevaría a una conclusión errónea sobre la calidad, el estado de conservación de estos ríos y como consecuencia, sobre el modo de operar en el desarrollo del proyecto de construcción del gasoducto. Pero para poder valorar correctamente el estado de conservación de la ictiofauna es necesario estudiar diferentes aspectos: zoogeográficos, de comunidades, poblacionales, etc Se demuestra una vez más la necesidad para la conservación, del desarrollo y de la aplicación de índices integrados, los cuales hoy en día no están concretados en la legislación ambiental de la Unión Europea.

## **CONCLUSIONES: RESOLUCIÓN DE OBJETIVOS**

### ***OBJETIVO 1: EVALUAR LOS EFECTOS DE ESTAS OBRAS SOBRE EL RÍO CIGÜELA Y SU AFLUENTE EL VALDEPINEDA Y APROXIMARNOS AL CONOCIMIENTO DEL IMPACTO SOBRE LOS CURSOS HÍDRICOS PERMANENTES Y VADEABLES.***

En los apartados anteriores se han evaluado los posibles efectos de las fases de obras de la construcción del gasoducto en la fisicoquímica de las aguas, en la movilización y deposición de sedimentos, en los macroinvertebrados y en la ictiofauna de los dos ríos.

Respecto a la fisicoquímica de las aguas no parece haber afección alguna de las obras porque no se han encontrado diferencias entre AZ-DZ y AR-DR. Cabe destacar el elevado valor de sólidos en suspensión que se encuentran en ambos ríos, en particular en el Valdepineda.

En cuanto a la movilización y deposición de sedimentos, se produce un aumento de la cantidad de sedimentos de todos los tamaños entre AZ y DZ, especialmente los de tamaño menor, en las estaciones A1B, A2 y A5 del río Valdepineda (especialmente en A1B y A2, las más próximas aguas arriba y aguas abajo al punto de cruce), y un aumento de la cantidad de sedimentos de tamaño medio y menor, especialmente los de tamaño menor, en las estaciones E1A y E2 (especialmente en E2, la estación más próxima aguas abajo al punto de cruce) del río Cigüela. Estos resultados quedan explicados sólo en parte por el seguimiento de movilización de sedimentos realizado en la segunda fase de la obra. Entre AR y DR, en el río Valdepineda se produce un ligero aumento en la cantidad de sedimentos en las estaciones A1A, A3 y A5. En el río Cigüela se observa un aumento en la cantidad de sedimentos de los tres tamaños, principalmente los de tamaño menor, en las estaciones aguas arriba del punto de cruce (E1A y E1B). Aguas abajo del punto de cruce se observa un ligero aumento en la cantidad de

sedimentos en E4, pero destaca el aumento de sedimentos de tamaño menor en la estación E2. En la estación E7 se produce un aumento de los sedimentos de tamaño menor. Con cautela se puede pensar que las variaciones producidas en las estaciones más próximas a los puntos de cruce entre AZ-DZ y AR-DR, tanto aguas arriba como aguas abajo, pueden ser debidas a las obras. Esa afección sería mayor, en ambos ríos, en la segunda fase de la obra, la apertura de zanja y puesta de la tubería del gasoducto, que en la tercera fase, la rehabilitación. La afección en la rehabilitación se produce en el río Cigüela y no en el Valdepineda.

Es necesario resaltar, en cuanto a la afección al medio biótico estudiado es muy probable que las comunidades florísticas y faunísticas que lo habitan estén adaptadas a estos cambios, ya que aunque el gasoducto cruza los dos ríos en su tramo alto, se ha de considerar que ambos discurren por una zona muy antropizada donde se desarrollan unas prácticas agrícolas que aumentan la erosión y la carga de sólidos en suspensión en la columna de agua. Debido a su baja pendiente, se produce un aumento en la deposición de sedimentos en el sustrato.

Con relación a los macroinvertebrados y al índice BMWP', si se supone que las disminuciones en los valores de la riqueza del número de *taxa* y del índice BMWP' son debidas a las obras, el río Cigüela sería el más impactado por las mismas, aunque este efecto no se aprecia en la estación E2-E3, la más próxima aguas abajo del punto de cruce del gasoducto con el río. Las disminuciones encontradas en los momentos S y A, hacen pensar en otros posibles factores como causantes de la afección. Por tanto, y con los resultados que se han obtenido no se puede concluir que exista una clara afección de la obra sobre los diferentes *taxa* de macrobentos y por ende, en el índice de calidad de las aguas BMWP'. Tampoco en otros estudios ha sido posible demostrar cambios en la estructura de las comunidades aguas abajo de la obra (Petersen et al., 1978; Kraft, 1981), aunque

sí se ha encontrado una reducción en la densidad del macrobentos (Kraft, 1981; Tsui y McCart, 1981; Anderson et al., 1998).

En cuanto a la ictiofauna, se observa un claro aumento de los ejemplares capturados después de haber sido retirada la pista de trabajo (entre AR y DR) y una diferencia significativa en su frecuencia de distribución, lo que sugiere que la obra está produciendo un efecto barrera que hay que tener en cuenta a la hora de planificar el trabajo y de diseñar las estructuras de drenaje (vainas), de forma que no se obstaculice el acceso de la ictiofauna al tramo superior del río. El alto grado de degradación que presentan estos tramos de El Alto Cigüela, deducido por su aspecto y por los valores obtenidos en este estudio, hace que, a la hora de elaborar el estudio de impacto ambiental y el Programa de Vigilancia de un proyecto como pueda ser la construcción de un gasoducto, pase desapercibido su interés para la conservación y que se reduzcan las medidas preventivas y correctoras de los impactos. Cualquier interpretación que se haga sin tener en cuenta aspectos sobre la ictiofauna, como la riqueza en especies, llevaría a una conclusión errónea sobre la calidad, el estado de conservación de estos ríos y como consecuencia, sobre el modo de operar en el desarrollo del proyecto de construcción del gasoducto. Pero para poder valorar correctamente el estado de conservación de la ictiofauna es necesario estudiar diferentes aspectos: zoogeográficos, de comunidades, poblacionales, etc Se demuestra una vez más la necesidad para la conservación, del desarrollo y de la aplicación de índices integrados, los cuales hoy en día no están concretados en la legislación ambiental de la Unión Europea.

**OBJETIVO 2: PROPONER UNA SERIE DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS QUE MINIMICEN ESTOS IMPACTOS A PARTIR DE LOS CONOCIMIENTOS OBTENIDOS A LO LARGO DEL ESTUDIO.**

**Medidas minimizadoras del impacto en fase de diseño del proyecto:**

- Los cruces con ríos vadeables que ejerzan un impacto sobre alguno de los componentes del medio como severo, se realizarán mediante perforación dirigida.
- El diseño del trazado se realizará de forma que evite un cruce donde se afecte a hábitats de protección de la Directiva 92/43/CEE, vegetación de ribera, frezaderos, etc. En caso de que el cruce se realice mediante perforación dirigida, el diseño del emplazamiento de las campas de trabajo no afectará a la vegetación de ribera ni a los hábitats de interés comunitario y minimizará el impacto sobre la vegetación natural.
- El diseño de la traza se realizará de modo que la dirección de los cruces sea perpendicular al cauce, buscando el máximo paralelismo con otras infraestructuras como puentes en caso de que existan.

**Medidas minimizadoras del impacto sobre la vegetación asociada a los cursos hídricos:**

- En el cruce de los ríos con presencia de vegetación de ribera o hábitats de interés comunitario, la pista de trabajo deberá permanecer señalizada por ambos lados, con estacas y cintas de plástico, durante todo el período de ejecución del proyecto y no se realizará ninguna actuación fuera de ella, como la creación de áreas auxiliares para los acopios de tierra, el almacenamiento del material de obra, y el movimiento y actuación de la

maquinaria. En estos tramos, se realizará una pista de trabajo restringida.

- Inventario y cartografiado detallado de la vegetación afectada por la obra del gasoducto en las zonas con presencia de hábitats de interés comunitario, vegetación de ribera y campos de trabajo, en caso de que se realice perforación dirigida. En este inventario se señalará el número, diámetro y especies de árboles afectados. Este inventario y cartografía será la base para la restauración y revegetación de dichas zonas.
- La ubicación de la maquinaria y demás equipamientos de obra se realizará minimizando la ocupación de terrenos y escogiendo aquellos de menor valor ambiental y que presenten menor riesgo de erosión, los cuales serán debidamente balizados. Se prohibirá expresamente la reparación o el cambio de aceite de la maquinaria en zonas que no estén expresamente destinadas a ello. La maquinaria que se utilice durante la ejecución de las obras será revisada con objeto de evitar pérdidas de lubricantes, combustibles, etc. En caso de que en zonas próximas a las obras no existiesen infraestructuras suficientes para la realización de estas operaciones se deberá habilitar un área específica para este fin, que estará acotada, dispondrá de suelo impermeabilizado y de un sistema de recogida de efluentes para evitar la contaminación del suelo o de las aguas.

**Medidas minimizadoras del impacto sobre la fauna acuática y la fauna relacionada con el medio acuático:**

- En el estudio de impacto ambiental, deberá determinarse la comunidad piscícola presente y la comunidad de otro tipo de fauna asociada a los cursos hídricos, y un estudio para determinar la aptitud del tramo para albergar zonas de reproducción, alevinaje y/o estabulación de adultos.

- Antes del inicio de las obras se hace recomendable, mediante consultas bibliográficas y actuaciones sobre el terreno si se requiere, la comprobación del inventario de especies protegidas susceptibles de ser afectadas por la obra según el estudio de impacto ambiental y con la finalidad de detectar lugares de interés para la fauna (frezaderos, hábitats, etc...), informando. Se tomarán las medidas necesarias como determinados desvíos del trazado y actualización de la periodificación de las obras
- En el caso de presencia de ictiofauna u otra fauna acuática de interés recogida en el estudio de impacto ambiental o detectada en los recorridos de campo realizados previo al comienzo de la obra, se periodificará la obra con la finalidad de no impactar durante los períodos críticos como la época de reproducción y/o migración.
- En ocasiones concretas, previamente a la realización de la obra, se retirarán los peces que puedan ser afectados directamente por los trabajos en el cauce. Este trabajo se efectuará mediante pesca eléctrica. Para ello se designará un tramo suficiente tanto aguas arriba como aguas abajo. Los ejemplares se trasladarán a un lugar situado fuera del ámbito de actuación, preferentemente aguas arriba.
- Para evitar que los animales puedan quedar atrapados en las tuberías durante la fase de construcción los extremos libres serán cerrados herméticamente al final de cada jornada. Se revisará la zanja todas las mañanas en previsión de encontrar individuos atrapados.

**Medidas minimizadoras del impacto sobre el cauce y calidad de las aguas:**

- El cruce se realizará en el menor tiempo posible y en el período de máximo estiaje teniendo en cuenta para la realización de las obras, para el

establecimiento de medidas correctoras y para la restauración, que dependiendo de la meteorología de la zona, en ese período pueden producirse fuertes avenidas estivales. Se intentará realizar de una sola vez, para lo que se procurará escoger un período con estabilidad atmosférica.

- Los taludes de los cursos de agua se protegerán con sistemas de retención de sólidos (mallas metálicas o materiales plásticos), durante los trabajos de movimientos de tierras que se realicen en sus inmediaciones.
- No se ocupará, ni temporal ni permanentemente, ningún curso de agua superficial (lecho del arroyo y márgenes), ni orillas durante la construcción, con depósitos del material de excavación de la zanja ni con cualquier tipo de material o deshecho, excepto el necesario para la instalación de las protecciones rígidas y/o flexibles para evitar la erosión de las márgenes.
- Se garantizará en todo momento el flujo de caudales y el continuo de la lámina de agua, de manera que se afecte, en menor medida, el ecosistema acuático.
- Las zonas de acopio de tierra vegetal, los caminos de acceso, el estacionamiento y la circulación de maquinaria y vehículos y las tareas de relleno de combustible se situarán al menos a 40 metros de la orilla siempre que las condiciones topográficas lo permitan, para reducir la pérdida de vegetación riparia y las probabilidades de erosión y desmontes.
- Se deberá justificar la necesidad de construir una pista de trabajo en los puntos de cruces con los cursos hídricos, debido a la ausencia de infraestructuras viarias adecuadas y/o valores ambientales de interés, precisando el momento de su instalación, su periodo de permanencia, el análisis de los impactos que esta pista genera, a lo largo de la obra, sobre la

fauna y la flora acuática y riparia. Se garantizará el mantenimiento del continuo de la superficie de la lámina de agua y se diseñarán las vainas de modo que no se altere la velocidad de la corriente.

- Se deberá entregar un informe que describa las características de las pruebas hidráulicas que se prevén realizar, al menos con un mes de antelación respecto al inicio de esta actividad. Este informe analizará, entre otros, los puntos previstos de toma y vertido de agua, los caudales y volúmenes movilizados, la presión de bombeo, el tiempo de duración de las pruebas y el caudal ecológico de las cuencas afectadas. Se deberá respetar en todo momento dicho caudal ecológico y se deberá realizar un análisis de la calidad del agua vertida durante la realización de estas pruebas.

**Medidas para incluir en el programa de vigilancia:**

- Es necesaria la presencia de un técnico ambiental competente durante el desarrollo de las obras en los cruces con los cursos hídricos.
- El programa de vigilancia, durante la fase de construcción del gasoducto, contemplará: el control de la erosión, en particular el control de la estabilidad de márgenes de los cursos hídricos, el control de la vegetación de ribera, el suelo y la fauna acuática, el control de las afecciones sobre los cursos hídricos en los puntos de cruce y aguas abajo de los mismos en el caso de los cruces subálveos; la información a los trabajadores de las normas y recomendación para el manejo responsable de materiales y sustancias potencialmente contaminadoras y del uso adecuado de la maquinaria para no afectar al suelo y a la vegetación ni a los cursos hídricos. Antes de la finalización de la obra se efectuará una revisión completa y exhaustiva del trazado, llevando a cabo las medidas adecuadas para la corrección de los impactos residuales, comprobando la ejecución del programa de

restauración ambiental.

- Una vez finalizadas las obras y durante la explotación del gasoducto: se comprobará el cumplimiento de las medidas de restauración; se realizarán observaciones visuales, para comparar con anterioridad y posterioridad al periodo más intenso de precipitaciones, todas las superficies de las que se haya retirado la cobertura vegetal en algún momento durante las obras. Se observará la formación de cárcavas por socavamiento del terreno, la erosión de las márgenes de los cursos hídricos, de taludes y de laderas, los desprendimientos o deslizamientos del terreno y la profundidad de la capa vegetal presente. Se efectuará un seguimiento de las afecciones derivadas de las obras en los puntos de cruce y aguas abajo de los mismos, especificando los efectos sobre la vegetación riparia y la fauna acuática; esta evaluación se efectuará con periodicidad semestral coincidiendo con los periodos de máximo y mínimo estiaje. Se deberá hacer un seguimiento de la revegetación natural, para ello se elaborará un programa de vigilancia específico que evalúe el grado de recuperación con los indicadores adecuados y que prevea acciones necesarias como la creación de un vivero de especies autóctonas para revegetación en caso de que la recuperación no se produzca con éxito.

**Medidas para incluir en el proyecto de restauración:**

- En la vega de los ríos, y para evitar encharcamientos, se deberá realizar una restauración detallada de la orografía del terreno.
- En todos los cruces con ríos y arroyos inmediatamente después del desmantelamiento de la pista de trabajo, se restaurará la morfología original de márgenes, orillas y cauces, tanto en su perfil transversal como en el longitudinal, garantizando la estabilidad de sus márgenes, evitándose la

consolidación de las orillas mediante muros, escolleras hormigonadas (en su caso, de ser imprescindibles, serán con tierra en las juntas y posteriormente revegetadas) u otro tipo de estructuras similares. Además se restaurará a su condición original el sustrato y los hábitats del lecho de los arroyos afectados por la zanja, diversificando los ambientes intentando reconstruir el estado original de la manera más fiel posible.

- En los cruces donde se realice pista de trabajo, la restauración de márgenes y orillas se realizará inmediatamente después del desmantelamiento de la pista.
- En el caso de que se realicen desdoblamiento de gasoductos y el cruce se realice por márgenes ya alteradas, se podrán sustituir los muros de hormigón, en el caso de existir, por escolleras secas tendidas.
- Se restaurará la cubierta vegetal existente conforme a su condición original siempre que sea compatible con la zona de servidumbre permanente del gasoducto. La revegetación se realizará, inmediatamente después de la obra, en el período de siembra y/o plantación más idóneo para cada especie. Para ello se efectuarán siembras y plantaciones con especies autóctonas similares a las existentes en cada una de las áreas afectadas, basándose en el inventario y cartografía de vegetación afectada señalado anteriormente.
- La composición florística de las especies con las que se revegetarán los hábitats de interés comunitario, bien se ajustará al máximo a la presente antes de la realización de las obras, bien favorecerá la implantación de las especies que constituyen dichos hábitats.
- Se señalarán los cuidados que se llevarán a cabo y se propondrán los indicadores adecuados para el seguimiento del éxito de la revegetación. En

los tramos en los que no se realizarán revegetaciones por la falta de disponibilidad de especies en los proveedores, como en el caso de alguno de los hábitats comunitarios antes mencionados, se propondrán los indicadores adecuados para el seguimiento con éxito de la revegetación natural del hábitat.

- En caso de que se afecte a ejemplares de flora protegida, se detallarán las zonas donde se transplantarán los ejemplares, señalando todos los cuidados que se llevarán a cabo y proponiendo los indicadores adecuados para el seguimiento del éxito del transplante. Para el resto de especies protegidas se hará lo mismo, justificando en caso contrario la imposibilidad o inviabilidad de realizar el transplante.
- Durante los dos primeros años se verificará la correcta aplicación y desarrollo de la revegetación, procediendo a la reposición de marras.
- En el caso de que existan frezaderos afectados se realizarán las medidas correctoras en orden a reconstruirlos. Si finalmente la afección fuera irreversible, se tomarán las medidas complementarias necesarias para paliar la pérdida causada.

**OBJETIVO 3: IDENTIFICAR LA INFORMACIÓN QUE ES NECESARIA RECOGER EN LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL ACERCA DE ESTOS TIPOS DE ECOSISTEMAS, E IDENTIFICAR LOS INDICADORES AMBIENTALES ADECUADOS QUE PERMITAN APLICAR UNA METODOLOGÍA SENCILLA AL DESARROLLO DE LOS PLANES DE SEGUIMIENTO DE LAS MEDIDAS MINIMIZANTES EN ESTE TIPO DE PROYECTOS.**

La resolución de este objetivo conduce a una serie de directrices que permiten llevar a cabo una evaluación de los efectos que produce el cruce de los gasoductos sobre los cursos hídricos, dentro de la fase de elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental incluida en el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Para desarrollar este objetivo se presenta a continuación unas pautas a seguir, que incluyen el examen de las alternativas de cruce técnica y ambientalmente viables y la justificación de la solución adoptada, la

caracterización ambiental de los cauces hídricos afectados mediante una metodología concreta, la selección de la tecnología de cruce idónea, la elaboración de un programa de restauración ambiental, y la identificación de indicadores ambientales adecuados para el correcto seguimiento de las medidas correctoras dentro del programa de vigilancia ambiental.

**1.- Selección de alternativas**

Se examinarán y evaluarán todas las alternativas propuestas, seleccionando el pasillo ambientalmente más favorable, valorando y justificando la idoneidad del trazado seleccionado mediante el análisis de las características ambientales afectadas por el proyecto. Esta información se recopilará en los Órganos Ambientales Competentes de las Comunidades Autónomas, Confederaciones Hidrográficas, Centros de Investigación, Asociaciones Ecologistas y en general en todas aquellas entidades donde se disponga de información actualizada.

## **2.- Caracterización ambiental**

Seleccionado el pasillo, en primer lugar será necesario realizar una clasificación y un esquema en planta del ecosistema fluvial. Para lo primero se pueden emplear diferentes clasificaciones, pero al menos ha de constar una en la que se indique el número de orden del curso hídrico (Strahler, 1984), otra en la que se indique si el tramo es salmonícola o ciprinícola (según lo indicado en la Confederación Hidrográfica pertinente), y otra en la que se resalte el carácter permanente, temporal o efímero del curso hídrico (FISRWG, 1998), indicando la frecuencia y duración de los caudales. Se entiende por efímeros aquellos ecosistemas lóticos que fluyen inmediatamente después de períodos de precipitación, generalmente menos de 30 días año; se entiende por temporales aquellos ecosistemas lóticos que fluyen durante ciertos períodos del año, suele ser un flujo estacional mayor de 30 días al año; y se entiende por permanentes, aquellos ecosistemas lóticos que fluyen continuamente.

Una vez conocida la temporalidad del caudal, se deberá aportar y analizar la siguiente información para cada uno de los ecosistemas fluviales afectados, indicando en todo momento la metodología empleada:

### **2.1.- Ecosistemas fluviales vadeables**

**2.1.1.- Morfología fluvial**, características del cauce (según artículo 4 de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, modificada por la Ley 46/1999, de 13 de diciembre), entendiéndose como tal el canal y la llanura de inundación.

- Perfil transversal en el punto de cruce.
- Perfil longitudinal del canal del cauce 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo del punto de cruce.
- Estabilidad de márgenes y riberas; en ambas orillas y en una longitud comprendida, al menos, entre 50 metros aguas arriba del punto de cruce y 100 metros aguas abajo del punto de cruce.
- Fotografía aérea a escala adecuada, que permita apreciar con suficiente nivel de detalle el trazado en planta del cruce, incluyendo el canal y la llanura de inundación.

- Descripción del sustrato del lecho del río y su distribución, en una longitud comprendida, al menos, entre 50 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del punto de cruce, haciendo especial hincapié en el área del lecho afectada directamente por la zanja y por la pista de trabajo.

#### **2.1.2.- Características de las comunidades biológicas**

- Vegetación riparia, en ambas orillas y en una longitud comprendida, al menos, entre 50 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del punto de cruce haciendo hincapié en el área afectada directamente por la zanja y por la pista de trabajo. Se indicarán comunidades vegetales, especies, cobertura y estado de conservación, destacando las especies con categoría de amenaza según la legislación estatal y autonómica y las que formen parte de los hábitats de la Directiva 92/43/CEE. Se indicará el número de pies de cada especie arbórea que se estime que se verán afectados por la obra.

- Helófitos y macrófitos acuáticos, en una longitud comprendida, al menos, entre 50 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del punto de cruce. Se indicará especies y cobertura, destacando aquellas con categoría de amenaza según la legislación estatal y autonómica y las que formen parte de los hábitats de la Directiva 92/43/CEE.

- Inventario de la fauna acuática y de la asociada a estos ecosistemas, invertebrados, peces, reptiles, anfibios, aves y mamíferos, haciendo especial hincapié en la fauna catalogada con alguna categoría de amenaza o endémica. Estos datos deberán ser recopilados con la información disponible.

- En los ecosistemas fluviales con caudal permanente se estudiará la fauna ictiológica mediante un muestreo cuantitativo en un tramo del río, que comprenda como mínimo 50 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del punto de cruce.

- En los ecosistemas fluviales con caudal permanente se estudiará el macrobentos mediante recogida de muestras en todos los hábitats

representados entre 50 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del punto de cruce, aplicando finalmente el índice BMWP'(Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1988).

### **2.1.3.- Funciones y dinámica de los ecosistemas**

Se describirán los hábitats (pozas, rápidos, troncos, etc) y se aportará un croquis en una longitud comprendida, al menos, entre 50 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del punto de cruce. Esta descripción debe ser más detallada en el punto de cruce.

### **2.1.4.- Estudio de caudales**

En ecosistemas fluviales con caudal permanente hará falta conocer el caudal medio interanual y caudal de estiaje aportando un diagrama de renovación de caudales.

**2.1.5.- Características físicoquímicas y determinación del estado trófico del ecosistema fluvial en la zona más próxima al punto de cruce.**

Los parámetros mínimos a analizar serán los siguientes: temperatura (°C), pH, conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l), oxígeno disuelto (% saturación), nitrito (mg/l), nitrato (mg/l), ortofosfato (mg/l), turbidez, características organolépticas, aceites, depósitos, etc.

### **2.2.- Ecosistemas fluviales con caudal permanente que no sean vadeables.**

En este caso hará falta la misma información que en los puntos anteriores, en algunos casos adaptando la metodología o recopilando información en los Órganos Ambientales Competentes de las Comunidades Autónomas, Confederaciones Hidrográficas, Centros de Investigación, Asociaciones Ecologistas y en general en todas aquellas entidades donde se disponga de información actualizada.

**2.3.- Resto de ecosistemas acuáticos** (fuentes, turberas, etc). Se adaptará la metodología propuesta anteriormente para conseguir la máxima información posible. El paso por estas zonas se realizará solamente en caso de que los valores ambientales de las restantes alternativas de trazado sean más elevados.

## **2.4.- Ecosistemas acuáticos en espacios protegidos de la Red Natura 2000.**

- Identificación del LIC y/o ZEPA: Nombre, Código, Tipo, Región Biogeográfica, Área y Localización, Cronología.
- Cualidades del LIC: Características, Calidad, Vulnerabilidad, Designación.
- Tipos de Hábitat: % de cobertura, representatividad, superficie relativa, conservación y valoración global.
- Especies de Flora y Fauna: si figura en el anexo II de la Directiva 92/43/CE, el código taxonómico, información de población, conservación de la especie, valor global de la especie.
- Mamíferos, aves, peces, anfibios y reptiles, invertebrados y plantas.

**Si como resultado del análisis de los puntos anteriores (2.1-2.4) se detectase algún impacto residual severo o crítico sobre el medio tanto en la fase de construcción como de explotación, se deberá proponer una**

## **3.- Descripción técnica del proyecto.**

**3.1.-** Una vez obtenida esta información y en función de los valores ambientales de cada uno de los ecosistemas fluviales afectados, se propondrá la metodología de cruce más adecuada, evaluando el impacto de la misma. Se deberá analizar, proponer y justificar la metodología constructiva más idónea para atravesar dichos cursos. Si la tecnología propuesta es la de cruce subálveo, se deberán detallar técnicamente cada una de las distintas fases constructivas, analizando los impactos que las obras generan en cada una de ellas y destacando el período del año en que se prevén realizar dichas obras y su duración estimada. En caso de que se considere más adecuada la aplicación a la técnica de perforación dirigida se deberá evaluar la afección a la vegetación de ribera.

**3.2.-** La periodificación de las obras se realizará en función de los datos de caudales y de la etología de la fauna acuática de interés.

**3.3.-** Se evaluará la instalación de una pista de trabajo en cada uno de los puntos de cruce hídricos. Se justificará su instalación debido a la ausencia de infraestructuras viarias adecuadas y/o valores ambientales de interés. Se precisará el momento de su instalación, su periodo de permanencia, el análisis de los impactos que esta pista genera a lo largo de la obra, y garantizando el mantenimiento del continuo de la superficie de la lámina de agua.

#### **4.- Restauración Ambiental.**

Deberá entregarse un proyecto de restauración ambiental que recoja cada uno de los ecosistemas fluviales afectados por el trazado. Este proyecto deberá prever su cronograma y financiación, y abarcará, como mínimo la restauración edáfica y geomorfológica y la revegetación.

#### **5.- Programa de Vigilancia.**

En el Programa de Vigilancia Ambiental se seleccionarán los indicadores de entre los propuestos en la caracterización del punto 2. Además, se establecerá la frecuencia de los muestreos, y determinará los lugares de muestreo o áreas de estudio. Así mismo, se analizará la viabilidad del plan y presentará un presupuesto y medidas de financiación.

El estudio de caudales al que se hace referencia en el apartado 2.1.4 deberá servir como base para estimar las características de las pruebas hidráulicas que se prevén realizar. Se analizarán, entre otros, los puntos previstos de toma y vertido de agua, los caudales y volúmenes movilizados, la presión de bombeo, el tiempo de duración de las pruebas y el caudal ecológico (García de Jalón & González del Tanago, 2000) de las cuencas afectadas, respetando en todo momento dicho caudal.

## BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, P., C. FRAIKIN & T. CHANDLER. 1998. Natural gas pipeline crossing of a coldwater stream: Impacts and Recovery. *Proceedings of the International Pipeline Conference*. Calgary. Alberta.

ANDERSON, P., B. TAYLOR & G. BALCH. 1996. Quantifying the effects of sediment release on fish and their habitats. *Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2346.

ALBA-TERCEDOR, J. y A. SÁNCHEZ-ORTEGA. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56.

Autodesk, Inc (2005). AUTOCAD for Windows [Computer program manual]. WEB: <http://www.autodesk.com>

BARTON, B. 1977. Short-term effects of highway construction on the limnology of a small stream in southern Ontario. *Fresh. Biol.*, 1977(7): 99-108.

CATALÁN LA FUENTE, J. 1981. *Química del agua*. Talleres Gráficos Alonso, S.A., Madrid.

CORDONE, A. & D. KELLEY. 1961. The influences of inorganic sediment on the aquatic sediment on the aquatic life of streams. *California Fish and Game*, 47: 189-228.

CHUTTER, F. 1969. The effects of silt and sand on the invertebrate fauna of streams and rivers. *Hydrobiologia*, 34: 57-76.

- DOADRIO, I (ed.) 2001. *Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GARCÍA DE JALÓN, D Y GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M. 2000. El concepto de caudal ecológico y criterios para su aplicación en los ríos españoles. *III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*, Sevilla, 13-17 noviembre <<http://www.us.es/ciberico/3garciajalon.pdf>> (28 de mayo de 2002).
- FISRWG, 1998. *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices*. Federal Interagency Stream Restoration Working Group. GPO Item No. 0120-A; Su Docs N°. A 57.6/2: EN 3/PT.
- KELLY, M.G. & WHITTON, B.A. 1998. Biological monitoring of eutrophication in rivers. *Hydrobiologia*, 384: 55-67.
- KRAFT, L. 1981. *Aquatic systems investigations in relation to the Alaska Highway gas pipeline crossings of the Bow and Red Deer Rivers, Alberta, 1980*. Vol. 1. Report prepared by Environmental Management Associates.
- LOBÓN-CERVIÁ, J. 1991. *Dinámica de poblaciones de peces en ríos. Pesca eléctrica y métodos de capturas sucesivas en la estima de abundancias*. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.
- MCKINNON, G. & F.N. HNYTKA. 1988. The effect of winter pipeline construction on the fishes and fish habitat of Hodgson Creek, NWT. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1598.

- NEWCOMBE C. & J. JENSEN. 1996. Channel suspended sediment and fisheries: a synthesis for quantitative assessment of risk and impact. *North American Journal of Fisheries Management*, 16: 693-727.
- NEWCOMBE, C. & D. MACDONALD. 1991. Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems. *North American Journal of Fisheries Management*, 11: 72-82.
- PETERSEN, G., G. SMITH & L. BODNARUK. 1978. *Some short term effects of experimental trenching on two streams in the Caribou River Drainage, Manitoba, 1977*. Polar Gas Project.
- PETTS, G. & I. FOSTER. 1985. *Rivers and Landscape*. Edward Arnold (Ed.). London.
- REID, S.M. & P.G. ANDERSON. 1999. Effects of sediment released during open-cut pipeline water crossings. *Canadian Water Resources Journal* 24(3): 235-261.
- StatSoft, Inc. 1995. STATISTICA for Windows [Computer program manual]. WEB: <http://www.statsoft.com>.
- STRAHLER, A. N. 1984. *Geografía Física*. Ediciones Omega, S. A., Barcelona.
- TSUI, P. & P. MCCART. 1981. Effects of stream crossing by a pipeline on the benthic macroinvertebrate communities of a small mountain stream. *Hydrobiologia*, 79: 271-276.

## **LEGISLACIÓN CITADA**

- Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, modificada por la Ley 46/1999, de 13 de diciembre, derogada excepto la disposición adicional primera, por la disposición derogatoria única del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (BOE 189, de 8 de Agosto de 1985).
- Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en desarrollo de los Títulos II y III de la Ley de Aguas (BOE 209, de 31 de agosto de 1988).
- Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (DOCE. nº L206, de 22 de julio de 1992).
- Orden de 13 de agosto de 1999, por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo de los planes hidrológicos de las Cuencas del Guadiana I y Guadiana II, aprobados por Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio, por el que se aprueban los Planes Hidrológicos de cuenca (BOE 222, de 16 de septiembre de 1999).
- Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental (BOE 111, de 9 de mayo de 2001).

# **ANEXO I:**

## **ASISTENCIA TÉCNICA EN EL SEGUIMIENTO DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE LOS IMPACTOS DE LOS GASODUCTOS EN CRUCE CON LOS CURSOS HÍDRICOS.**

### **PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL**

**(ENERO 2002)**

***ELABORADO POR CIMERA ESTUDIOS APLICADOS, S.L.***

## **ANEXO II:**

# **ASISTENCIA TÉCNICA EN EL SEGUIMIENTO DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DE LOS IMPACTOS DE LOS GASODUCTOS EN CRUCE CON LOS CURSOS HÍDRICOS.**

## **PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL II**

**(SEPTIEMBRE 2002)**

***ELABORADO POR CIMERA ESTUDIOS APLICADOS, S.L.***

## **ANEXO III:**

# **ASISTENCIA TÉCNICA EN LA CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA EN LOS RÍOS CIGÜELA Y VALDEPINEDA (CUENCA). SEGUIMIENTO DE LA RESTITUCIÓN DEL LECHO.**

## **PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL III**

**(NOVIEMBRE 2003)**

***ELABORADO POR CIMERA ESTUDIOS APLICADOS, S.L.***

## **ANEXO IV:**

# **LA IMPORTANCIA DE LA UTILIZACIÓN DE ÍNDICES INTEGRADOS PARA LA CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA FLUVIAL Y DE LA ICTIOFAUNA DEL ALTO CIGÜELA.**

**AEMS-RÍOS CON VIDA. 72, 27-41**

## **ANEXO V:**

# **DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS GASODUCTOS EN EL CRUCE CON CURSOS HÍDRICOS.**

***LIMNETICA 23 (3-4): 347-360***