

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



TESIS DOCTORAL

**Consecuencias de una explotación minera de Zn y Pb(Mina  
Troya, Guipúzcoa)...**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR

**María José Marqués Pérez**

DIRECTOR:

**Esperanza Martínez-Conde**

Madrid, 2015



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE



5310030875

17/11/18  
con

Departamento Interuniversitario de Ecología  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Universidad Complutense de Madrid

**CONSECUENCIAS DE UNA EXPLOTACIÓN MINERA DE Zn y Pb  
(MINA TROYA, GUIPÚZCOA) SOBRE LA TAXOCENOSIS DE  
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LOS SISTEMAS  
ACUÁTICOS ADYACENTES**

Memoria presentada para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas por la  
Universidad Complutense de Madrid por Dña. María José Marqués Pérez.

VºBº

Dra. Dña. Esperanza Martínez-Conde  
Tutora y Directora de la Tesis

La interesada

Mª José Marqués Pérez



R. 26.965

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
DEPARTAMENTO INTERUNIVERSITARIO DE ECOLOGÍA

CONSECUENCIAS DE UNA EXPLOTACIÓN MINERA DE Zn y Pb  
(MINA TROYA, GUIPÚZCOA)  
SOBRE LA TAXOCENOSIS DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÓNICOS EN LOS SISTEMAS ACUÁTICOS ADYACENTES.

por  
MARÍA JOSÉ MARQUÉS PÉREZ

Madrid, Diciembre de 1997

## AGRADECIMIENTOS

*Este trabajo ha sido posible en primer lugar gracias a la posibilidad que se me ha brindado en el Departamento de Ecología de esta Facultad para llevar a cabo mis estudios de tercer ciclo, principalmente en la persona de la Dra. Da. Esperanza Martínez-Conde, que aceptó ser mi Tutora y permitió que participase en los trabajos de investigación que estaba desarrollando. Igualmente agradezco la oportunidad que me dió en su día para comenzar esta Tesis Doctoral, que ha ido desarrollándose todo este tiempo bajo su tutela y ayuda en todos los campos: bibliográfico, de campo, de laboratorio, etc. y que al final ha adquirido una forma coherente gracias al tiempo que me ha dedicado. Igualmente tengo que agradecer al Dr. D. José Vicente Rovira, miembro de este Departamento y participante del mismo equipo de investigación, que ha estado presente en todos los momentos del trabajo y a quien igualmente siempre he podido recurrir.*

*Estimo especialmente la ayuda del Dr. D. J. Ignacio Elorrieta, que nos acompañó en un primer viaje de reconocimiento de la zona y discutió con nosotros la problemática planteada. Igualmente agradezco al Dr. D. Salvador Ordoñez que nos brindase sus conocimientos y su visión para interpretar muchas consecuencias de la explotación.*

*La toma de contacto con esta temática se debió a la preocupación del Gobierno Vasco en la persona de Dña. M<sup>a</sup>. Luisa Fuentes, Directora de Industria y Energía, que encargó un diagnóstico de la zona a la Directora de esta Tesis, gracias a cuya financiación se realizó parte del trabajo.*

*Algunos compañeros y amigos, colaboradores de este Departamento también han participado en alguna fase de este trabajo, desde muestreos hasta la identificación de organismos, por eso quiero dar especialmente las gracias a César Bauer, a Luis Haro y a José García; también agradezco la ayuda de otros compañeros del laboratorio que siempre se han prestado de buen grado a ayudarme en lo que pudiera necesitar, como Leila Ramos.*

*En la determinación de macroinvertebrados bentónicos he recibido una inapreciable ayuda para certificar algunas Familias dudosas e identificar Géneros, sobre todo del Dr. D. Oscar Soriano, que llevó a cabo la identificación de los quironómidos, lo que suponía un tercio de los doce mil individuos recogidos.*

*He tenido la suerte de contar también con la ayuda de otros especialistas de distintos grupos a los que agradezco su disposición y rapidez: Arturo Baz (F. Biología U. Alcalá de Henares de Madrid) (me ayudó con los odonatos), gracias a cuya información pude iniciar esta pequeña cadena de especialistas. Javier Lucientes (Ud. Parasitología, F. Veterinaria de Zaragoza (psicódicos)), Ángeles Vázquez y Tomás López (F. Biología, U. Complutense de Madrid (heterópteros)). Eulalia Eiroa e Isabel (E. Politécnica Sup., U. Santiago de Compostela (limónidos y tipúlidos)). Marcos González (Dpto. Biología Animal, U. Santiago de Compostela (tricópteros)) y Antonino Sánchez (F. Biología Animal, U. León (coleópteros)).*

*Otros obstáculos de tipo financiero o de infraestructura han sido en parte solucionados gracias a la Subdirección de Investigaciones Agrarias (Consejería de Economía, C.A. Madrid), donde se me concedió una beca pre-doctoral sobre restauración de ríos degradados que me ha permitido simultanear ambos trabajos. También en los laboratorios de esta Subdirección a cargo de la Dra. Carmen Lobo pude realizar una parte de los análisis de metales pesados, lo cual agradezco sinceramente, pero también la cordialidad con la que siempre me han recibido; sin olvidar a Juan Alonso, a quien tantas veces he tenido que molestar para que me ayudase con los aparatos de medida. Igualmente hemos de agradecer el contraste de resultados con los laboratorios del I.G.M.E. de Tres Cantos.*

*No puedo dejar de mencionar que otras muchas personas no pertenecientes al mundo académico me han ayudado de muy diversas formas, a todos ellos, amigos y familiares doy las gracias por darme su apoyo, su tiempo y su paciencia.*

*Madrid, 15 de Noviembre de 1995.*

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Antecedentes y objeto del estudio</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 La mina Troya</b> .....	<b>7</b>
1.2.1 Rasgos geológicos .....	7
1.2.2 La explotación minera .....	12
1.2.3 Cambios geomorfológicos y paisajísticos .....	15
<b>1.3 Contaminación producida por la actividad minera.</b> .....	<b>24</b>
1.3.1 Cromo.....	27
1.3.2 Cadmio .....	28
1.3.3 Cobre.....	29
1.3.4 Hierro.....	30
1.3.5 Manganeso.....	31
1.3.6 Cinc .....	32
1.3.7 Plomo .....	32
1.3.8 Efectos sobre la estructura de los ecosistemas .....	34
<b>1.4 Zona de estudio</b> .....	<b>37</b>
1.4.2 Factores físico-químicos que afectan a los macroinvertebrados bentónicos.....	49
1.4.3 Características del bosque de ribera en la zona de estudio: .....	50
1.4.4 Perfil y dimensiones del cauce:.....	52
1.4.5 Características del lecho fluvial .....	55
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>59</b>
<b>2.1 Estaciones de muestreo</b> .....	<b>59</b>
<b>2.2 Parámetros ambientales</b> .....	<b>60</b>
2.2.1 Temperatura .....	60
2.2.2 pH .....	60
2.2.3 Conductividad .....	61
2.2.4 Oxígeno disuelto .....	61
2.2.5 Caudal.....	61
<b>2.3 Material biológico. Macroinvertebrados bentónicos.</b> .....	<b>62</b>
2.3.1 Muestreo .....	63
2.3.1.1 Dimensiones de unidad de muestreo : tamaño y forma.....	63
2.3.1.2 Frecuencia del muestreo.....	64
2.3.1.3 Nivel Taxonómico:.....	64
2.3.1.4 Número de muestras:.....	65
2.3.1.5 Variables elegidas: .....	65
2.3.2 Almacenamiento y conservación .....	68
2.3.3 Preparación del material .....	68
<b>2.4 Material no biológico.</b> .....	<b>69</b>
2.4.1 Muestreo: .....	69
2.4.2 Almacenamiento y conservación de muestras .....	70
2.4.3 Preparación de material .....	70
2.4.3.1 Agua: .....	70
2.4.3.2 Sedimento: .....	71
2.4.4 Control experimental.....	73
<b>2.5 Tratamientos estadísticos utilizados</b> .....	<b>74</b>
2.5.1 Análisis de varianza .....	75
2.5.2 Análisis de componentes principales.....	76
2.5.3 Análisis de correspondencias canónicas .....	76

<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>77</b>
<b>3.1 Caudal y velocidad de la corriente.</b> .....	<b>77</b>
<b>3.2 pH</b> .....	<b>80</b>
<b>3.3 Conductividad</b> .....	<b>81</b>
<b>3.4 Los Metales</b> .....	<b>83</b>
3.4.1 Control analítico.....	83
3.4.2 Tablas de medias y límites encontrados en cada metal en aguas. ....	86
3.4.2.1 Cinc : .....	86
3.4.2.2 Plomo : .....	87
3.4.2.3 Hierro : .....	88
3.4.2.4 Manganeseo : .....	89
3.4.2.5 Cobre : .....	90
3.4.2.6 Cadmio : .....	91
3.4.2.7 Cromo : .....	92
3.4.3 Tablas de medias y límites encontrados en cada metal en sedimentos .....	93
3.4.3.1 Cinc : .....	93
3.4.3.2 Plomo : .....	93
3.4.3.3 Hierro : .....	93
3.4.3.4 Manganeseo : .....	94
3.4.3.5 Cobre : .....	94
3.4.3.6 Cadmio : .....	94
3.4.3.7 Cromo : .....	95
3.4.4 Variaciones significativas de cada metal encontradas entre los puntos de muestreo elegidos .....	102
<b>3.5 Correlaciones encontradas entre las variables abióticas.</b> .....	<b>109</b>
<b>3.6 Cantidad de metal circulante por el sistema</b> .....	<b>112</b>
<b>3.7 Tratamientos estadísticos para valorar las relaciones entre las variables abióticas....</b>	<b>116</b>
3.7.1 Relación pH- porcentaje de fracción disuelta con respecto al total .....	117
3.7.2 Relación conductividad-porcentaje fracción disuelta con respecto al total.....	117
3.7.3 El incremento de concentración de metales.Análisis de componentes principales entre fracciones de metales .....	121
<b>3.8 Variables bióticas: Macroinvertebrados bentónicos.</b> .....	<b>126</b>
3.8.1 La densidad.....	135
3.8.1.1 Análisis de componentes principales. Variable: nº individuos por m <sup>2</sup> de cada Familia.....	137
3.8.2 Dominancia .....	144
3.8.3 Diversidad de Shannon.....	146
3.8.4 Riqueza de Familias .....	148
3.8.5 Regularidad.....	150
3.8.6 Coeficiente de Similitud .....	151
3.8.7 Géneros de organismos. ....	154
<b>3.9 Correlaciones entre variables abióticas y bióticas</b> .....	<b>159</b>
<b>3.10 Tratamientos estadísticos para valorar las relaciones entre las variables abióticas   y bióticas</b> .....	<b>161</b>

<b>4. DISCUSIÓN .....</b>	<b>164</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>172</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>176</b>
<b>7. APÉNDICES .....</b>	<b>194</b>
<b>7.1 Apéndice I : Relación de datos. Análisis de metales.....</b>	<b>195</b>
<b>7.2 Apéndice II. Relación de datos. Muestras de macroinvertebrados bentónicos.....</b>	<b>217</b>
<b>7.3 Apéndice III. Valores de concentraciones metálicas recomendables por las Administraciones Públicas para salvaguardar la fauna acuática.....</b>	<b>234</b>
<b>7.4 Apéndice IV. Cálculos del Índice de Similitud .....</b>	<b>236</b>



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 *Antecedentes y objeto del estudio*

Las consecuencias de las explotaciones mineras se conocen desde la antigüedad, pero de forma más profunda a partir del auge de la minería tras la revolución industrial, sirva como ejemplo el texto de Kelly, (1988) que describe la situación de una comarca minera al Norte de Inglaterra:

“... a principios de siglo, el área era la mayor productora de plomo del mundo; sin embargo, entrado este siglo, se encontraron otras fuentes de suministro y la comarca minera entró en declive. La zona es actualmente agraria, aunque ocasionalmente se han intentado reabrir algunas antiguas minas o se han utilizado antiguas escorias para extraer plomo en los momentos de alza en el mercado como materia prima ... El paisaje continúa tal como lo dejaron los mineros, con galerías abandonadas horadando las colinas, acumulaciones de escorias y estériles por doquier... El agua que ha percolado por los antiguos yacimientos recuperando sus antiguos niveles, llega a arroyos y ríos. Durante y después de las lluvias, el agua que circula por las escorias disuelve el plomo y el cinc y lo conduce en suspensión hacia los ríos; en la época seca, el viento extiende el polvo hacia las granjas vecinas, envenenando ocasionalmente el ganado, o lo lleva a arroyos y ríos. La memoria minera puede quedar en miles de tejados de iglesias o en la munición de plomo utilizada en la defensa de un imperio, pero su legado permanece allí donde lo dejaron. “

La minería es una de las actividades humanas con mayores consecuencias sobre el medio ambiente, pues implica la movilización de toneladas de material y la ruptura de ciclos biogeoquímicos de numerosos elementos que durarían miles de años en estado inalterado.

<i>Elemento</i>	<i>Tiempo de permanencia en el océano</i>
Cadmio	$1 \times 10^6$
Cinc	$2,1 \times 10^4$
Cobre	$2 \times 10^4$
Cromo	$6 \times 10^3$
Hierro	$2 \times 10^2$
Manganeso	$1 \times 10^4$
Plomo	$4 \times 10^2$

**Tabla 1-I. Tiempo medio de residencia (años) de los metales estudiados en los océanos. Goldberg, 1971; Brewer, 1975.**

El nivel de exposición de los ecosistemas a este tipo de elementos persistentes depende del lapso del tiempo que permanecen en circulación (y por tanto biodisponibles) y del número de veces que recirculan dentro de los mismos. Los efectos se dejarán sentir tanto en la estructura como en la función de los ecosistemas, simultáneamente o de forma independiente.

Los antecedentes de los trabajos sobre contaminación en los sistemas acuáticos, tal como los concebimos hoy, se remontan a principios de siglo. Debido al incremento y concentración de la población en Europa y Estados Unidos, comenzaron a notarse las consecuencias de la contaminación orgánica en ríos y lagos. Poco a poco se fué abandonando la idea de valorar la contaminación por medios exclusivamente químicos y se introdujeron parámetros bióticos para mejor integrar la complejidad de las perturbaciones. Ya en la primera década se publicaron trabajos sobre la ecología de los saprobios (Kolkwitz y Marsson, 1908 y 1909).

Con algunas excepciones como la de Carpenter (1928) que abordó la contaminación de la minería metálica en ríos de Gales, o Richardson (1928), que utilizó macroinvertebrados bentónicos como índices de contaminación, la tendencia general se centraba en el perfeccionamiento del llamado Sistema de Saprobios .

En los años cincuenta, comenzó a difundirse la idea de la estructura de la comunidad como medida biológica mucho más integradora que las simples listas de especies (Patric, 1951). No olvidemos que es de esta época la publicación de los índices de la teoría de la información, (más tarde llamados

de la teoría matemática de la comunicación) que más han influido en los años posteriores en diversas disciplinas: Fisher (1943), Wiener (1948), Shannon (1949), Simpson (1949) o Brillouin (1951); aunque un precursor importante para la ecología fué Gleason (1922).

Fué así cómo las matemáticas proporcionaron herramientas de cuantificación a los naturalistas, creándose desde entonces dos corrientes de investigación en limnología:

Los herederos del sistema de Saprobios, cuyos trabajos derivaron en el perfeccionamiento de índices bióticos, en los cuales se combinan el conocimiento de la tolerancia de grupos taxonómicos con su abundancia absoluta o relativa. Estos índices son de uso frecuente en la actualidad, aunque están bastante diversificados en función de las características regionales propias de cada zona. Aunque se han utilizado para distintos tipos de perturbaciones, están más indicados para la contaminación orgánica. Algunos de los más conocidos son: el Índice de Trent o Woodiwiss (1960 y 1964), de Tufféry y Verneaux (1967) de Chandler (1970), de Chutter (1972), de Hilsenhoff (1977), etc.

Las investigaciones centradas en el aspecto cuantitativo de la diversidad biológica que implican cambios en la riqueza, en la distribución y en la abundancia de especies como un número, con independencia de su conocimiento taxonómico o ecológico. Estos estudios se basan en el dogma -por otra parte, no siempre cierto- de que el estrés reduce la diversidad biológica. Algunos de los autores más relevantes pertenecientes a distintos campos, que han trabajado con este tipo de índices, también empleados en limnología son cronológicamente: Margalef (1956, 1958, 1968, 1972), Menhinick (1964), McIntoch (1967), Wilhm (1967), Pielou (1969, 1975), Berger y Parker (1970), Whittaker (1972), May (1975), Kempton (1978), Southwood (1978), Hughes (1978) etc.

De los años 60 a 80 se multiplicaron los trabajos que podían ubicarse en uno u otro grupos, a veces en ambos. Esta explosión coincidió con la aparición de grandes trabajos de estudio de las comunidades acuáticas en estado natural,

realizados por investigadores de la talla de Macan, Hynes, Margalef, o Hutchinson, que tuvieron su colofón en el trabajo conjunto de Vannote, Minshall, Cummins, Sedell y Cushing (1980) : *"The river continuum concept"*.

En paralelo al desarrollo de estos dos grandes grupos de índices, se fueron perfilando otros denominados Índices de similitud, que suponen un punto de vista complementario en la valoración de los cambios sufridos por una comunidad; aunque no proporcionan información estructural por sí mismos, son capaces de detectar cualquier tipo de perturbación en comparación con un punto de referencia. Los antecedentes de esta óptica también proceden de las primeras décadas del siglo; en orden cronológico se pueden enumerar algunos: Jaccard (1908), Kuleznsky (1927), Sorensen (1948), Raabe (1952), Bray-Curtis (1957), Burlington (1962), etc. Estos índices, menos utilizados que los anteriores, están siendo recomendados en los últimos años por muchos investigadores (Lenat, 1994; Calow, 1994; Abel, 1996) por las ventajas que suponen en el ámbito de la contaminación.

En España también se ha abordado el estudio de las comunidades acuáticas desde ambas ópticas e incluso se han aportado nuevos índices a la bibliografía, además del ya mencionado de Margalef (1958), podemos destacar el de García de Jalón (1979), el de Tortajada (1983) o el de Camargo (1990).

También hay otras tendencias que centran su atención en la función de los ecosistemas, como el punto de vista de aprovechamiento de los recursos, la respiración, la producción, biomasa, demografía de poblaciones etc. En los últimos años, con la implantación de programas de cálculo, se ha extendido el uso de análisis multivariantes capaces de manejar la gran cantidad de parámetros que pueden aportar información sobre el estado de conservación o alteración de un ecosistema.

La mayoría de los autores coincide en la necesidad de profundizar en los estudios que integren factores físico-químicos, ambientales y biológicos, estos últimos incluyendo en la medida de lo posible a la mayor parte de los componentes de la comunidad elegida (animales vertebrados e invertebrados, plantas, microorganismos, etc) y las consiguientes respuestas

a todos los niveles de organización: individual, de población, de comunidad y del ecosistema (Karr, 1991). Sólo así seremos capaces de comprender y predecir la fabulosa capacidad de autoorganización de las biocenosis sometidas a una perturbación, que siempre responden de la forma más eficaz posible para aprovechar la materia y la energía que entran en el río. (Elorrieta, 1981).

La búsqueda del índice perfecto parece continuar, sobre todo por la tendencia de los organismos responsables de la conservación del medio ambiente de clasificar y cuantificar la influencia humana sobre la naturaleza, a pesar de que hace ya tiempo que se han alzado voces contra la proliferación quizá innecesaria de índices que únicamente incorporan pequeños matices a los ya existentes ( Washington, 1984; Metcalfe-Smith, 1994; Abel, 1996). Mientras aparece, si es que pudiera existir, la alternativa más eficaz es utilizar de forma simultánea varios índices que puedan proporcionar información complementaria de los cambios que se producen como consecuencia de la contaminación.

Hay una gran proliferación de trabajos relacionados con la toxicidad de los metales con respecto a distintos organismos del medio acuático. Este es un enfoque propiamente toxicológico que sin duda ayuda a interpretar las tendencias de los cambios en el medio natural, pero que de ningún modo pueden sustituir a los estudios de campo, pues excluyen toda la complejidad inherente a las interacciones que se producen en los ecosistemas.

El uso de macroinvertebrados bentónicos para detectar una perturbación y controlar su evolución en el tiempo no es nueva, ya se ha mencionado un precedente de 1928 (Richardson, 1928) y hay numerosos trabajos al respecto (algunos de los más recientes: Krieger, 1984; Millet, 1984; González, 1985; Chadwick, 1986; Bazzanti, 1986; Thomas, 1987; Basaguren, 1988; Rasmussen, 1988; Clements, 1988; Bargas, 1990; Ortiz, 1992; Rovira, 1993; Batteggazzore, 1994; Lenat, 1994; Lamberti, 1995; Hannaford, 1995; Harris, 1995; Van Hattum, 1996...). En este marco se encuentra el trabajo presentado en esta Tesis que aborda un impacto tan complejo en su naturaleza y en la intensidad de la agresión como es una explotación minera recientemente abandonada, sobre un sistema acuático de segundo orden.

Sin olvidar el conocimiento de la autoecología de los taxones representados, se utilizan índices de diversidad en el sentido tradicional expresado: observando cambios en la riqueza, en la abundancia y en la distribución, pero también de dominancia y de similitud entre puntos. Asimismo se utilizan análisis multivariantes para integrar la información biótica y abiótica. Los cambios funcionales en el sistema no han podido ser incluidos en este trabajo, aunque se dispone del material necesario para abordarlos en el futuro.

El trabajo de esta Tesis Doctoral supone la continuidad de unos estudios que comenzaron en la primavera de 1992<sup>1</sup>, a instancias de la entonces denominada Consejería de Industria y Energía del Gobierno Vasco, realizados por el equipo de investigación constituido por la Dra. Martínez-Conde, el Dr. Rovira Sanroque y M<sup>a</sup> José Marqués como colaboradora.

En ellos se establecieron de forma adecuada los puntos de muestreo a considerar en el futuro y dada la gran variabilidad que presentaban los parámetros abióticos, se decidió incluir en lo sucesivo el estudio de algún componente biótico que reflejase de forma más estable los cambios que estaban teniendo lugar en el medio.

Este trabajo se circunscribe en el tiempo a los trabajos realizados durante los años 1993, 94 y 95 y en el espacio a una zona de influencia de la explotación minera que incluye un tramo de la cuenca del río Estanda y su tributario: el arroyo Gesala, actualmente desviado en un canal perimetral de hormigón, así como el material recogido en la balsa de estériles en un punto próximo al aliviadero. El diseño del estudio obedece a la voluntad de relacionar las consecuencias de la explotación minera en los ecosistemas acuáticos, con las condiciones de la taxocenosis de macroinvertebrados bentónicos, lo que nos pondría en disposición de establecer las bases de una vigilancia del sistema en el tiempo.

---

<sup>1</sup> "Estudio Preliminar para detectar la posible contaminación producida por la Mina La Troya". Abril-1993. Martínez-Conde, E y otros. (en posesión del Gobierno Vasco) y posterior Actualización en 1995.

## Objetivos:

Este trabajo pretende articular los estudios físico-químicos de los metales que procedentes de una explotación minera, llegan a los ecosistemas acuáticos adyacentes, con los del macrobentos de los mismos con vistas a proporcionar información en la cual la desestructuración de esta taxocenosis dé cuenta de la magnitud de la contaminación. Para ello se han planteado cuatro objetivos:

1. Identificación y cuantificación de los metales que desde los focos llegan al sistema, tanto explotados (Zn y Pb) como aquellos que les acompañan en su extracción.
2. Su distribución en la columna de agua así como en los sedimentos, para tratar de dilucidar su permanencia o salida de la zona estudiada.
3. Relacionar la posible desestructuración de la taxocenosis bentónica con el grado de impacto que presentan los distintos puntos de muestreo.
4. Como objetivo final, conocida la magnitud de la perturbación, establecer cuáles serían los referentes que podrían ser utilizados en el control y recuperación de la zona de explotación.

## 1.2 *La mina Troya*

### 1.2.1 Rasgos geológicos

La mina Troya (término municipal de Mutiloa, Guipúzcoa) se encuentra en la zona húmeda y cantábrica de la Península Ibérica, en el denominado Arco Vasco, dominio estructural de la cadena pirenaica, que constituye un conjunto geológico prácticamente rectilíneo que se extiende en dirección WNW-ESE, desde la región de Cantabria hasta el Mediterráneo.

En la historia de la cuenca vasco-cantábrica se han producido dos grandes épocas metalogénicas : el Paleozoico y el Cretácico inferior, como consecuencia de las cuales en la cornisa cantábrica abundan muy diversas mineralizaciones y yacimientos en explotación y abandonados, tal como se puede apreciar en la Figura 1-1.

- 1. La Florida
- 2. Comillas
- 3. Udías
- 4. Novales
- 5. Reocin
- 6. Várnokas
- 7. Aguiyo
- 8. Camargo-Obregón
- 9. La Cavada
- 10. Chomun
- 11. La Peña
- 12. Santa Matilde
- 13. Matuenco
- 14. Anselma
- 15. Pozalagua
- 16. Cueso
- 17. Arcenlales
- 18. Trucias
- 19. Federico-Alen

- 20. Sopuerta
- 21. Dicedo
- 22. Coverón
- 23. Caillaria
- 24. La Arboleda
- 25. Galdames
- 26. Zaramillo
- 27. Bilbao
- 28. Armitza
- 29. Galdacano
- 30. Lemona
- 31. Guernica
- 32. Aulestia
- 33. Marquina
- 34. Berriatua
- 35. Deva
- 36. Regil
- 37. Andoain
- 38. Arditarrin

- 39. Irún
- 40. Hendaya
- 41. Modesta
- 42. Ley
- 43. Eskolamendi
- 44. Arlepo
- 45. Belabubieta
- 46. Manaria
- 47. Amboio
- 48. Abondu
- 49. Udala
- 50. Asakitia
- 51. Anzuola
- 52. La Ingiza
- 53. Legutza
- 54. Artakutza
- 55. Yanki
- 56. Sumbilla
- 57. Guzueta

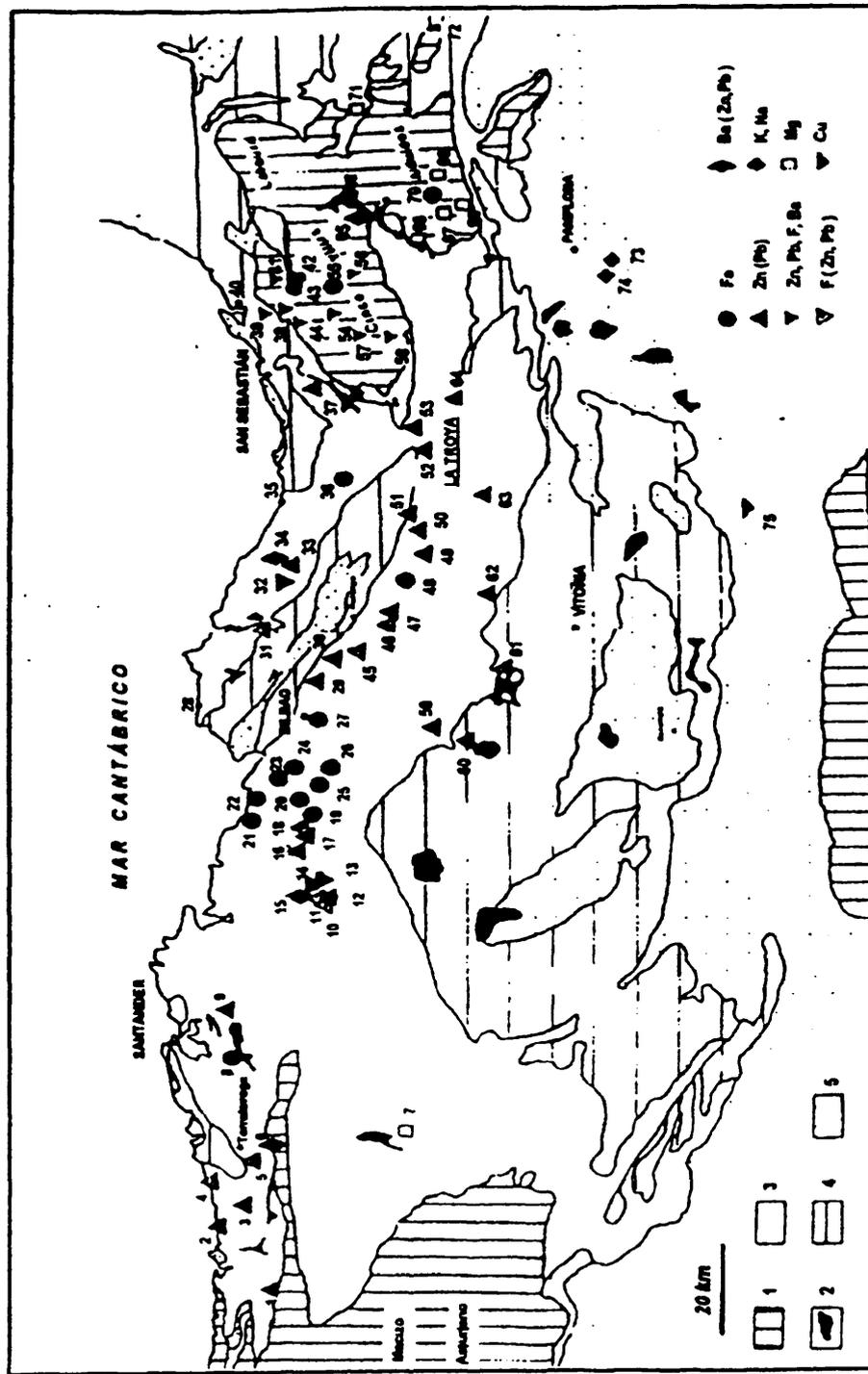


Figura 11: Localización de algunas mineralizaciones y yacimientos de la región vasco-cantábrica. (Herrero, JM. y Velasco, F, 1985)

El marco geológico concreto de este yacimiento puede apreciarse en la Figura 1-2. La zona tiene una tectónica compleja, con una combinación de pliegues, fallas y juntas definidas por una serie de fases de deformación.

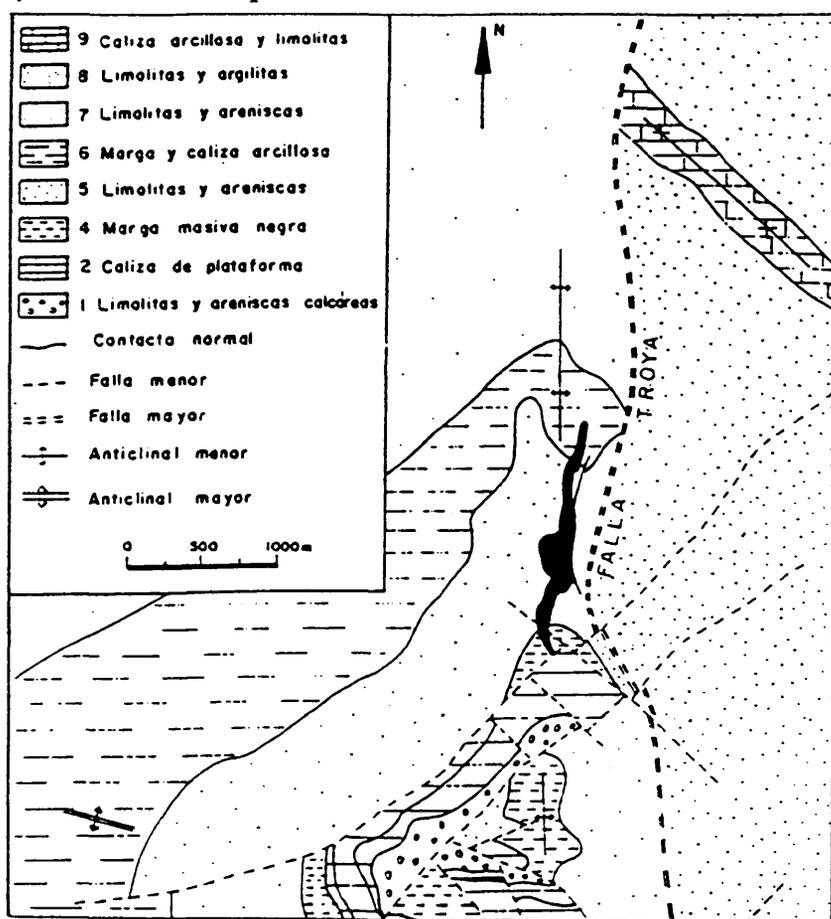


Figura 1-2 Marco geológico de la Mina Troya. (Fernández Martínez, 1992)

### 1.2.1.1 Metalogénesis

La concentración de metales del yacimiento de la Mina Troya procede de la metalogénesis del Cretácico inferior, más concretamente el Aptiense-Albiense, que dió lugar a dos tipos de mineralizaciones : la de hierro, y la de Zn-Pb-(F)-(Ba)-(Cu).

Dependiendo de la relación del yacimiento con el encajante sedimentario que lo aloja se pueden distinguir distintos tipos de mineralizaciones. La Mina Troya pertenece a la mineralización tipo Legorreta , cuyo encajante está constituido por calcarenitas parcialmente dolomitizadas (con dolomita o anquerita) de borde de plataforma. En algunos casos es abundante la pirita-marcasita (Herrero, 1985).

### 1.2.1.2 *Especies Mineralógicas*

Para el conjunto de la mena y ganga pueden distinguirse las siguientes especies mineralógicas (Manera Bassa, 1987):

Minerales de Mena:

- Pirita ( $\text{FeS}_2$ )
- Marcasita ( $\text{FeS}_2$ )
- Blenda o Esfalerita ( $\text{ZnS}$ )
- Galena ( $\text{PbS}$ )
- Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ )
- Arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ )

Minerales de Ganga

- Cuarzo Q1 y Q2 (dos generaciones) ( $\text{SiO}_2$ )
- Dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )
- Siderita ( $\text{FeCO}_3$ )
- Barita ( $\text{BaSO}_4$ )

Mediante una serie de barridos de fluorescencia por rayos se han obtenido los siguientes elementos:

Elementos principales: Fe, Zn

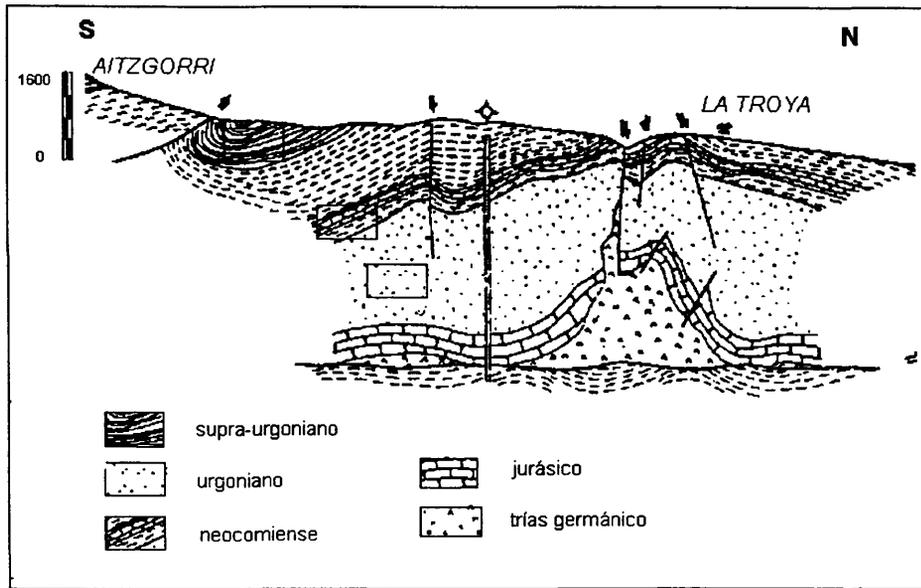
Elementos accesorios: Pb, Mn, Cu, Ba

Elementos trazas: Ba, Co, Ni, Al, Bi, Cr, V, Ga, W, S, Cl, Ce, F, Hg, Ge, Ti, Cd, Sb, As, Mn, Sr, Au, Ag.

Las reservas originales del yacimiento Troya fueron evaluadas a finales de 1987 en 3.700.000 Tn, con 0.9 % de Pb y 11.2 % de Zn. El ritmo de la explotación inicial era próximo de 300.000 Tn anuales, por tanto, el periodo de explotación a ritmo constante abarcaría unos doce años. (Fuente: Informe de Sereland).

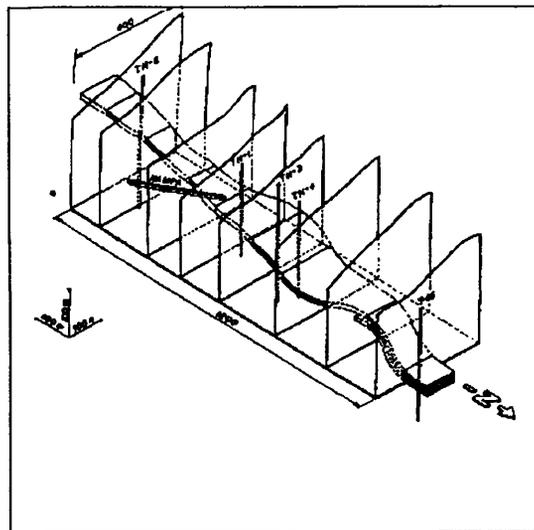
Hidrogeología de la zona

La explotación del yacimiento ha producido una alteración en las características del acuífero. Al sur del yacimiento aflora un sistema carbonatado, y es allí donde el acuífero es libre y se produce la recarga, tanto por infiltración directa del agua de lluvia, como de la escorrentía superficial vertiente (Fernández-Rubio, 1983).



**Figura 1-3** Corte geológico

Tal como se observa a continuación (Figura 1-4) se trata de un yacimiento con morfología tabular, localizado a techo de calizas recifales urgonianas de unos 200 metros de espesor y que presentan una importante karstificación.



**Figura 1-4** Diagrama del yacimiento y situación de sondeos (Fernández-Rubio, 1983)

En el sector de la explotación minera el acuífero está confinado a techo y muro por materiales impermeables urgonianos (materiales esquistos-areniscosos y arcillo-areniscosos).

El estudio del quimismo y temperatura de las aguas permite establecer dos orígenes principales de los puntos de agua:

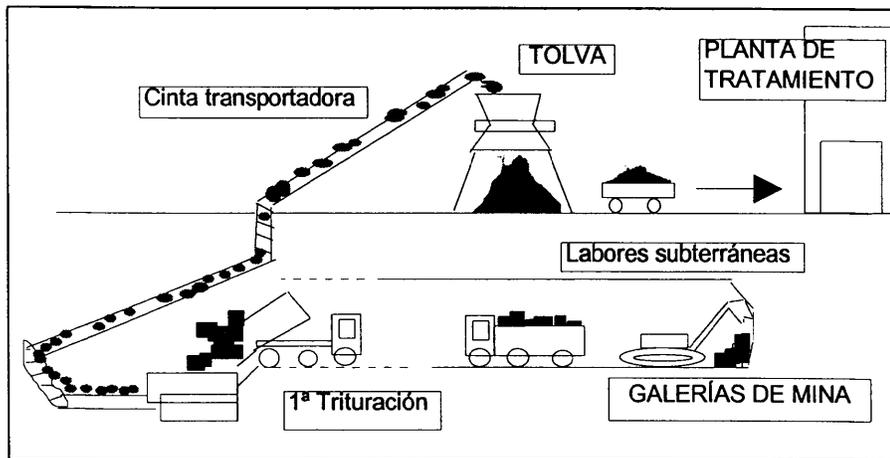
1. aguas procedentes del acuífero carbonatado, con temperaturas entre 20-21.5 °C; tienen baja salinidad (total de sales disueltas < 285 mg/l), son cálcicas y con predominio de bicarbonatos.
2. manantiales de ladera colgados, procedentes de intercalaciones más permeables del urgoniano, con temperaturas entre 12 y 14 °C.; tienen salinidad algo más elevada (330-410 mg/l), también son cálcicas pero con elevada proporción de magnesio, su facies es sulfatada a consecuencia de la oxidación de la pirita.

Los recursos hídricos del acuífero se han estimado en un caudal medio del orden de 40 l/s, si bien puede aumentar por recarga inducida con el drenaje de la mina. Suponiendo una porosidad eficaz del 2,5 %, el volumen de reservas sobre la cota del yacimiento se estimó en 15 Hm<sup>3</sup> (Fernández Rubio, 1983).

### **1.2.2 La explotación minera**

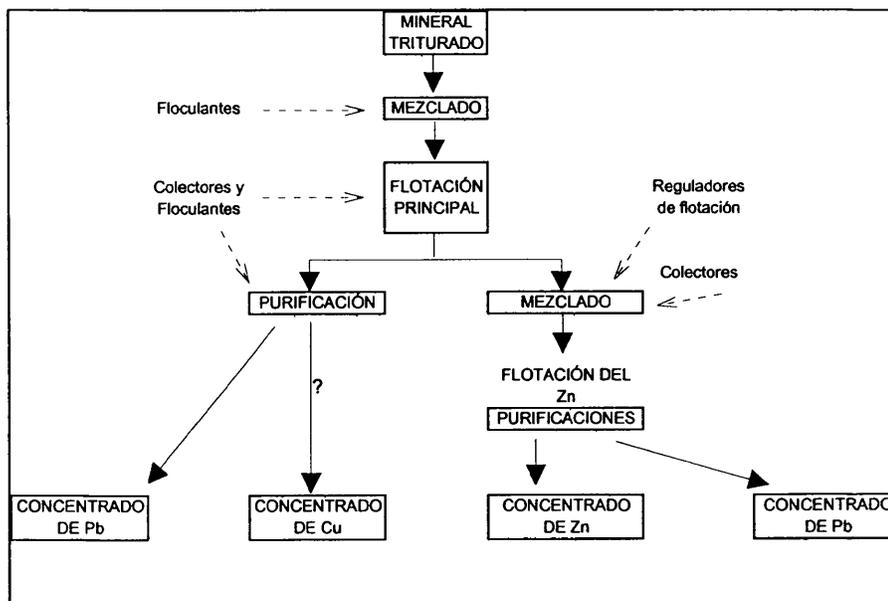
Este yacimiento comenzó a ser explotado a finales del año 1986. No obstante, el hallazgo se produjo en el año 1973 en el marco de una exploración general realizada en todo el norte de la península.

En la Mina Troya se produce la extracción, moltura y elaboración de concentrados. Las instalaciones incluyen los edificios administrativos y planta de tratamiento, las rampas y galerías subterráneas de las labores de la mina, con dos accesos principales: la boca Norte y la boca Sur . La boca Sur da paso a la rampa principal que conduce a las galerías subterráneas. Por la boca Norte sale el material fragmentado y es transportado hasta la planta de tratamiento mediante una cinta transportadora hasta la tolva, en la que tiene lugar una trituración más fina.



**Figura 1-5 :**Extracción y trituración del mineral.

En el interior de las instalaciones tienen lugar los procesos encaminados a la beneficiación del mineral cuyo principal objetivo es la separación de la mena de la ganga, obteniendo los concentrados de zinc y plomo.



**Figura 1-6:** Esquema del tratamiento de obtención de concentrados.

Se utilizan diversos reactivos en el tratamiento: colectores, espumantes y reguladores de flotación. El proceso tiene lugar siempre por vía húmeda ; el

vehículo es el agua. Su procedencia original era el drenaje del acuífero; tras ser utilizada, es vertida por la ladera donde se asienta la planta de tratamiento y recogida en una balsa de decantación de estériles donde se almacena y puede ser bombeada de nuevo a la planta de tratamiento efectuando un circuito cerrado.

El hecho de haber utilizado el fondo del valle por donde discurría el antiguo arroyo Gesala obligó a la construcción de un canal perimetral, ya mencionado, para desviar estas aguas. La balsa dispone de un aliviadero para evitar un rebose por encima del dique que tendría como consecuencia su destrucción y la consiguiente liberación de agua y estériles hacia cauces naturales.

El volumen de material extraído ha sido de 206.000m<sup>3</sup>

FASE	COTA DE CORONACIÓN DEL DIQUE (m)	ALTURA MÁXIMA DEL ESTÉRIL (m)	m <sup>3</sup> DE ESTÉRIL EMBALSADO
1	264	20	375.000
2	269	25	665.000
3	274	30	1.050.000
4	276	32	1.230.000

Tabla 1-II: Dimensiones y capacidad de la balsa de estériles. Fuente: Informe de Sereland.

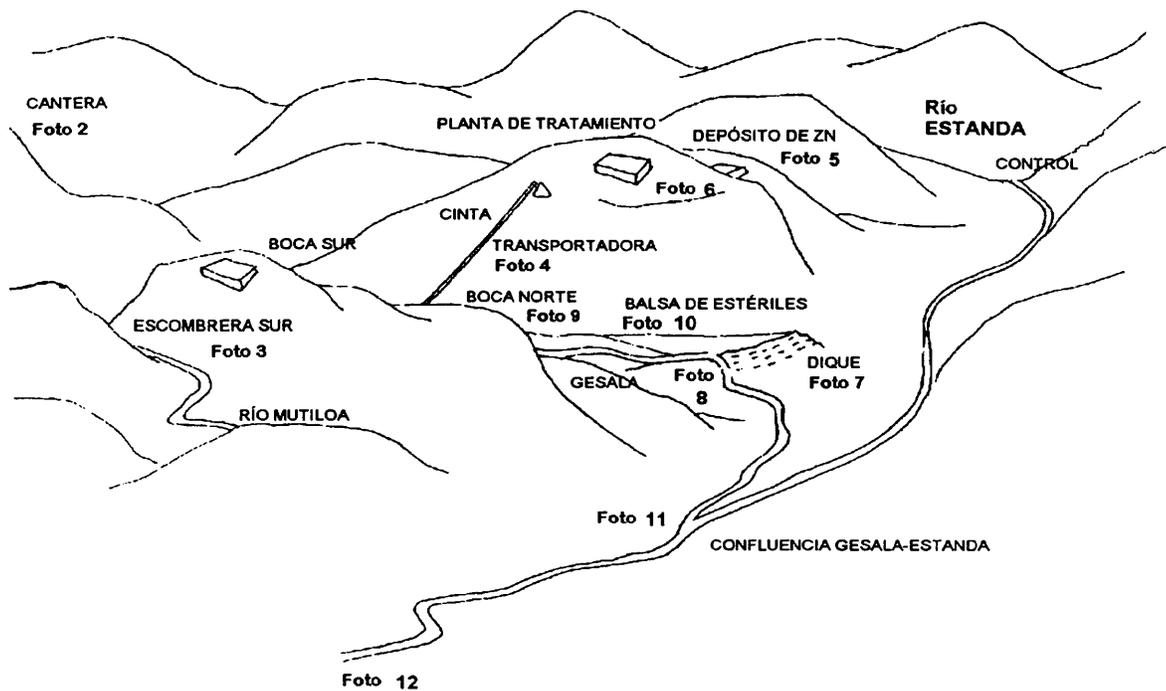
### 1.2.3 Cambios geomorfológicos y paisajísticos

La superficie de la explotación e instalaciones no excede los 5 km<sup>2</sup>, no obstante, en tan poca extensión, se han llevado a cabo múltiples acciones sobre el medio físico, que han implicado varios tipos de impactos: visuales, de estabilidad del terreno y de redistribución de aguas superficiales y subterráneas .



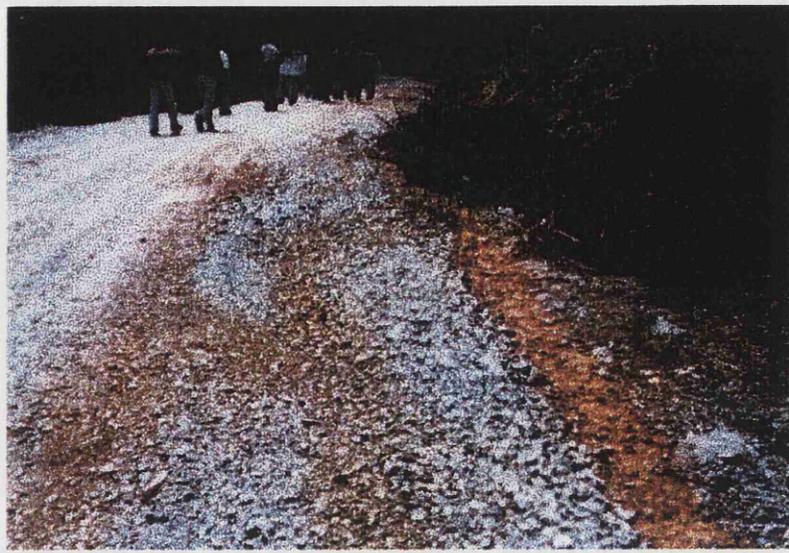
Fotografía 1: Panorámica del área de la explotación visto desde la cantera.

En la figura siguiente se observa un esquema de la zona de la explotación que afecta a varios valles y vaguadas cuyas aguas de escorrentía conducen al río Estanda. En ella se ubican las fotografías que se reseñan más adelante.



**Ubicación y numeración de focos de impacto.**

El impacto paisajístico que representa la explotación en superficie se debe a la explotación de canteras, la construcción de pistas y caminos, la acumulación de escombreras, la cinta transportadora, la construcción de edificios y planta de tratamiento, la balsa de estériles y la canalización del arroyo Gesala, con la consiguiente destrucción de la vegetación de buena parte de la zona.



Fotografía 2. Una de las carreteras de la explotación. Lixiviación de piritas por el arcén.

Al menos algunas de las carreteras tienen piritas como parte del material de relleno que configura la plataforma de la pista. Esto se pone de manifiesto al llover, el agua de escorrentía, tras la saturación del suelo, produce lixiviados ácidos que salen por las grietas del pavimento y se van canalizando en los arcenes de los caminos, que desembocarán en los arroyos y ríos de la zona.

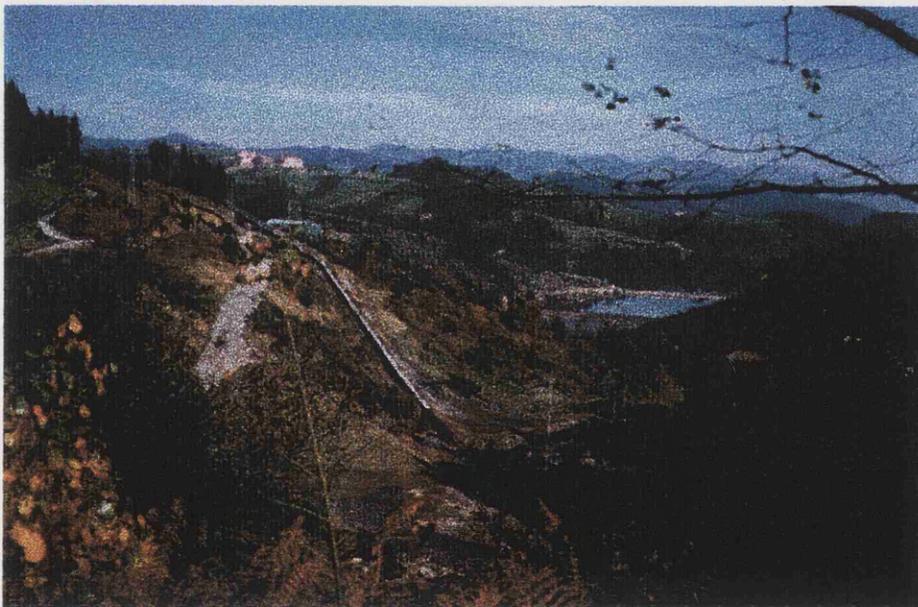
La escombrera de la Boca Sur, situada junto a los edificios de la administración, acumula escorias y desechos de la entrada principal de la mina que son arrojados a la ladera. Los resultados se pueden apreciar en la siguiente fotografía.



Fotografía 3. Escombrera boca sur

El agua de lluvia lava este material y llega al río de la otra cuenca afectada: El río Mutiloa. En la etapa de desmantelamiento de las instalaciones, tras cesar la explotación (año 1994), esta ladera se cubrió de tierra vegetal y cal, permaneciendo las escorias bajo la capa superficial. El lisiviado rojo se sigue produciendo tras las lluvias tal como se aprecia en la ilustración (Fotografía 2).

La cinta transportadora, desde de la boca Norte hasta la Planta de Tratamiento, fue desmantelada en las etapas finales de la clausura de la explotación, aunque es notorio el efecto local que tuvieron los fragmentos transportados. Como consecuencia del viento las partículas del mineral caen a los lados de la cinta, una vez en el suelo, las lluvias y la humedad desencadenan la oxidación de la pirita y el consecuente efecto de acidificación . A lo largo del recorrido de la cinta transportadora hay una ausencia total de vegetación.



Fotografía 4. Cinta transportadora desde la boca norte a la tolva. A la derecha se puede ver parcialmente la balsa de estériles y el dique.

Otro factor temporal estaría representado por el almacén de concentrados (Fotografía 5) cuyos materiales llegarían por escorrentía superficial al segundo punto de muestreo del río Estanda.



Fotografía 5. Depósito de concentrados de cinc. Junto a los caseríos del fondo discurre el río Estanda.

Tal como se observa en antiguos mapas topográficos, la Planta de Tratamiento se sitúa en la cima allanada de lo que antes era una colina ; se trata de una ladera inestable con deslizamientos y reptación de suelos. Esto queda patente en los derrumbamientos del terreno alrededor de la Planta, que arrojan materiales a la propia balsa de estériles, lo que supone un foco de inestabilidad para la capacidad de retención del dique<sup>1</sup>.



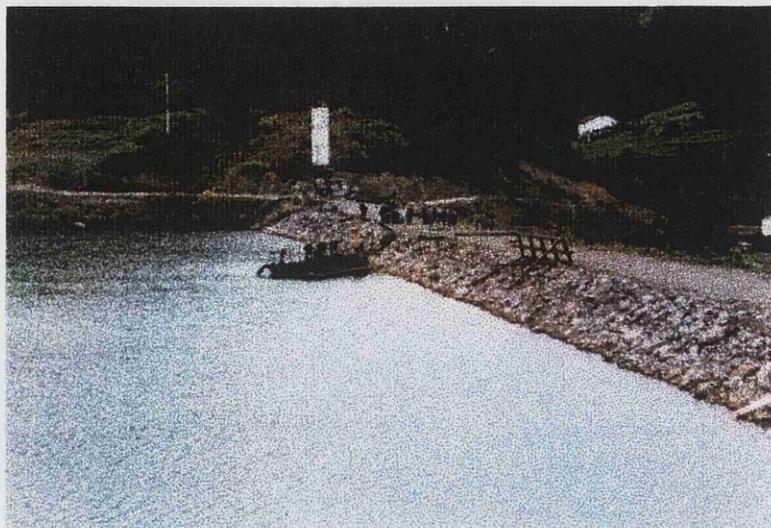
Fotografía 6. Deslizamiento de suelo de la ladera izquierda de la balsa de estériles.

En principio, la balsa es un compartimento estanco que no debería afectar a los sistemas acuáticos adyacentes, no obstante en prevención de desbordamientos,

---

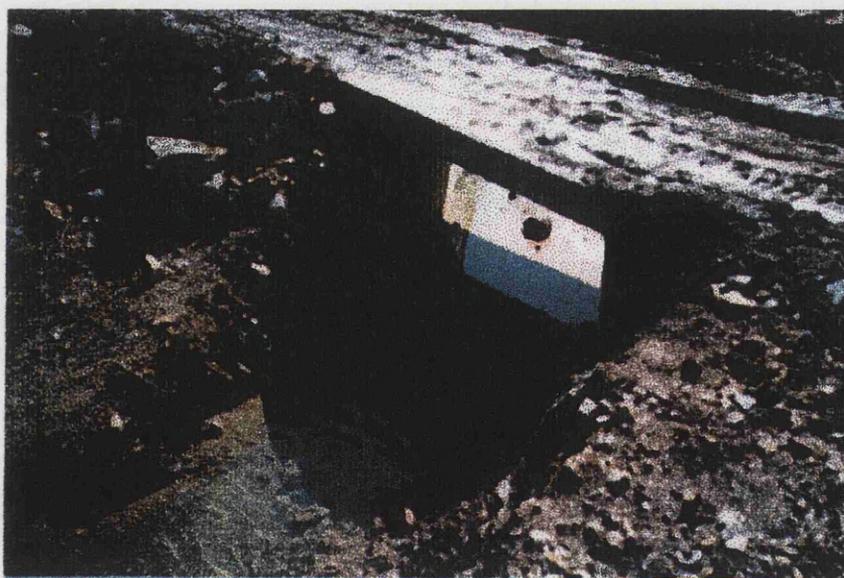
<sup>1</sup> A este respecto fué realizado un Dictamen que obra en poder del Gobierno Vasco. (Ordoñez y Martínez-Conde, 1995).

presenta un aliviadero lateral por el cual, ocasionalmente ha tenido lugar el escape de agua al exterior al estar conectado a la parte final del canal artificial del Gesala .



Fotografía 7. Dique de la balsa de estériles.

Este aliviadero presenta en su estado definitivo unas dimensiones aproximadas de casi  $2 \times 2$  metros, habiéndose registrado en alguna ocasión (muestreo de junio-1994) una altura de nivel de agua de unos 30 cm a lo largo de su recorrido con una velocidad media de  $0,12 \text{ m s}^{-1}$ , lo que implica un caudal escapando hacia arroyo Gesala de  $0.07 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  que llega al río Estanda.



Fotografía 8. Aliviadero lateral de la balsa de estériles.

Este arroyo se alimentaba originalmente de las aguas de escorrentía del valle y circulaba por el fondo del mismo. Actualmente está canalizado en casi todo su recorrido (aproximadamente 1 km) mediante una estructura de hormigón de unas dimensiones de  $2 \times 1,5$  m. Fue construido con el fin de evitar que las aguas de escorrentía se acumulen en la balsa de estériles y puedan suponer un peligro de desbordamiento o de ruptura de la presa .

Actualmente tiene básicamente dos aportes: el agua subterránea que surge por la boca Norte y el agua procedente de la escorrentía de la ladera izquierda que es un depósito de material heterogéneo: finos de la cola de la balsa de estériles, escombreras de la apertura de la boca Norte, y otros materiales de relleno.

El agua subterránea que surge de la boca Norte procede de las zonas de laboreo, que al recuperar el nivel freático<sup>2</sup> aflora por unos caños (de secciones de unos 30 a 40 cm de diámetro), en la cabecera del mencionado arroyo Gesala, constituyendo el volumen más importante de su caudal.

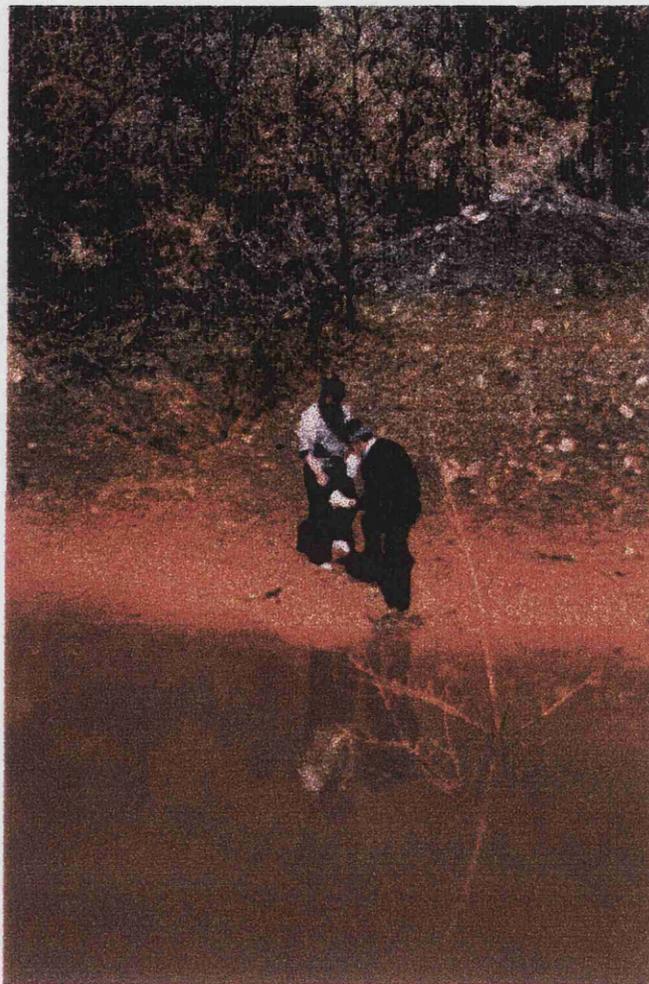


Fotografía 9. Caños de la boca norte de la mina.

Las aguas que lavan y drenan la ladera izquierda de este arroyo constituyen otro foco de contaminación que en parte van a dicho arroyo posteriormente canalizado y en parte a la cola de la balsa de estériles tal como ilustra el color de la siguiente imagen (Fotografía 10).

---

<sup>2</sup> Hubo necesidad de deprimir el nivel freático para permitir los trabajos en el interior de la mina. Existe constancia en la desaparición del suministro de agua de fuentes que tradicionalmente disfrutaban los pueblos aledaños. No ha sido objeto de este trabajo un aspecto importante y frecuente en estas explotaciones, pero que hay que mencionar aquí: la posible contaminación de aguas subterráneas.



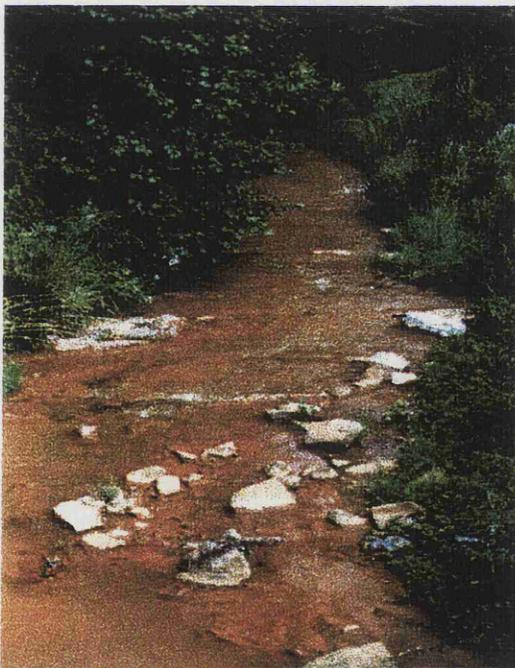
Fotografía 10. Toma de muestra en la cola de la balsa de estériles.

Este mismo color, debido a la formación de complejos metálicos en suspensión (fundamentalmente de hierro) caracteriza también al arroyo Gesala y consiguientemente al río Estanda desde que se produjo la inundación de las galerías. El impacto se hace evidente en la zona de mezcla de la confluencia de ambos caudales (Fotografía 11).



Fotografía 11. Punto de confluencia de Estanda y Gesala.

La contaminación en el Estanda continúa patente hasta el pueblo de Beasain, donde se une al río Oria.



Fotografía 12. Estanda varios kilómetros después de recibir aguas del arroyo Gesala.

Prevalecen pues, tres focos de contaminación de las aguas: la lixiviación del terreno aledaño a la explotación; el procedente de la balsa de estériles y por último el agua que surge de las galerías subterráneas. El origen de las primeras aguas es difuso y afecta de forma general a todo el sistema, las segundas llegan ambas al arroyo Gesala.

### **1.3 Contaminación producida por la actividad minera.**

La explotación minera que nos ocupa ha pasado por distintas fases de actividad y consecuentemente por distintas facetas de contaminación sobre el sistema. Mientras duró la explotación, las operaciones de triturado y molienda de materiales y las superficies expuestas a la erosión del viento: escorias, y estériles secos que quedan en la cola de la balsa, eran un foco importante de contaminación atmosférica. Otro foco está constituido por la lixiviación de escombreras abandonadas en la zona y por último, los eventuales escapes de agua procedentes de la balsa de estériles. Tras el abandono de la actividad, si bien permanece cierta contaminación atmosférica, el foco principal lo constituye el agua que procede de las galerías inundadas de la mina que surgen por la Boca Norte. Estas aguas de mina implican repercusiones múltiples desde el punto de vista de la contaminación. Los principales factores son la acidez en sí misma, y sus consecuencias : los precipitados férricos y la contaminación por metales pesados. La importancia de cada uno de ellos depende de cada sistema afectado.

El drenaje minero se distingue por la conjunción de alta conductividad y gran acidez. Uno de los efectos más importantes del bajo pH es la destrucción del sistema de tampón bicarbonato, que de forma natural controla los cambios de pH; a valores inferiores a 4,2 todos los carbonatos y bicarbonatos se convierten en ácido carbónico, fácilmente dissociable en agua y dióxido de carbono que puede perderse a la atmósfera: el agua pierde su capacidad de tamponar cambios de pH , una vez destruida, la alcalinidad de la masa de agua tarda un tiempo en recuperarse que dependerá de las fuentes de alcalinidad del sistema, en nuestro caso, la reserva alcalina es muy grande y a pocos metros de la surgencia la acidez inicial se neutraliza.

La reacción de generación de aguas ácidas tiene lugar en tres etapas diferentes tal como se esquematiza en la siguiente figura .

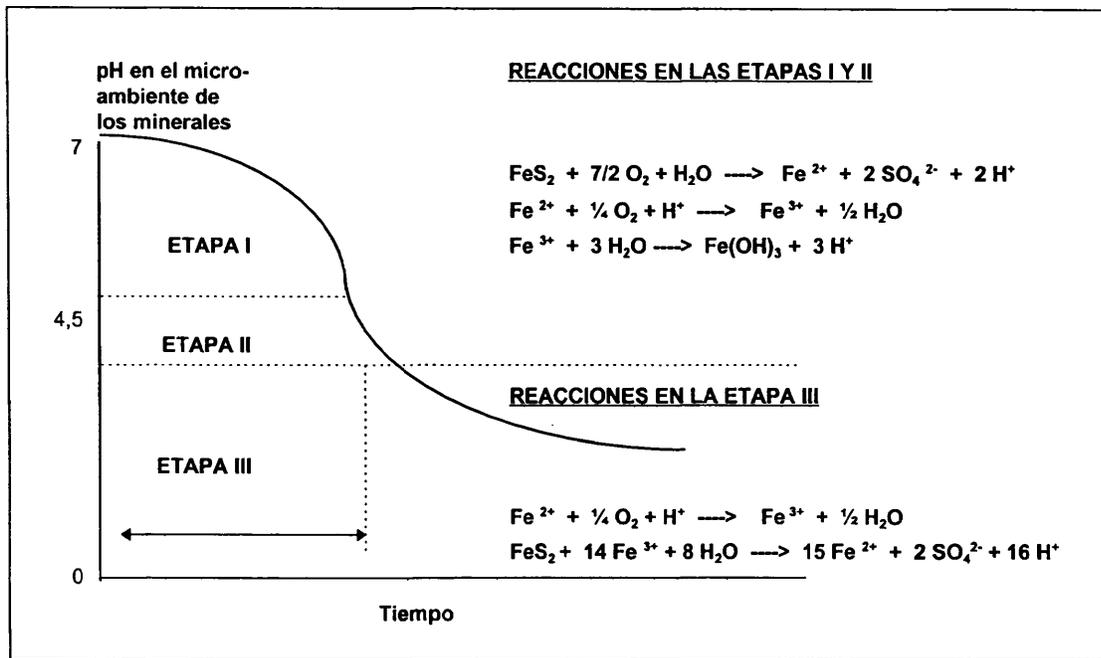


Figura 1-7. Etapas de formación de aguas ácidas. (Ayala, 1996).

En la primera etapa se produce sulfato ferroso, que al ser oxidado nuevamente se transforma en sulfato férrico, este, al reaccionar con el agua da lugar a ácido sulfúrico e hidróxido férrico, responsable principal de la precipitación férrica que se describirá más adelante.

La oxidación de ferroso a férrico se caracteriza también por la acción catalizadora de algunas bacterias, principalmente *Thiobacillus ferrooxidans* y *T. thiooxidans*, pues de lo contrario el tiempo de transformación sería mucho mayor<sup>2</sup>. En esta primera el pH está próximo a 7; el carácter más o menos alcalino del agua subterránea neutraliza parcialmente la acidez que se ha producido lentamente. En la segunda etapa se acumula el ácido formado, descendiendo el pH y predominando la oxidación de la pirita por la acción bacteriana. Ya en la última etapa, el pH desciende por debajo de 3 en las proximidades de los granos de pirita, variando la generación de ácido al aumentar la solubilidad del hierro y disminuir la precipitación de hidróxido férrico. El ión  $\text{Fe}^{2+}$  es oxidado a férrico por la acción de las bacterias y a su vez es este ión  $\text{Fe}^{3+}$  oxida a la pirita produciendo más ácido.

Una vez que la reacción se ha puesto en marcha, se autocataliza. Si el pH desciende por debajo de 4,5 cabe esperar que todo mineral acabe oxidándose; mientras se mantenían las condiciones anaeróbicas, las piritas podían permanecer en forma reducida; la actividad minera interrumpe estas condiciones irreversiblemente.

Prosiguiendo con otra de las consecuencias del drenaje ácido, el sulfato férrico formado al reaccionar con aguas más neutras da lugar al hidróxido de hierro (III) , es un compuesto insoluble y causante principal del color ocre anaranjado clásico de los drenajes ácidos de mina ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ). Estos compuestos suspensión tienen una composición compleja; pueden contener diferentes hidróxidos hidratados de hierro como  $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})_3$ , en distintas formas parcialmente hidrolizadas. También están compuestas por complejos de hidroxisulfatos de hierro (III) como  $\text{Fe}(\text{OH})(\text{SO}_4)$ . Estos complejos forman coloides suspendidos en el agua, precipitados finos en suspensión o partículas amorfas más pesadas. El momento en que tiene lugar la neutralización depende de las características del medio y su capacidad tamponadora; puede ser muy cerca de la surgencia o más lejos, aguas abajo, o en el momento de la confluencia con otra masa de agua menos ácida <sup>3</sup>.

Aunque su toxicidad no es relevante, son capaces de capturar metales de la columna de agua e influir en su dinámica, (Folger, 1994) también son responsables de la turbidez asociada a trabajos mineros, que puede verse incrementada si se intenta neutralizar el drenaje ácido con carbonato cálcico, pues se forman partículas de sulfato cálcico, que se unen a las de hidróxidos de hierro. Otros sólidos en suspensión proceden de escombreras abandonadas en los terrenos de la concesión. La acidez y los metales pesados inhiben el crecimiento de la vegetación que podría paliar la erosión y el lavado del terreno .

En cuanto al efecto de liberación de metales, la caída del pH de las aguas va acompañada de la solubilización de los metales, que pueden encontrarse así

---

<sup>2</sup> Las bacterias que utilizan las piritas como fuente de energía pueden incrementar la tasa de oxidación más de un millón de veces. (Singer & Stumm, 1970). La inhibición de su actividad puede llegar a reducir la formación de ácido en un 75 % (Serrano, J. 1994).

<sup>3</sup> Noike et al (1983) describen un drenaje minero fuertemente ácido que discurre transparente durante 3 kilómetros hasta llegar al río Aka.

en elevadas concentraciones en medio acuoso y al variar el pH, abandonarán esta fase para precipitar y almacenarse en los sedimentos, o adsorberse a partículas y ser transportados aguas abajo. El efecto de la neutralización se refleja en un cambio en el contenido total de metal en sedimentos, aunque sus efectos no son iguales para todos los metales. (Pettersen, 1993). En este último caso, los metales pueden volver a liberarse nuevamente como consecuencia de cambios físico-químicos en el medio.

El tiempo de residencia dependerá de factores como la superficie del flujo de aguas corrientes, la precipitación, la sedimentación y removilización. Cada metal tiene unas características y efectos determinados sobre el medio. A continuación se expone brevemente una panorámica de aquellas más significativas para los metales analizados (Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn y Pb) que pueden ser de relevancia para nuestro estudio.

### 1.3.1 Cromo

La concentración media de este elemento en la Tierra es de 100 mg/Kg.

La concentración total de cromo en aguas suele ser pequeña. Como ejemplos, se han encontrado valores de 0,001 mg/l en los Grandes Lagos de Norteamérica (Canadian Water Quality Guidelines, 1987), o una media de 0,006 mg/l en el Río Mississippi (DeLeon, 1986).

En cuanto a sedimentos, también en los Grandes Lagos, se han encontrado valores que oscilan de 8 a 362  $\mu\text{g/g}$  de peso seco. Mohapatra (1988) encontró valores de cromo en sedimentos de un arroyo contaminado cerca de Bombay (India) del orden de 24,2-74,5  $\mu\text{g/g}$  de peso seco.

Formas químicas en el agua:

El cromo forma complejos aniónicos en disolución que varían con el pH; pueden ser cromatos ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), hidroxicromatos ( $\text{HCrO}_4^-$ ), o dicromatos ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ), estos últimos son raros en aguas neutras, pero son muy comunes en aguas ácidas. A pHs mayores de 6,5, la mayoría del  $\text{Cr}^{6+}$  está presente en forma de ión cromato. El dióxido de manganeso puede oxidar el  $\text{Cr}^{3+}$  a  $\text{Cr}^{6+}$  (Eary and Ral, 1987). La adsorción del  $\text{Cr}^{6+}$  a la superficie del sustato o a óxidos de hierro y manganeso no es muy frecuente, pero sí lo es para el  $\text{Cr}^{3+}$  y se incrementa con el pH siendo directamente proporcional a su concentración (Young, 1987). Por tanto, aunque el  $\text{Cr}^{6+}$  es muy móvil en los sistemas acuáticos, el  $\text{Cr}^{3+}$  es rápidamente inmovilizado en los sedimentos. En aguas corrientes, las formas predominantes del cromo son:  $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$  y  $\text{Cr}(\text{OH})^+$ .

### 1.3.2 Cadmio

Este elemento tiene una concentración media en la corteza terrestre de 0,1 a 0,2 mg/kg (Ramade, 1992).

El cadmio es un componente habitual detectado en aguas de río, aunque en concentraciones en disolución de unos pocos ng/l. En fracción particulada presenta concentraciones muy variables que reflejan la movilización desde los sedimentos del lecho fluvial en condiciones de crecida. A modo de ejemplo, se han encontrado concentraciones del orden de 0,02 - 11,3 mg/Kg en el Río Roya , Europa, pero se han llegado a encontrar valores de 120-840 mg/Kg en el Río Van, Europa (Whitehead, 1988).

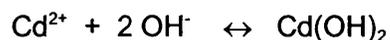
En sedimentos de ríos no contaminados se han encontrado concentraciones de 0,1-1 µg/g de peso seco; estos valores llegan a multiplicarse por diez en zonas contaminadas (Mudroch, 1988).

El cadmio contenido en los sedimentos del Rhin en zonas muy industrializadas se ha estimado en 20 µg/g de peso seco (Beukema, 1986).

Formas químicas en el agua:

El cadmio puede existir en distintas formas químicas en sistemas acuáticos, predominando :  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  (en agua),  $\text{Cd}(\text{OH})_3^-$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})_4^{2-}$  y diversos complejos orgánicos e inorgánicos; en orden decreciente de afinidad, el Cd forma complejos con ácidos húmicos,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .

La solubilidad de complejos con hidróxidos decrece a medida que aumenta el pH, desembocando en la formación de  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ , de acuerdo con la siguiente reacción:



La adsorción a sólidos en suspensión es un proceso dominante en aguas corrientes. También es frecuente la coprecipitación con hidróxidos de hierro, y óxidos de aluminio-manganeso. Samanidou y Fytianos (1987) encontraron

en el Río Axios que de un 22 a un 43 % del cadmio en sedimentos estaba asociado a óxidos hidratados de Fe-Mn.

### 1.3.3 Cobre

La concentración media de cobre en la corteza terrestre es de aproximadamente 50 mg/Kg, constituyendo principalmente sulfuros (Moore, 1991)

Generalmente las concentraciones de cobre total en agua no exceden los 20  $\mu\text{g/l}$  en la mayoría de los ríos no contaminados. Whitehead (1988) encontró valores de cobre en disolución que oscilaban entre 0,1 y 0,28  $\mu\text{g/l}$ . En ríos canadienses no afectados por posibles contaminaciones de este metal rara vez se han registrado por encima de los 5  $\mu\text{g/l}$  (Canadian Water Quality Guidelines, 1987). Se han encontrado valores mayores en la fracción en suspensión : DeLeon (1986) recoge valores en el Río Mississippi que oscilan entre 2 y 39  $\mu\text{g/l}$ ; Whitehead (1988) encontró variaciones de concentración desde 0,1 a 6,6  $\text{mg/l}$ .

El cobre tiene gran afinidad por arcillas, óxidos de hierro y manganeso, partículas orgánicas y materiales carbonatados, es por ello que suele precipitar y formar una parte importante de los sedimentos de sistemas acuáticos. Se han detectado concentraciones en sedimentos de lagos de 5 a más de 200  $\mu\text{g/g}$  de peso seco (Mudroch, 1988).

El factor de concentración (contenido en sedimentos/contenido en agua) suele exceder el valor de 100 tanto en ríos como en océanos.

Formas químicas en el agua:

El cobre tiene una gran tendencia a formar complejos con ligandos orgánicos e inorgánicos, de hecho en aguas neutras la mayoría del cobre inorgánico en solución está presente en forma de complejos con carbonatos, nitratos, sulfatos y cloruros, así como en forma de ión cúprico divalente hidratado.

El cobre suele estar unido a ácidos húmicos, siendo estos complejos más estables que los formados con cinc o manganeso (Campanella, 1987).

Su unión a partículas en suspensión como arcillas es una de sus formas más significativas de transporte aguas abajo, según las características del río, desde un 10 a un 95 % del cobre puede ser transportado mediante este sistema.

#### 1.3.4 Hierro

Este metal es el cuarto elemento más abundante de la tierra, con una concentración media del 5% en peso.

Su toxicidad es pequeña, pero controla la concentración de otros elementos potencialmente tóxicos como los metales pesados (Folger, 1994).

El contenido de hierro en aguas superficiales es muy variable como consecuencia de las diferencias existentes en el sustrato geológico y la susceptibilidad del terreno a la erosión. Se han encontrado concentraciones que van desde los 0,004 mg/l hasta más de 50 mg/l.

La variación correspondiente a los sedimentos es menor que en aguas, encontrándose diferencias de sólo unos diez órdenes de magnitud .

Formas químicas en el agua:

Los estados de oxidación del hierro en agua son :  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$  iones ferroso y férrico respectivamente. El primero de ellos es dominante en condiciones anaeróbicas mientras que el segundo lo es en condiciones aeróbicas y suele formar sales resultando prácticamente insoluble.

El ciclo de oxidación-reducción es muy importante para la comprensión del destino del hierro en la mayoría de las aguas de superficie. En la interfase agua-sedimento apenas hay oxígeno, esto produce la reducción del ión férrico a ferroso, que entonces es desplazado por la columna de agua, allí vuelve a ser oxidado a  $Fe^{3+}$  que de nuevo precipita y se reanuda el ciclo, el predominio de una u otra formas está sujeto a variaciones estacionales, de pH y de caudal (Moffett, 1987).

Muchos metales pesados (como el Cu, Cd o Zn, entre otros ) se adsorben a óxidos hidratados de hierro y manganeso en una proporción que depende de la profundidad del agua y las condiciones de óxido-reducción de los sedimentos.

### 1.3.5 Manganese

El manganeso está presente en la corteza terrestre en una concentración media de 950 mg/Kg.

Su importancia tóxica es pequeña pero participa en el control de la concentración de otros elementos, incluidos metales pesados tóxicos en aguas superficiales.

La concentración total de manganeso en aguas es muy variable, oscilando de 0,002 a más de 4 mg/l.

En sedimentos las cantidades oscilan desde algunas decenas de mg/Kg hasta ríos muy contaminados con valores de más de 1000 mg/Kg (Stull, 1985).

Formas químicas en el agua:

Los estados de oxidación del manganeso pueden ir desde -3 a +7, pero las formas más importantes en sistemas acuáticos son los iones manganeso  $Mn^{2+}$  y mangánico  $Mn^{4+}$ .

El manganeso forma sales solubles con nitratos, cloruros y sulfatos. Sus correspondientes hidróxidos, sulfuros, carbonatos, óxidos y fosfatos son sólo parcialmente solubles; estas últimas formas son las que suelen considerarse fracción particulada o en suspensión ( $>40\mu m$ ).

Al igual que en el hierro, el ciclo de óxido-reducción es muy importante para la interpretación de las formas del manganeso en el agua. La anaerobiosis de la interfase agua-sedimento reduce el  $Mn^{4+}$  a  $Mn^{2+}$  soluble que se libera a la columna de agua, donde vuelve a oxidarse a  $Mn^{4+}$ .

A pH aproximadamente neutro la oxidación elimina al  $Mn^{2+}$  de la solución. La tasa de oxidación de  $Mn^{2+}$  aumenta en presencia de bacterias oxidantes del manganeso en sedimentos profundos (Richardson, 1989) y en desechos mineros (Francis et al., 1989). Los óxidos de Mn en la columna de agua tiene gran capacidad de adsorción de otros iones metálicos, y tal como se ha mencionado para el hierro, los óxidos hidratados de Fe-Mn adsorben también muchos otros metales traza; si precipitan, los sedimentos profundos constituyen una de las fuentes más importantes de metales en ríos y lagos si hay removilización (Moore, 1991)

### 1.3.6 Cinc

La concentración media de este metal en la Tierra es de 70 mg/kg.

En las últimas décadas se ha producido una movilización alarmante de cinc, procedente de fuentes naturales y antropogénicas.

El rango de aparición de cinc disuelto en aguas es de < 0,001 a 0,05 mg/l.

Los sedimentos son un sumidero importante del cinc. Se han publicado concentraciones del orden de 1000 mg/kg de peso seco en la vecindad de minas y fundiciones. En comparación, en zonas no contaminadas los sedimentos tienen unos valores de cinc que oscilan entre 5 y 500 mg/Kg. En el estuario del río Oria, donde desemboca el río Estanda de nuestro estudio, se han registrado valores de Zn en sedimentos de 50 a 200 mg/Kg (Ramos,1990).

Formas químicas en el agua:

En condiciones aerobias el  $Zn^{2+}$  es la especie predominante a pH ácido, pero es reemplazado por  $Zn(OH)_2$  en rangos de pH de 8 a 11; a pH >11 las formas predominantes son :  $Zn(OH)_3^-$  y  $Zn(OH)_2^-$ .

### 1.3.7 Plomo

El plomo es un elemento relativamente abundante en la corteza terrestre, con una media de 15 mg/kg.

Aunque las concentraciones de Pb total en agua son variables, no suelen exceder los 0,05 mg/l. Su presencia suele estar asociada a aguas residuales o de minería, aunque en zonas remotas se debe a deposición atmosférica. En una explotación similar a la considerada en este trabajo en Portugal, los valores de aguas previos a la explotación eran de 0,023 mg/l, incrementándose a 0,5 mg/l como consecuencia del impacto. (Pereira,1995)

El plomo en suspensión puede constituir el 50 % en aguas corrientes<sup>4</sup> no turbulentas (Scoullou, 1989; Whitehead,1988)

En los sedimentos de ríos que reciben residuos industriales o municipales se han encontrado concentraciones muy elevadas de plomo. En una zona minera canadiense, se encontraron valores de 250-350 mg/Kg de Pb en sedimentos lacustres (Nriagu, 1987). Jones (1986) publicó valores de plomo

---

<sup>4</sup> Estos valores aumentan más del 75% si se trata de aguas residuales.

en el Río Rheidol (Gales) de unos 2000 mg/kg en la zona de descarga de una mina de cinc y plomo. En una zona minera tradicional de nuestro país, Riotinto, los valores encontrados en sedimentos oscilaban de 211 a 402 mg/Kg (Soldevilla, 1992).

Formas químicas en el agua:

Sus estados de oxidación son +2 y +4. En el agua, forma complejos de baja solubilidad con muchos aniones como hidróxidos, carbonatos, sulfuros y a veces con sulfatos. A pHs básicos (a partir de 10) la especie predominante es  $\text{Pb(OH)}^-$ .

El plomo puede metilarse formando numerosos derivados orgánicos. Este proceso es mediado por bacterias presentes en sedimentos y dan lugar a moléculas del tipo  $(\text{CH}_3)_3\text{Pb}^+$ .

El destino más importante de los compuestos de plomo es el sedimento (Saikia et al. ,1987). El plomo suele formar complejos con sulfuros y con óxidos hidratados de Fe-Mn en los sedimentos en proporciones que pueden llegar al 50 % del contenido total del plomo en el sedimento (Samanidou, 1897).

### 1.3.8 Efectos sobre la estructura de los ecosistemas

Tal como se vió en los antecedentes, muchos autores han abordado la vigilancia de medios acuáticos mediante el uso de índices biológicos, incluso en algunos trabajos ha llegado a establecerse que la estructura de la comunidad de macroinvertebrados exhibía un grado de respuesta predecible a la contaminación metálica (Winner, 1980; Clements, 1988). Para abordar la estructura de la taxocenosis se consideran componentes que aludan a la abundancia de las poblaciones y su organización desde el punto de vista espacial y taxonómico (Sheehan , 1984). Los cambios de magnitud de estos parámetros indican una ruptura de la homeostasis del sistema.

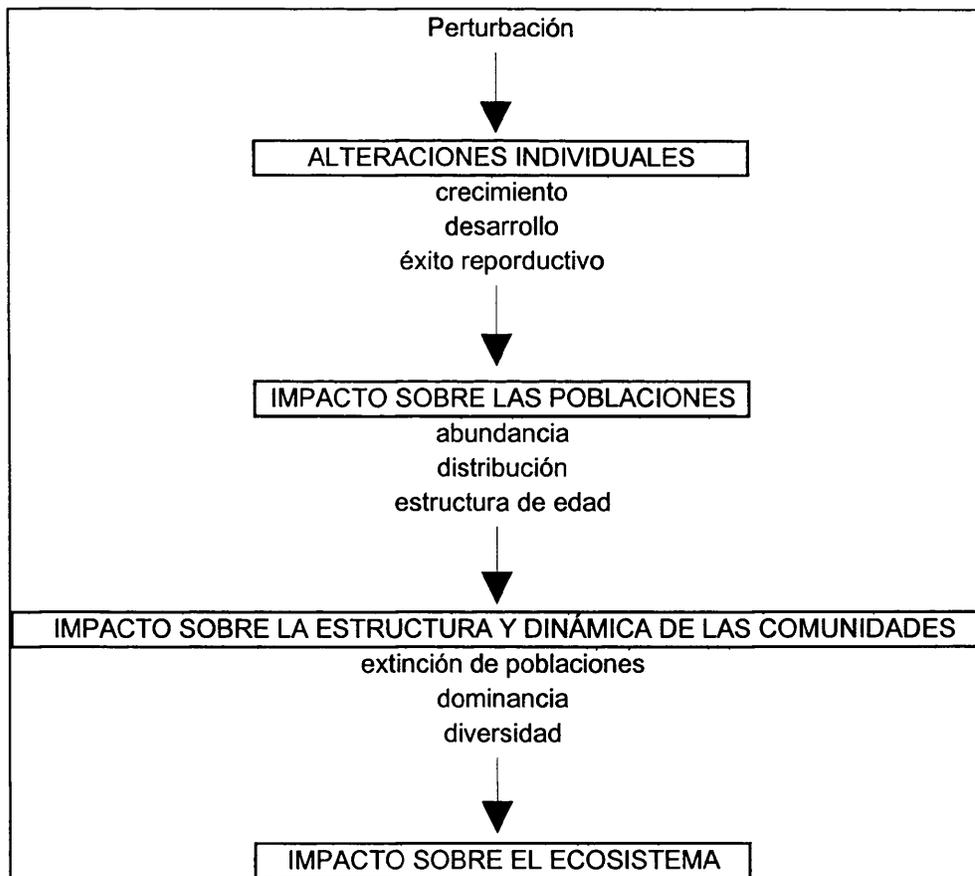


Figura 1-8: Consecuencias de la contaminación sobre la estructura de los ecosistemas.

### **1.3.8.1 Abundancia y densidad de organismos**

Se han descrito numerosos casos de cambio en el número de individuos en episodios de contaminación por metales pesados (Winner , 1980; Sheehan, 1980; Clements, 1988; Battezzore, 1994; Hannaford, 1995) .

Aunque el efecto de los contaminantes sobre estos parámetros es muy evidente, su interpretación ecológica es compleja, porque la respuesta no es unívoca y además están sujetos a variaciones espaciales y estacionales, es por ello, que por sí mismos no proporcionan información suficiente para valorar la severidad del daño en la estructura de la comunidad.

### **1.3.8.2 Extinción de especies sensibles**

La primera señal ante la incidencia de un contaminante es el cambio de la densidad de la comunidad y la desaparición de especies sensibles. Tales efectos no tienen porqué ser directos, también pueden ser el resultado de la desventaja competitiva de algunos organismos frente a otros, a nuevas interacciones tróficas o a migraciones.

Es muy difícil detectar la pérdida de una especie concreta, excepto en los casos en que cumplen una función fácilmente identificable o cuando se trata de especies "llave" en el equilibrio del ecosistema.

En definitiva, se trata de valorar las variaciones de la riqueza, que constituye un descriptor clave de la estructura de un ecosistema especies (Winner ,1975).

### **1.3.8.3 Composición de la comunidad y dominancia de especies**

La composición de la comunidad puede aplicarse tanto desde la óptica taxonómica como funcional. Sus variaciones representan la respuesta del conjunto de las poblaciones interactuando en el marco de sus respectivas tolerancias. Es obvio que la interpretación de este parámetro tiene más significado ecológico que los anteriores.

La valoración de la composición puede realizarse empíricamente utilizando listas de especies, especies indicadoras - cuyas características de tolerancia han sido establecidas en ensayos ecotoxicológicos - positivas o negativas de contaminación, establecimiento de índices bióticos (más indicados para contaminación de tipo orgánico, no tóxico) o de patrones de dominancia, que implican una posición de ventaja de un grupo en una comunidad, aunque no directamente relacionada con la tolerancia a los contaminantes sino con una historia evolutiva oportunista.

#### **1.3.8.4 Diversidad de especies**

La diversidad biológica tiene dos componentes fundamentales: la riqueza de especies y la homogeneidad de la distribución de las mismas. Es un hecho probado que la contaminación reduce la riqueza biológica; sus efectos sobre la homogeneidad o regularidad, no están claros. Las condiciones de estrés a que puede verse sometida una comunidad, pueden cambiar la distribución de sus poblaciones en el sentido de disminuir la riqueza pero aumentar la equiprobabilidad de las especies más tolerantes. Este fenómeno, unido a su relación con los cambios estacionales y espaciales, cuestionan el uso de índices de diversidad para casos de contaminación. (**Letterman, 1978; Osborne, 1979; Perkins, 1983; Ramade, 1992**). No obstante, otros estudios han encontrado correlaciones entre la intensidad de un contaminante (metales, pH, ...) y la diversidad (**Marshall, 1980; Hill, 1973; Dills, 1974**). Son muchos los factores que influyen en este tipo de índices mixtos y es necesario ponderar los efectos que cada uno de ellos ejerce sobre sus componentes.

#### **1.3.8.5 Índices de Similitud**

Estas medidas son particularmente aplicables a los cambios en el espacio o en el tiempo de la estructura de comunidades localizadas en un gradiente de contaminación.

Están basados en la comparación la presencia y proporción de especies entre dos lugares distintos. Básicamente se trata del concepto de diversidad  $\beta$ , midiendo cómo son de similares o diferentes distintos puntos o hábitats (**Magurran, 1988**).

Los índices de similitud son más sensibles que los de biodiversidad a las diferencias estructurales producidas por una perturbación (**Beckett, 1978; Hummon, 1978; Marshall, 1980**) y están especialmente indicados en los estudios de contaminación ya que utilizan puntos de control para evaluar los cambios.

## 1.4 Zona de estudio

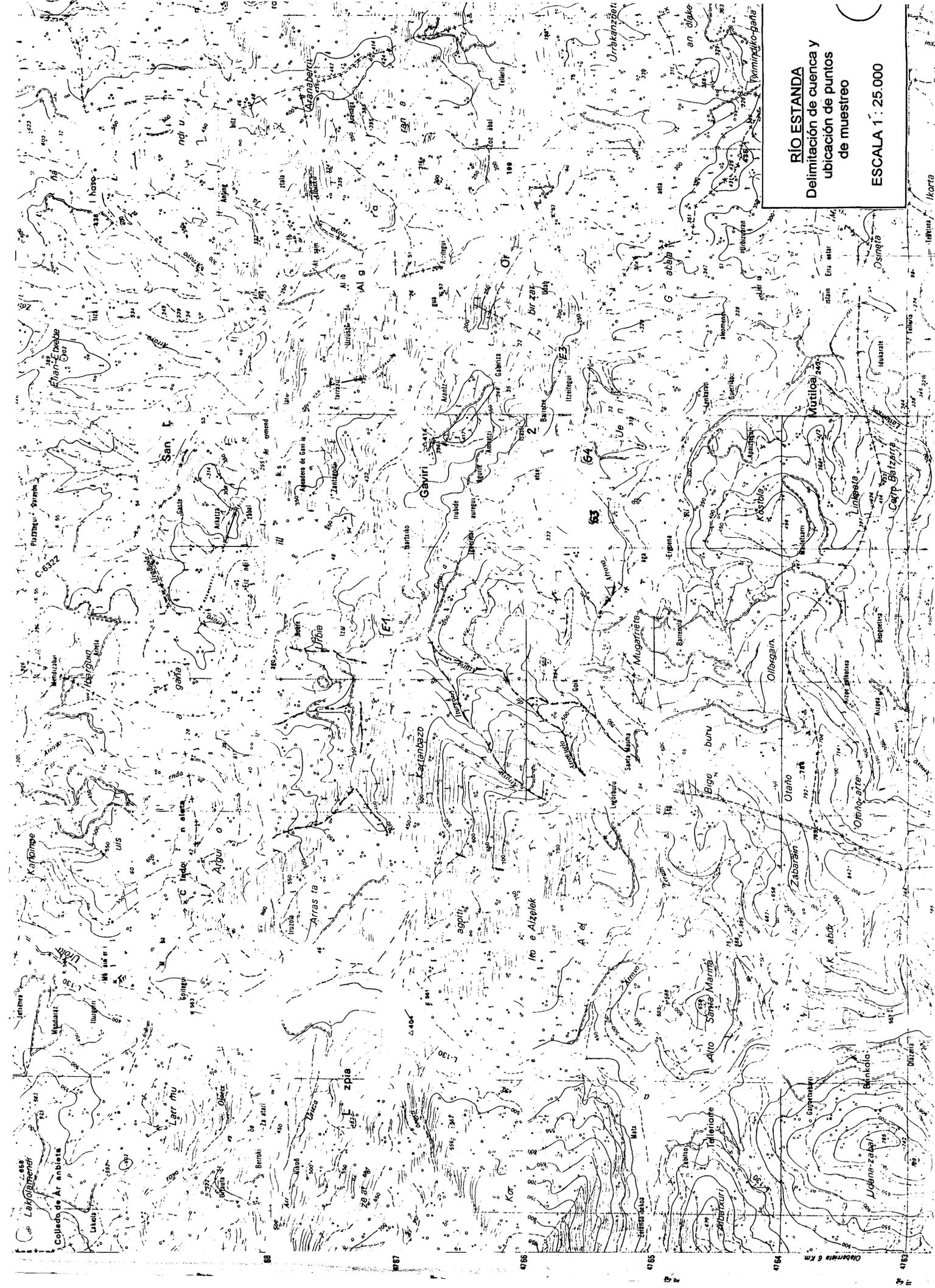
Desde el punto de vista bioclimático y fitocenológico propuesto por Ladero, T.E (1987), la tipología de la zona que nos ocupa se incluye en la provincia Cántabro-Atlántica , y más concretamente en el Sector Cántabro-Euskaldún oriental. Se trata de un ombroclima lluvioso y de inviernos fríos debido a la influencia pirenaica. Esta región se encuentra sometida de forma continuada a vientos dominantes del noroeste, es decir, de origen atlántico y por tanto húmedo, provocando reiteradas borrascas que son causa de las precipitaciones tan frecuentes en la zona a medida que van descargándose en su viaje hacia el interior de la península al encontrarse con las cordilleras en disposición más o menos perpendicular (dirección este-oeste).

En el siguiente cuadro se incluyen algunos datos de estaciones meteorológicas de Guipúzcoa que pueden proporcionar una idea del tipo de parámetros bioclimáticos frecuente en la zona (Ladero, T.E., 1987).

Estación	Años de observación	Altitud m sm	T °C	m °C	M °C	P mm	Pv mm	Ombroclima	Piso bioclimático
Eibar	24	121	13.5	3.1	11.2	1429	180	Húmedo	Colino
Legazpia	12	402	13.1	2.9	9.7	1489	198	Húmedo	Colino

La geomorfología de las cuencas vascas implica una gran variación en las formas de precipitación para distancias relativamente cortas, debido a las variaciones en altitud y a un cierto aislamiento entre valles adyacentes.

La zona de estudio se halla en terreno del Cretácico Superior. Los suelos corresponden a una tierra pardo-caliza forestal. Se distinguen dos tipos. El suelo aluvial que está formado por una capa de grava arenosa sobre la que se asienta otra de arcilla limosa, y el coluvial, que tapiza las laderas y zonas más elevadas del valle. Debido a las fuertes pendientes se han producido fenómenos de reptación y deslizamientos superficiales. En términos amplios la morfología de la zona se caracteriza por la discontinuidad en la forma, con pronunciadas pendientes en el descenso hacia el valle por donde discurre el arroyo Gesala. El entorno se caracteriza por la presencia de monte bajo y matorral en los márgenes del arroyo. Predomina la existencia de bosque caducifolio en el margen izquierdo y al fondo de la vaguada junto a la repoblación forestal de pino (*Pinus insignis* y *P. radiata*), alternando con zonas de cultivo, principalmente prados para el ganado. También se observan abundantes ejemplares de *Robinia pseudoacacia*.



**RIO ESTANDA**  
Delimitación de cuenca y  
ubicación de puntos  
de muestreo

ESCALA 1 : 25.000

Ikorta

Los ríos y arroyos estudiados en este trabajo pertenecen a la mayor cuenca de Guipúzcoa: la del río Oria, con un área de 749 Km<sup>2</sup>, una altitud máxima de 680 m y una longitud de 52 Km. La cuenca del Estanda tiene una superficie de 1237 Ha y una longitud desde cabecera hasta la unión con el río Oria (en Beasain) de 9770 metros <sup>5</sup>. La cuenca del arroyo Gesala, incluida en la del Estanda es de 89,75 Ha. El coeficiente de escorrentía medio es de 0,6 (fuente: Informe de Serland)

El régimen de precipitaciones es de gran importancia debido a la gran dependencia existente entre la potencialidad contaminadora de la actividad minera y las características meteorológicas.

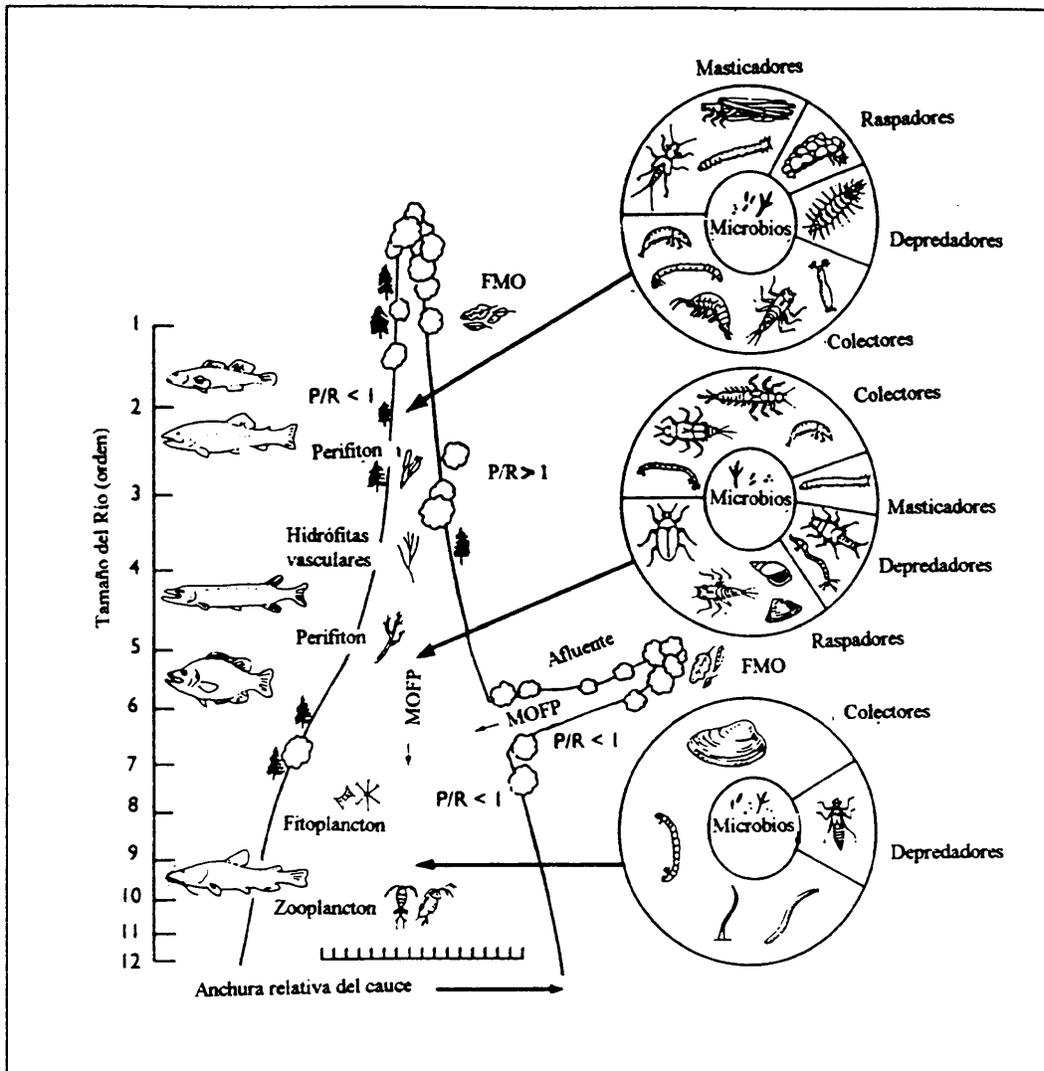
El tramo de río estudiado puede considerarse alto según la terminología clásica, con predominancia de transporte y erosión.

En su camino hacia el mar, los ríos experimentan una serie de transformaciones <sup>6</sup> que pueden ser representadas mediante el modelo del "river continuum" de Vannotte (Vannotte, 1980), según el cual, y de forma similar a la clasificación tradicional por tramos: alto, medio y bajo; en su parte más alta, la fuerte pendiente, la vegetación y la escasa anchura del río, lo dotan de unas características que podrían definirse como heterótrofas: las aguas del río carecen de suficientes productores primarios para que el balance de oxígeno sea positivo.

Más adelante, al disminuir la pendiente y recibir el agua de otros afluentes, incrementa la anchura del cauce, penetra la luz y los organismos fotosintéticos proliferan; este tramo puede considerarse autótrofo. Desde el punto de vista del flujo del agua, en este tramo se producen alternancias entre transporte y deposición. Por último, ya en los tramos bajos, con escasa pendiente, el agua está cargada de sustancias en disolución y partículas en suspensión, aloja gran cantidad de productores y consumidores, existe una fuerte competencia por el oxígeno. Se trata de un tramo eminentemente heterótrofo y de sedimentación.

---

<sup>5</sup> Datos calculados del Mapa Topográfico Nacional Beasain 88-IV 1:25000.



**Figura 1-10:** Esquema de las variaciones en origen energético y relaciones tróficas en los distintos tramos fluviales (Vannote et al., 1980).

Lógicamente, los organismos que pueblan los ríos han de adaptarse a estas características cambiantes. Estos cambios se reflejan en la evolución gradual de la distribución de las poblaciones, cuyas especies más aptas para sobrevivir y reproducirse en un tramo determinado son las que se encuentran en mayor proporción.

Dado que es un sistema sometido a constante exportación de materiales, su evolución en el tiempo no produce una sucesión en el sentido formal del concepto; en un tramo determinado, las poblaciones establecidas permanecen siempre en el mismo estadio. "En las aguas corrientes, el transporte se combina de alguna manera con la sucesión. Una misma

agua, con sus pobladores, circula a lo largo del cauce; las poblaciones que contiene están sometidas a cambios que, en gran parte son los que asociamos con la sucesión. La intersección de dos dinámicas, la del correr del agua y la secuencia o sucesión de las poblaciones en cada volumen de agua, conduce a la persistencia local de las características del agua y del aspecto de las comunidades de los organismos <sup>7</sup> "(Margalef, 1992). Es como el efecto del avance de un corredor en una cinta sin fin: existe movimiento pero la resultante neta es nula.

No obstante, desde el punto de vista antes mencionado de "continuo fluvial", se puede considerar que sí experimenta una sucesión en el sentido longitudinal de su trayecto, aumentando la biodiversidad y la acumulación de biomasa de forma neta en el tramo bajo con respecto al curso anterior.

El número de especies de animales bentónicos es muy grande así como también lo es la diversidad de sus formas de vida. Los invertebrados dulceacuícolas están bien adaptados a las aguas corrientes. La amplia variedad de hábitats que proporcionan los ríos es ocupada por estos macroinvertebrados: superficie de rocas y plantas, desechos de hojas, troncos, sedimentos, gravas, lodos de desechos orgánicos, etc. tanto que el patrón de distribución y la abundancia de estos organismos en una zona determinada del río, depende parcialmente de la disponibilidad de dichos microhábitats.

Tal como se puede apreciar en la figura 2 (Wallace and Merritt, 1980), algunos de los grupos representados aquí están ocupando distintos nichos disponibles en este transecto de río: a) el tricóptero de la familia Philopotamidae construye su tubo filtrador en la superficie de una roca; b) el tricóptero de la familia *Hydropsyche* se alimenta de materiales atrapados en su red; c) la larva del quironómido *Rheotanytarsus* también construye una red que le sirve de protección y captura de alimentos; d) la larva del mosquito de la familia Culicidae se coloca bajo la superficie del agua; e) la larva de *Chironomus* forma tubos en forma de J o U en los que se refugia y come; f) el efemeróptero *Hexagenia*, en su tubo en forma de U realiza movimientos que le ayudan a respirar y alimentarse; g) otro tricóptero de la familia Polycentropodidae se alimenta de las partículas y organismos que quedan atrapados en su gran red; h) el hidropsíquido *Macronema* en su

---

<sup>7</sup> La deriva producida por la corriente de las aguas regula la distribución de las poblaciones y su efecto puede magnificarse aguas abajo. No obstante los efectos de la competencia se patentizan en que las poblaciones de aguas abajo consiguen mantenerse diferentes de las de las poblaciones de tramos más altos.

compleja vivienda con su propia red interna; i) el tricóptero *Brachycentrus* en posición de filtración dentro de su estuche; j) larvas de dípteros de la familia Simuliidae adheridos a las hojas y en posición de filtración; k) el tricóptero *Polycentropus* construye galerías de entrada y salida de agua en terrenos sedimentarios; l) el efemeróptero *Isonychia* se instala entre las piedras y extiende las sedas para alimentarse.

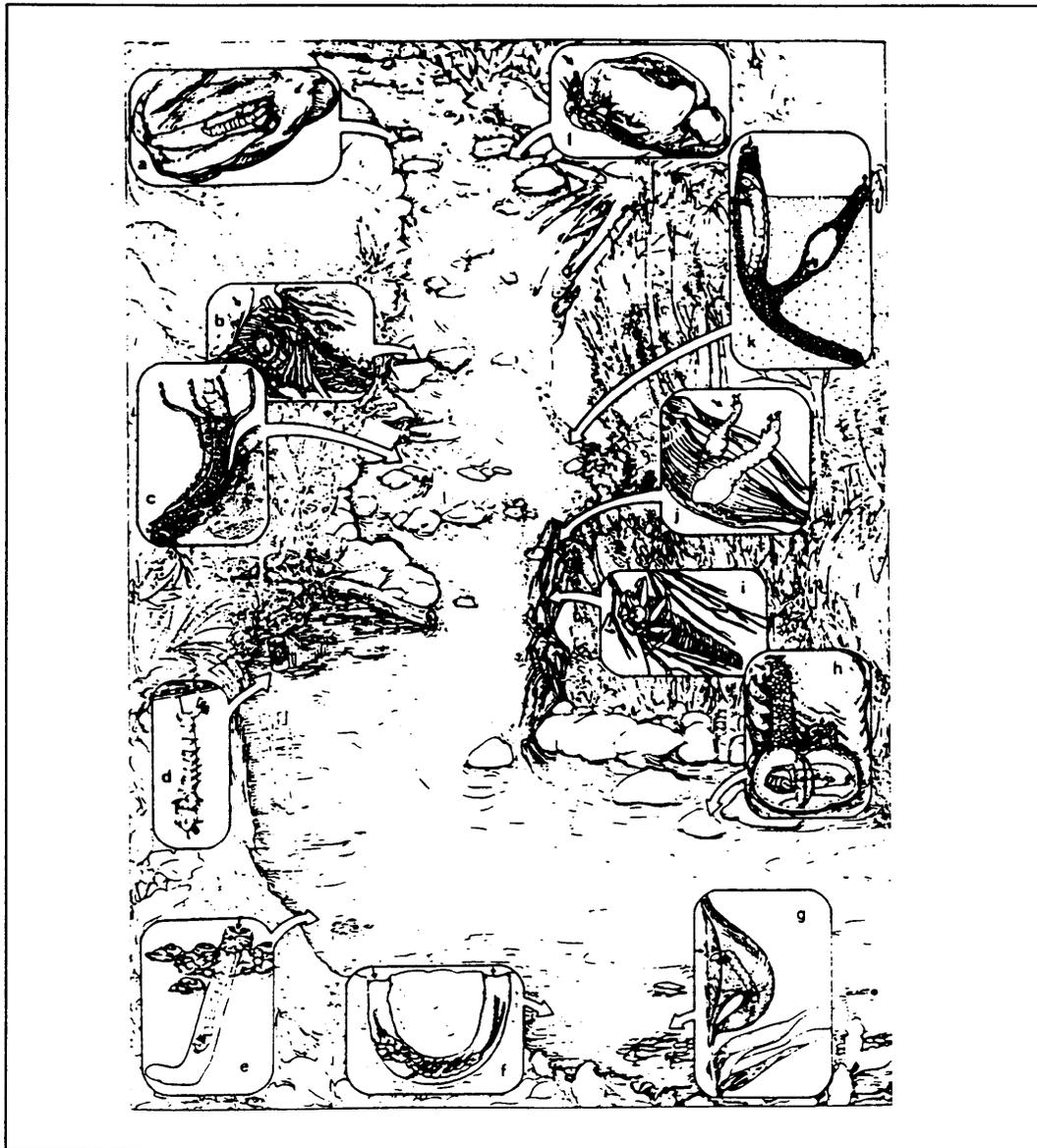


Figura 1-11: Ocupación de distintos nichos en un transecto de río. (Wallace and Merritt, 1980)

Los organismos descritos pertenecen únicamente algunos grupos estados larvarios los insectos, pero también se incluyen en los macroinvertebrados bentónicos los celentéreos, moluscos, platelmintos, anélidos, anfípodos, e isópodos . Se expone a continuación una tabla que recoge los grupos que han aparecido en este trabajo y por tanto que serán mencionados más adelante.

<i>TIPO</i>	<i>CLASE</i>	<i>ORDEN O SF</i>	
ANÉLIDOS	AQUETOS	RINCOBDELIFORMES	
	OLIGOQUETOS	OPISTÓPOROS PLES.PLESIOTECOS PROSÓPOROS	
ARTRÓPODOS	ARÁCNIDOS	ÁCAROS	
	CRUSTACEOS	ANFÍPODOS ISÓPODOS	
	INSECTOS	COLÉMBOLOS	
		COLEÓPTEROS	
DÍPTEROS			
EFEMERÓPTEROS			
HEMÍPTEROS			
ODONATOS			
MOLUSCOS	BIVALVOS	PLECÓPTEROS TRICÓPTEROS	
	GASTERÓPODOS	EULAMELIBRANQUIOS BASOMATÓFOROS GASTERÓPODOS MESOGASTERÓPODOS	
	NEMATELMINTOS	NEMATODOS	NEMATELMINTOS

El conjunto de estos organismos constituye una compleja red de relaciones tróficas que se integra perfectamente en las condiciones cambiantes de los ecosistemas fluviales, tal como se esquematiza en la siguiente figura en la que se representa la entrada de energía solar y materia alóctona (ya sea en forma de fragmentos, finamente particulada (MOFP) o disuelta (MOD)) y una representación de productores primarios, descomponedores y consumidores primarios y secundarios.

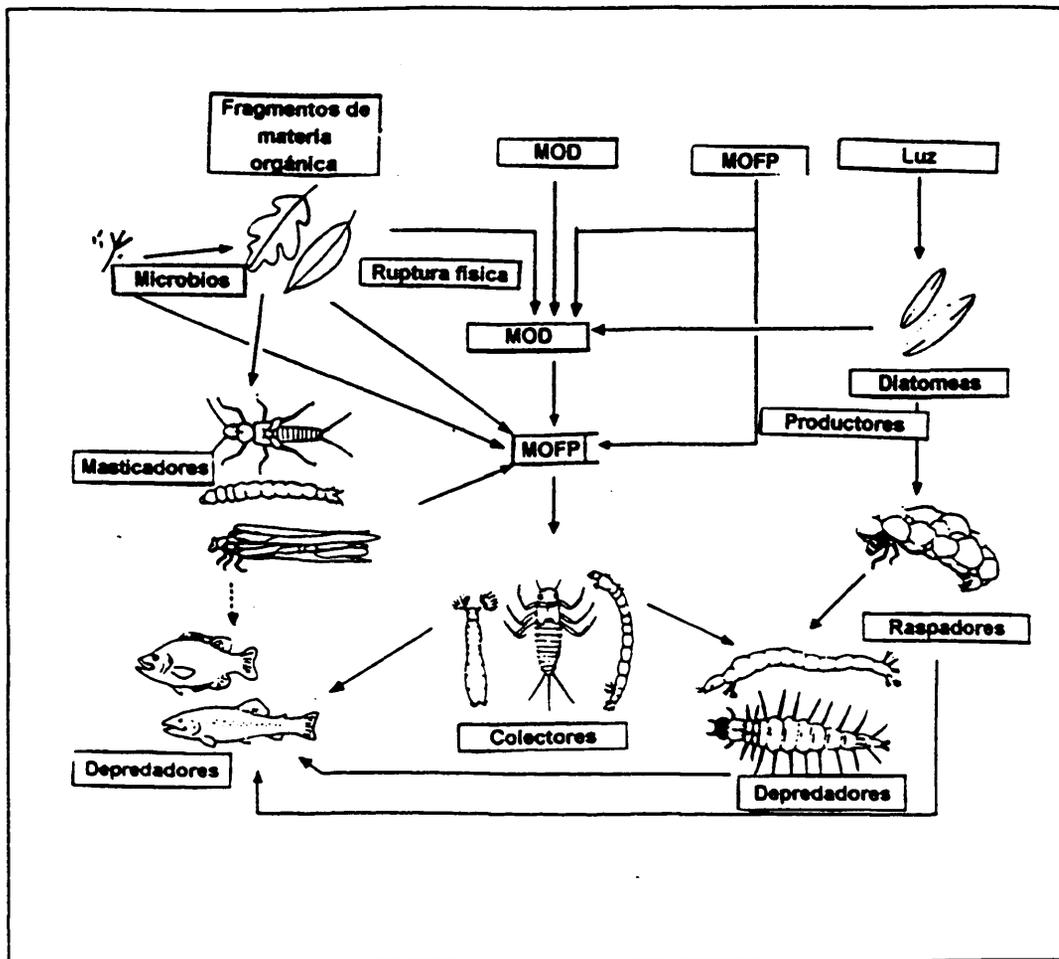


Figura 1-12: Flujo de energía y ciclo de la materia en sistemas acuáticos (Allan, 1995).

En la recogida de macroinvertebrados se han encontrado distintos estadios vitales de organismos. Se han considerado los adultos de anélidos, arácnidos, crustáceos, moluscos y nematodos, sin embargo, para los insectos sólo se han considerado los estadios verdaderamente acuáticos, que en general <sup>8</sup> son larvarios.

Dado que este trabajo no pretende profundizar en el aspecto sistemático de esta comunidad, a continuación se destacarán las características más útiles para ilustrar cómo estos taxones están inmersos en su biotopo.

#### 1.4.1.1.1 Anélidos

De entre ellos, los oligoquetos son mayoritariamente de aguas dulces, efectivamente ha aparecido un número relativamente elevado de estos

<sup>8</sup> Las excepciones, como adultos de coléopteros acuáticos, se comentarán más adelante.

organismos en nuestro estudio, a pesar de que el muestreo se ha realizado en zonas de gravera, en la que no se encuentran preferentemente.

Comprende varias familias: los naídidos suelen medir de 4 a 12 mm y nadan activamente, pudiéndose encontrar entre la vegetación o el sedimento.

Los tubificidos son más gruesos y miden hasta 20 mm de longitud. Poseen hemoglobina, lo que les capacita para vivir en sedimentos pobres en oxígeno.

Los lumbricúlidos son aun mayores, pueden llegar a medir hasta 30 cm de longitud. Los oligoquetos de mayor tamaño suelen vivir un año o más. La densidad de sus poblaciones suele ser muy grande, de 500 a 2000 individuos por m<sup>2</sup>, valores que en ocasiones hemos podido constatar en el río Estanda, por tanto, representan una parte muy importante en la biomasa del bentos. Su alimentación se basa en el material detrítico del bentos.

Los hirudíneos tiene una vida larga, se diferencian de los oligoquetos, entre otras cosas, en su división sexual y su dificultad de regeneración, también por su forma de vida:, aquellos de costumbres depredadoras, suelen pegarse a las piedras (*Erpobdella*) y los de costumbres parásitas (*Hirudo*), a los organismos que parasitan.

#### 1.4.1.1.2 Moluscos

Los bivalvos están muy bien adaptados a las aguas dulces llegando a presentar fenómenos de coevolución con los vertebrados (por ejemplo, la reconstrucción de las poblaciones aguas arriba con ayuda de peces reófilos a los que adhieren temporalmente sus larvas). Sus ciclos de vida son bastante largos, llegando incluso a más de una decena de años en algunos Unionidae. Suelen vivir semienterrados en el sedimento, siendo su forma de alimentación la filtración; esta característica les otorga un potencial acumulador de sustancias y por consiguiente, un papel destacado en la posible determinación de contaminación acuática.

De entre los gasterópodos, los prosobranquios son los más frecuentes; tienen una gran capacidad de dispersión y reconquista de territorios tras episodios de contaminación (se ha podido determinar que *Lymnaea peregra* es capaz de avanzar aguas arriba a una velocidad media de 2,4 Km por año (Hynes,1970). Los gasterópodos de agua dulce tienden a vivir sólo un ciclo anual, con un solo periodo reproductivo principal. Son micrófagos fundamentalmente, aunque algunos son filtradores (*Bythinia* y *Viviparos*)

#### 1.4.1.1.3 Crustáceos superiores

Los crustáceos llamados superiores incluyen muy diversos grupos. Los más importantes cuantitativamente son los isópodos, anfípodos y decápodos, aunque este último grupo no ha aparecido en nuestro estudio.

Los isópodos tienen distintos biotopos, hay grupos que viven en los acuíferos; aquellos que viven en ríos son tolerantes a la contaminación y parecen demostrar una preadaptación a la colonización de aguas subterráneas pues crían bajo capas de arenas, uno de los géneros más frecuentes es *Asellus*, es detritívoro, aunque parece que requiere la presencia de hongos en su alimento (Rossi, 1970.) Algunos grupos tienen una competencia muy violenta por lo que su distribución suele ser de tipo regular.

Los anfípodos son cuantitativamente más importantes, también tienen ciclos vitales largos, como *Gammarus*. Su densidad en el bentos es variable, desde unos pocos individuos a varios miles por metro cuadrado. La renovación de esta biomasa tiene lugar sólo una o dos veces al año.

#### 1.4.1.1.4 Arácnidos

Los ejemplares de agua dulce llamados hidracnelas o hidrácnicos, tienen ciclos de vida complicados y largos pudiendo incluir etapas de invernación. Han sido encontrados en nuestro sistema, aunque con distribuciones y abundancias muy irregulares tanto desde el punto de vista espacial como temporal.

La fase de huevo transcurre en reposo hasta que da lugar a una larva parásita (son hexápodos, suelen adherirse a insectos acuáticos), seguida de la primera pupa, dentro de la cual se forma la primera ninfa nadadora (4 pares de patas) que posteriormente mudará a una segunda pupa, de la cual sale la forma adulta sexuada. Existe una relativa exclusividad en la relación parasitaria, cada especie de hidracnela tiene su preferencia de hospedador; los más frecuentes son hemípteros y coleópteros, también quironómidos y simúlidos. La fase nadadora es carnívora.

Los hidrácnicos constituyen el grupo de ácaros acuáticos más importante.

#### 1.4.1.1.5 Insectos.

Desde el punto de vista numérico este es el grupo más importante en nuestro trabajo.

El hecho de que las formas juveniles se integren en ecosistemas menos maduros (acuáticos) que las formas adultas (terrestres) les dota de la capacidad de explotar los recursos de un sistema permanentemente sometido

a exportación y muy inestable, para ello, los ciclos vitales de este tipo de insectos con estados larvarios dulceacuícolas testimonia la correspondencia entre el desarrollo de la vida y las características globales del medio ambiente en que les toca vivir. “No hay duda que el desarrollo de los insectos, con la reconstrucción del cuerpo a partir de discos imaginales indiferenciados, invita a la que puede llamarse esquizofrenia evolutiva” (Margalef, 1983).

La mayoría de insectos de aguas epicontinentales puede distribuirse en tres grandes grupos ecológicos y taxonómicos:

- Insectos hemimetábolos: con formas inmaduras caminadoras (llamadas náyades o ninfas), que transcurrido un ciclo de vida largo en el agua, dan lugar a un adulto de vida aérea (imago). El número de especies es escaso pero su contribución a la biomasa de la macrofauna es importante. Son los órdenes de plecópteros, efemerópteros y odonatos.
- Aquellos que son acuáticos todas las fases de su vida: son la mayoría de los hemípteros y coleópteros. Se pueden incluir aquí los colémbolos, más asociados al neuston (como los hemípteros), con forma de vida preferentemente parásita, aunque algunos grupos se alimentan de polen y microorganismos de la película superficial del agua.
- Insectos holometábolos: también de formas acuáticas llamadas larvas, que tras la formación de la pupa dan lugar a adultos aéreos. Son neurópteros, tricópteros, lepidópteros, dípteros, himenópteros y algunos representantes del grupo anterior: coleópteros y hemípteros.

### Orden Efemerópteros

Tras una larga vida de la forma acuática con numerosas mudas ( de 10 a 50 ), los adultos se reproducen en unas pocas horas y mueren.

Tienen una o varias generaciones al año, uno de los géneros más comunes *Baetis* suele invernar en forma de ninfa y a veces de huevo.

Son micrófagos de superficie, es decir, se alimentan raspando la superficie de las piedras, también tienen cierto carácter filtrador: son colectores, recogiendo las partículas que quedan adheridas a las sedas de las patas anteriores.

### Orden Plecópteros

Tienen ciclos vitales de normalmente un año, pero a veces llegan a tres años, pudiendo pasar temporadas en diapausa, incluso fuera del agua. La fase inmadura también es más larga que la del adulto, pero a diferencia de los efemerópteros, éste último vive más tiempo.

Las ninfas son macrófagas, y las de las especies más grandes son depredadoras, persiguiendo a anfípodos, sanguijuelas y larvas de otros insectos.

### Orden Odonatos

En este caso, las formas adultas aéreas son más corpulentas y viven más que las inmaduras acuáticas.

Son macrófagos todo su ciclo vital, pues el adulto también se alimenta normalmente en vuelo.

Su desarrollo requiere de 10 a 15 mudas y oscila de varios meses a varios años.

### Orden Hemípteros

Sólo los heterópteros son acuáticos, y principalmente de aguas lólicas, sobre cuyas superficies nadan gracias a las adaptaciones de su cuerpo. No son propiamente organismos bentónicos pero sus costumbres alimenticias depredadoras pueden influir en nuestra taxocenosis y por ello se han incluido aquellos, no muchos, que han aparecido en nuestro muestreo.

Son macrófagos, alimentándose de algas, fragmentos de materia orgánica pero también de otros organismos como quironómidos.

### Orden Coleópteros

La mayoría de larvas y adultos son acuáticos ambos estadíos están bastante bien representados en el río Estanda.

Suelen ser depredadores y están bien adaptados para la caza, aunque cabe mencionar, por su abundancia, algunos grupos de la familia Elmidae que tienen larvas micrófagas y vegetarianas.

### Orden Tricópteros

Constituyen un grupo muy numeroso, con unas 5000 especies.

Las larvas, casi nunca nadadores, atraviesan varios estadíos antes de dar lugar a una pupa móvil.

La característica más destacable del grupo es la construcción de estuches y/o redes de distintas formas y materiales, con utilidades diversas de protección y alimentación.

Su forma de alimentación depende de su tamaño, pues si inicialmente se alimentan de partículas atrapadas en sus redes, al ir creciendo, llegan a ser depredadores.

## Orden Dípteros

En estado adulto siempre son de vida aérea. Las larvas están adaptadas a distintos hábitats acuáticos, pudiéndose distinguir numerosas familias: Tipulidae, Psychodidae, Culicidae o Dixidae de zonas estancadas y ricas en materia orgánica constituyen por su número una parte importante del ciclo de la materia en los ecosistemas acuáticos. En los ríos considerados son el Orden más numeroso, concretamente la Familia Chironomidae<sup>9</sup> presentan diversas adaptaciones al medio y tienen pues distintos hábitats y modos de alimentación, unos son macrófagos y móviles (tanipodinos), otros sésiles y filtradores o raspadores (quironómidos), otros son semiparásitos o comensales de otras especies. Los Simulidae, también son bastante frecuentes, están adaptados a la alimentación por filtración.

### *1.4.2 Factores físico-químicos que afectan a los macroinvertebrados bentónicos.*

Puesto que un objetivo de nuestro estudio es establecer cambios en la estructura como consecuencia de la explotación, es imprescindible conocer y tener en cuenta otros factores naturales que pueden estar condicionando esta estructura. Los factores más importantes son sin duda la propia vegetación riparia y del cauce, la velocidad de la corriente, el tipo de sustrato, el oxígeno y la temperatura.

Es obvio que la velocidad del agua es el factor determinante de la distinción entre los distintos sistemas acuáticos <sup>10</sup>, pero también lo es en lo que se refiere a las adaptaciones de forma, tamaño y comportamiento de los organismos que las habitan. En cuanto al sustrato, que en nuestro sistema es la gravera, es el factor que les proporciona anclaje, a veces alimento adherido al mismo, refugio, material de construcción, etc., hasta el punto de que hay comunidades muy distintas que son características de alguna categoría concreta de sustrato, como pedregoso o fangoso.

El oxígeno está muy ligado a la velocidad de la corriente y sobre todo a la temperatura, de la que depende tanto el consumo como la disponibilidad del mismo, siendo a veces difícil dilucidar cual de ellos prevalece como factor más importante. Las concentraciones de oxígeno que hemos encontrado en los cauces naturales son del orden de 11 mg/l con pequeñas oscilaciones que

---

<sup>9</sup> Los quironómidos, junto con los oligoquetos son los principales agentes en promover el ciclo de la materia en sistemas acuáticos (Cummins,1974).

<sup>10</sup> La velocidad de la corriente en nuestra zona de estudio está considerada en el apartado correspondiente de Materiales y métodos.

en ningún caso podrían afectar por sí mismas a la composición de nuestra taxocenosis.

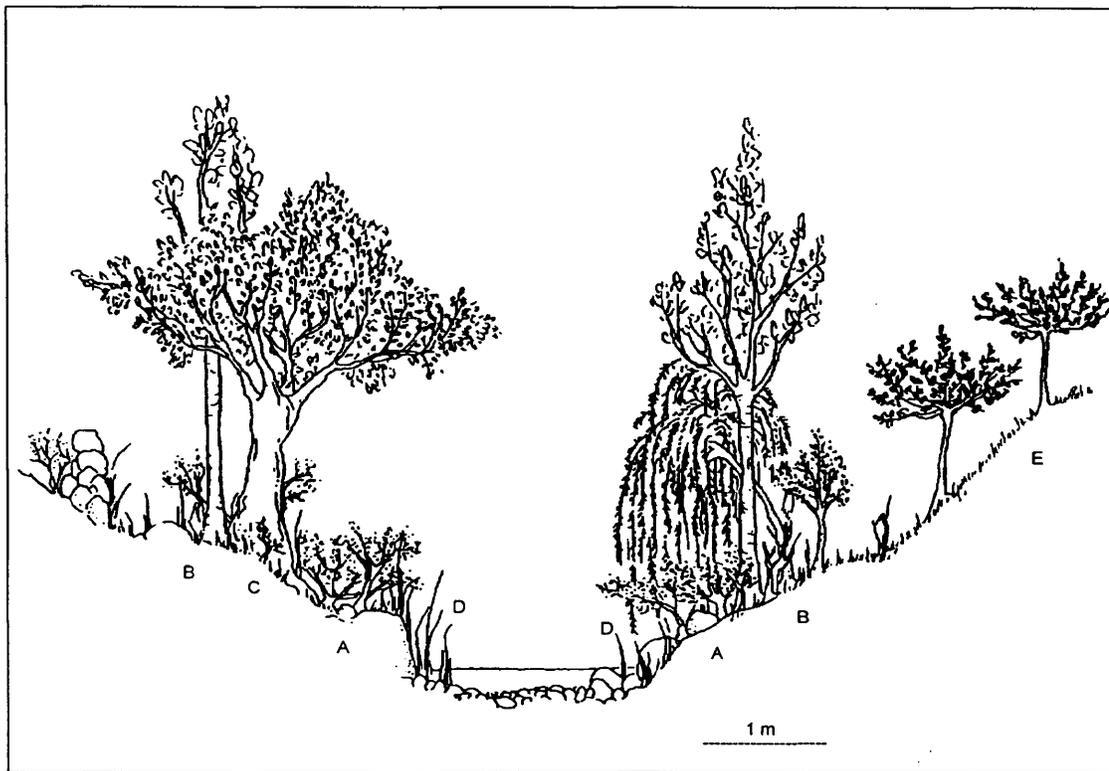
#### 1.4.3 Características del bosque de ribera en la zona de estudio:

El bosque de ribera es un componente más del ecosistema fluvial y como tal, sus características son determinantes en la composición de las comunidades de organismos que habitan en el propio río; tanto por la gran influencia que ejerce el grado de insolación sobre las aguas, como por su aporte de materia alóctona.

Se han considerado transectos longitudinales de la zona estudiada en los cuales se ha medido la anchura del bosque de ribera, la anchura de la orla espinosa, el número de pies de árboles, su altura y el diámetro de su copa en ambas márgenes.

La zona se caracteriza por usos agrícolas y ganaderos que llevan las lindes de las tierras casi hasta la orilla del río, esto provoca que la máxima anchura del soto de ribera del área muestreada sea del orden de 10 metros, siendo la media de unos 3 metros.

Ambas márgenes del río presentan una relativa abundancia de macrófitas (**D** en la Figura 1-13), y ya en la orilla un primer estrato de zarza de unos dos metros de anchura que no suele superar el metro y medio de altura, fundamentalmente constituida por *Rubus* sp. (**A** en la Figura 1-13). En las zonas despejadas predomina la vegetación nitrófila. El siguiente estrato está ya constituido por algunos ejemplares de vegetación típicamente riparia como *Alnus glutinosa* o *Salix* sp., (**B** en la Figura 1-13) con los que se entremezclan otros característicos de esta región bioclimática: *Quercus ilex* y *Q. petraea*, *Juglans regia*, *Corylus avellana*, *Castanea sativa*, *Fraxinus* sp. etc. (**C** en la Figura 1-13). A ambos lados del cauce abundan plantaciones de frutales como *Prunus avium* (**E** en la Figura 1-13) y repoblaciones de coníferas como *Pinus radiata*.



**Figura 1-13:** Corte transversal del río Estanda. Punto control

La recogida de datos en ambas márgenes nos ha proporcionado una aproximación del número de árboles por las unidades de transecto lineal de 50 metros de longitud por siete de anchura, este parámetro oscila entre los 14 y los 40 pies en cada margen. No existiendo diferencias significativas en el sentido longitudinal, aunque si hay diferencias de abundancia ocasionales en cualquiera de los dos lados cuando los cultivos o los muros de las parcelas se acercan al río y los árboles han sido talados.

Tampoco existen diferencias de cobertura <sup>11</sup> del sustrato arbóreo en la zona riparia, desde el punto control (E-1) hasta el impactado (E-3), habiéndose estimado, una media de 44 % de cobertura.

En cuanto a la abundancia relativa de cada especie arbórea encontrada, hemos podido valorar los siguientes porcentajes:

<sup>11</sup> Se ha valorado la cobertura como el porcentaje de la superficie de la unidad de muestreo que queda cubierta por la proyección horizontal de la vegetación arbórea en su conjunto.

	Márgenes		Ambas
	derecha	izquierda	
Acer campestre	6,41%	4,27%	4,96%
Alnus glutinosa	50,00%	10,37%	23,14%
Castanea sativa	2,56%	5,49%	4,55%
Cornus sanguinea	5,13%	6,71%	6,20%
Corylus avellana	0,00%	23,17%	15,70%
Crataegus monogyna	1,28%	3,66%	2,89%
Frangula alnus	0,00%	3,05%	2,07%
Fraxinus sp.	16,67%	0,00%	5,37%
Fraxinus angustifolia	5,13%	20,12%	15,29%
Ilex aquifolium	0,00%	0,61%	0,41%
Juglans regia	1,28%	0,61%	0,83%
Prunus avium	1,28%	0,61%	0,83%
Quercus ilex	0,00%	2,44%	1,65%
Quercus petraea	2,56%	6,71%	5,37%
Salix sp.	7,69%	12,20%	10,74%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 1-IV: Composición relativa de las especies del soto de ribera.

La conclusión que se desprende de estos datos es que la composición de la vegetación de ribera no introduce una variabilidad adicional al sistema muestreado.

#### 1.4.4 Perfil y dimensiones del cauce:

La valoración del grado de inclinación de las orillas del cauce puede proporcionar información sobre el tipo y abundancia de nichos en los que los macroinvertebrados pueden refugiarse. Cuanto más leve sea ésta, hay más superficie de inundación para la existencia de macrófitas o piedras de distintos tamaños en zonas remansadas en donde los macroinvertebrados suelen buscar refugio y desplazarse en momentos de crecida o puesta.

Se han realizado diversas medidas en un transecto longitudinal de 125 m y se ha podido comprobar que ambas riberas no son homogéneas, presentando el lado derecho mayor inclinación que el izquierdo en casi todo el tramo.

<i>Lado</i>	<i>Inclinación media (°)</i>	<i>n</i>	<i>Intervalo (L.C. 95%)</i>
orilla izquierda	38	7	de 17 A 59 °
orilla derecha	63	7	de 41 a 84 °

Tabla 1-V: Inclinación media del perfil del cauce.

Esta tendencia persiste de forma general en toda el área muestreada, si bien el perfil del cauce propiamente dicho está casi siempre bastante encajado, sobre todo la orilla derecha.

En el punto control (E-1) la pendiente del lateral derecho del río es bastante pronunciada y está ocupada por pastos y cultivo de frutales, el lateral izquierdo está predominantemente destinado a pastos y es algo menos pendiente. El siguiente punto de muestreo (E-2), antes de la confluencia con el arroyo Gesala presenta cierto encajonamiento del cauce, siendo ambas plataformas laterales más o menos planas y también dedicadas a pastos. El arroyo Gesala en su cauce natural (G-4) discurre entre dos linderos de fincas invadidos de vegetación y árboles; el lado derecho sigue siendo más pendiente que el izquierdo. Ya por último el punto E-3 es el que presenta mayor encajamiento del cauce, llegando a haber desniveles de hasta dos metros con la plataforma del soto.

Por otra parte, se tomaron medidas de anchura, profundidad y velocidad de corriente en distintas épocas de muestreo. La siguiente tabla (Tabla 1-VI) proporciona información sobre la anchura y profundidad medias, así como los valores de máxima profundidad encontrados.

<i>Medias obtenidas en 4 muestreos</i>	<i>E-1</i>	<i>E-2</i>	<i>E-3</i>	<i>G-4</i>
Anchura media (m)	2.1 ± 0.3	2.3 ± 0.6	2.9 ± 0.9	1.3 ± 0.5
Profundidad media (m)	0.14 ± 0.02	0.12 ± 0.05	0.16 ± 0.06	0.12 ± 0.02
Máxima profundidad (m)	0.28 ± 0.06	0.20 ± 0.07	0.28 ± 0.10	0.18 ± 0.03

Tabla 1-VI: Anchuras y profundidades medias encontradas.

Mediante un análisis de varianza se puede comprobar que únicamente existe una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en la media de la

profundidad de los puntos E-3 y G-4, aunque no es lo suficientemente grande como para afecte a la biota.

El régimen de precipitaciones si introduce un efecto diferenciador; al igual que ocurre con el caudal, la elevada pluviosidad del mes de Abril de 1994, produce diferencias significativas entre este periodo y el resto en la anchura del cauce, siendo la máxima en este mes y la mínima en Junio de 1994.

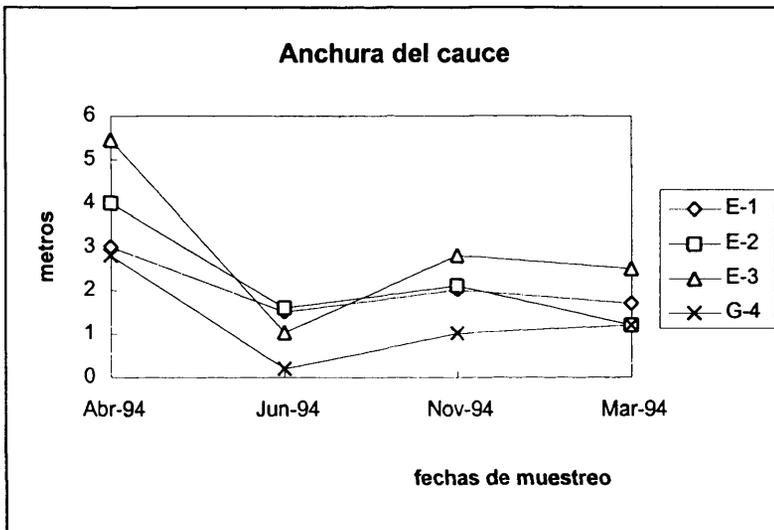


Gráfico 1-1: Medidas de anchura del cauce en distintos muestreos.

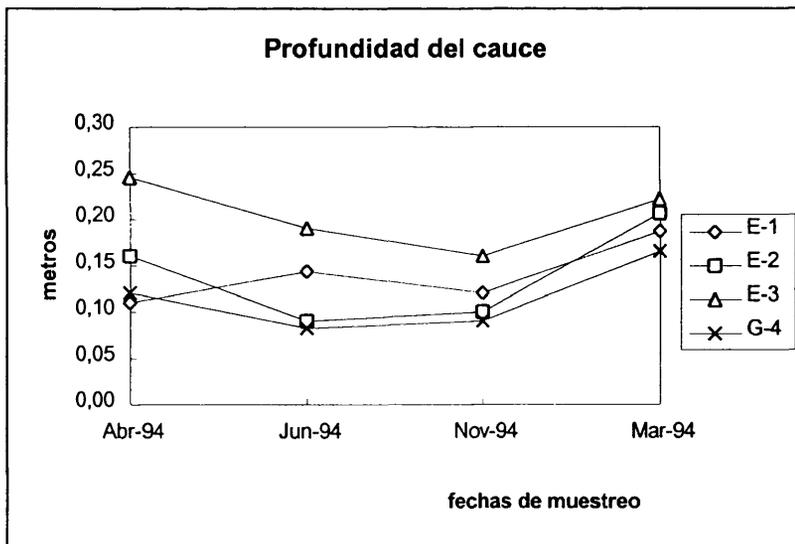


Gráfico 1-2: Medidas de profundidad del cauce en distintos muestreos.

Estas variaciones estacionales no afectan sustancialmente al objetivo de este trabajo dado que todos los puntos de muestreo están sometidos a las mismas circunstancias en cada momento y por tanto, evolucionan en paralelo; es decir, cuando la anchura o la profundidad suben en época de lluvias, lo hace en todos los puntos simultáneamente.

#### 1.4.5 Características del lecho fluvial

El lecho fluvial es el biotopo de los macroinvertebrados bentónicos. Sus características influyen de forma determinante en el tipo de comunidad que va a habitarlo. Es muy importante establecer sin género de dudas que este factor no está produciendo variaciones entre los puntos de muestreo.

Una de las clasificaciones del lecho fluvial más útiles desde el punto de vista biológico divide el sustrato por tamaños.

Diámetro de la partícula (mm)	Clasificación del material <sup>12</sup>
610.0 ó más	pedras grandes
de 305.0 a 609.0	pedras pequeñas
de 76.1 a 304.0	guijarros
de 4.81 a 76.0	grava
de 0.83 a 4.80	sedimento grueso
menor de 0.83	sedimento fino

Tabla 1-VII: Clasificación del sustrato del lecho fluvial según el tamaño de materiales. (Platts, 1983)

Se puede por tanto definir cualitativamente el tipo de sustrato y abordar una aproximación cuantitativa mediante porcentajes con el fin de comparar zonas de muestreo.

El punto control (E-1) fue objeto de una prospección de unos 100 metros de longitud para valorar el tipo de sustrato predominante; en dicho tramo se realizaron cuatro réplicas de valoración porcentual de tipo de sustrato. Con la debida prudencia a la hora de caracterizar un parámetro tan dinámico

<sup>12</sup> Dada la especificidad en los términos, es conveniente incluir referencia a la traducción inglesa: piedra = "boulder"; guijarro = "cobble"; grava = "gravel"; sedimento = "sediment".

como es el lecho fluvial de un río, se puede considerar que en este transecto las denominadas piedras grandes (de más de 60 cm de diámetro) aparecen sólo ocasionalmente, la siguiente categoría de piedras pequeñas (de 30 a 60 cm) ocupa aproximadamente un  $38 \pm 15$  %; los guijarros y gravas (de 5 a 30 cm) constituyen el grupo predominante con aproximadamente un  $56 \pm 11$  % de presencia. El sedimento es difícil de encontrar, sólo aparece en las zonas de irregularidades y hoquedades de los laterales remansados, o en zonas protegidas de la corriente por macrófitas o piedras grandes. Su valoración cuantitativa es muy difícil dada su irregular distribución, aunque a modo informativo se puede calcular por diferencia con respecto a los otros tipos de sustrato, ocupando siempre menos de un 10 % del sustrato.

El siguiente punto de muestreo (E-2) presenta aproximadamente los mismos tipos de sustrato. Aguas abajo, tras haber recibido aguas procedentes de la zona de la explotación, el punto impactado (E-3) presenta un aumento en la proporción de piedras grandes en forma de losa que ocupan parte del centro del lecho fluvial, no obstante, en los muestreos de fauna bentónica se han evitado estas zonas, resultando que el número de piedras aparecidas de distintos tamaños por unidad de muestreo recogida <sup>13</sup> no presenta diferencias significativas con respecto a los tomados en los puntos anteriores del río. Es necesario hacer una salvedad: a partir de la inundación de la zona de laboreo que se produjo de forma masiva a partir de los meses de febrero o marzo de 1995, las aguas bajaban cargadas de partículas en suspensión, como consecuencia, el último muestreo presentaba una diferencia clara con respecto a los anteriores debido a la deposición de partículas en el fondo del lecho, formando una capa de algunos centímetros <sup>14</sup>. En posteriores trabajos en la zona realizados unos meses después, esta capa desapareció, aunque desde entonces la presencia de sedimento en ese punto impactado siempre es mayor que en el resto de aguas arriba. Algo similar ocurre con el arroyo Gesala en su cauce natural: hasta marzo de 1995 el sustrato era análogo al resto de los puntos de muestreo, pero en esa fecha aparecía cubierto de una gruesa capa de sedimento.

En cuanto a la temperatura, también afecta de forma crucial al crecimiento de los individuos y por tanto a sus ciclos vitales.

Uno de los ejemplos clásicos y más completos del ciclo vital de distintos grupos de invertebrados se resume en la Figura 1-16. El eje de

---

<sup>13</sup> La unidad de muestreo es el Surber, con una superficie de 0,09 m<sup>2</sup>.

<sup>14</sup> Este fenómeno se describe en el apartado "La precipitación férrica" del efecto de la contaminación de las explotaciones mineras.

ordenadas indica el tamaño relativo, el de abcisas representa el tiempo. Cada línea representa el desarrollo de un grupo de animales y su pendiente la rapidez del crecimiento. Los pequeños trazos verticales en cada línea representan el periodo de puesta de huevos.

La figura incluye dos años consecutivos para representar claramente la distinta duración de los ciclos. Los números que acompañan a cada especie representan un índice que expresa un promedio de animales capturados en cada una de sus campañas. Los animales de costumbres carnívoras están subrayados, sobre ellos están los herbívoros. El objetivo del trabajo de Hynes (1961) era distinguir claramente distintas categorías de ciclos vitales, así como su contribución relativa a la producción del sistema.

Se pueden distinguir aquellas especies tipo "N", cuyos tamaños no sufren variaciones significativas a lo largo del ciclo anual; son aquellas que necesitan de varios años para completar su desarrollo. Las especies tipo "S", tienen un crecimiento lento durante la mayoría del ciclo, incluido el invierno y también tienen un largo periodo de puesta; sus momentos de emergencia los hacen distinguirse a su vez en  $S_1$ ,  $S_2$  Y  $S_3$ . Las especies del grupo "F" son de crecimiento y puesta rápidos, destaca el grupo  $F_1$  que pasa la mayoría del invierno en estado de huevo. Es importante de la puesta temprana en estos arroyos pedregosos como los nuestros: los índices de los grupos  $F_1$  y  $S_2$  son más del doble que la suma de todo el resto. Hynes especula sobre la escasa producción estival y la atribuye a la escasez de alimento, por tanto, el primer suministro otoñal de hojas muertas debe ser muy bien aprovechado.

Cuando una especie sustituye a otra sus esquemas vitales son similares. Esto implica que las posibles diferencias a tener en cuenta en los sistemas fluviales no son tanto las de la lista de especies como la de la naturaleza de su ciclo vital. Este punto de vista entra de lleno en la función que desempeñan los componentes de un sistema, que en este trabajo no ha sido considerada, aunque se dispone de los datos suficientes para abordarla en el futuro. El fenómeno de sustitución de unas especies por otras en el transcurso de su ciclo vital obliga a considerar cuidadosamente la elección de los periodos de muestreo y a la prudencia a la hora de valorar los fenómenos de desaparición de especies <sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Esta circunstancia ha sido tenida en consideración y evitada tal como se explica en el capítulo de Material y Métodos.

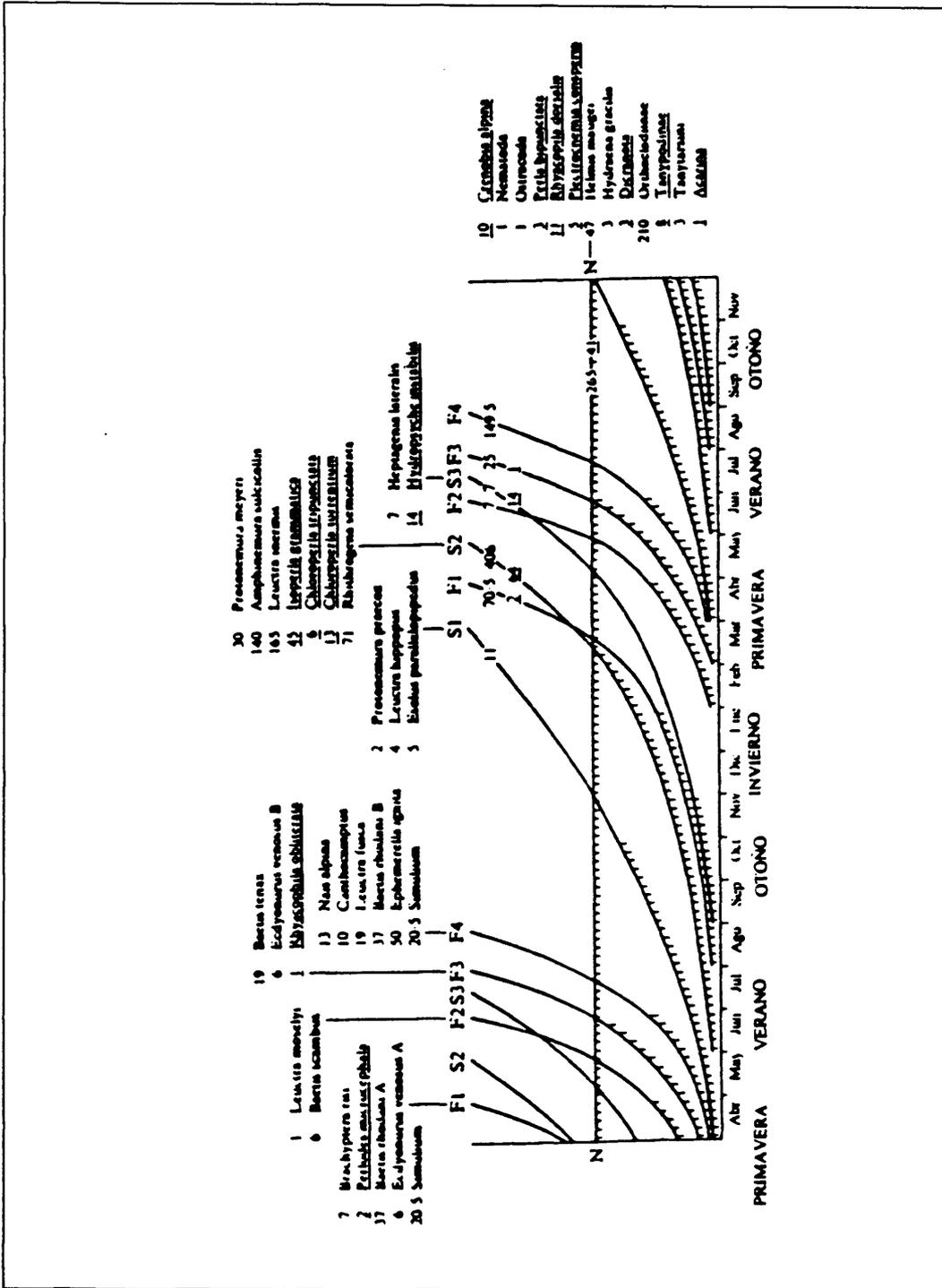


Figura 1-14: Abundancia relativa y ciclos vitales de macroinvertebrados bentónicos. (Hynes, 1961)



## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 Estaciones de muestreo

Se eligieron seis áreas de muestreo mediante procedimiento sistemático aleatorio estratificado.

Las estaciones de muestreo (véase fig. II.1) se sitúan así:

ZONA DE MUESTREO	CUENCA FLUVIAL	DISTANCIA AL ORIGEN (*) (m)	ALTITUD (m sm)	DESCRIPCIÓN
E-1	ESTANDA	570	300	Punto control. Aguas arriba de la mina
E-2	ESTANDA	2570	240	Antes de la confluencia con el arroyo Gesala
E-3	ESTANDA	3370	230	Tras la confluencia con el arroyo Gesala

ZONA DE MUESTREO	CUENCA FLUVIAL	LONGITUD (m)	ALTITUD (m sm)	DESCRIPCIÓN
G-3	GESALA	900	260	En el cauce artificial
G-4	GESALA	150	240	Arroyo en cauce natural, tras contacto con el aliviadero de la balsa de estériles
X-2	INSTALACIONES	-		Balsa de estériles de la planta de tratamiento de la mina.

(\*) Se considera origen la unión de diversos arroyos de escorrentía en un cauce aproximadamente igual al de la zona de muestreo, para el caso del Estanda. Para el Gesala, el origen es el principio del canal artificial cuyas aguas surgen subterráneas de la Boca Norte de la mina.

Tabla 2-I. Características de los puntos de muestreo

En los estudios preliminares se tomaron muestras más alejadas de la mina E-4 (localizado en el municipio de Ormáiztegui, apenas a 2 km de la mina) Y E-5 (localizado en el municipio de Beasaín, a 6,3 km de la mina, en la confluencia con el río Oria), sin embargo, al existir numerosos focos de contaminación casi inmediatos, (empresa siderometalúrgica, gasolineras, etc.) los resultados de la analítica de las variables no pueden ser adjudicados indefectiblemente a los efectos que produce la explotación minera, por esta razón, en los muestreos sucesivos se eliminaron estos puntos de muestreo.

La elección de las distintas áreas de muestreo obedece en sus características a la necesidad de reducir al máximo la variabilidad del entorno con el fin de que no sea éste el causante de las posibles diferencias entre las variables elegidas en este estudio.

La longitud aproximada del cauce estudiado no excede los 3 km. En este tramo la pendiente experimenta un ligero descenso desde valores que rondan el 5 % en el punto control (E-1) al 3 % en el último punto (E-3) estas diferencias no introducen variabilidad en las características de la zona de muestreo.

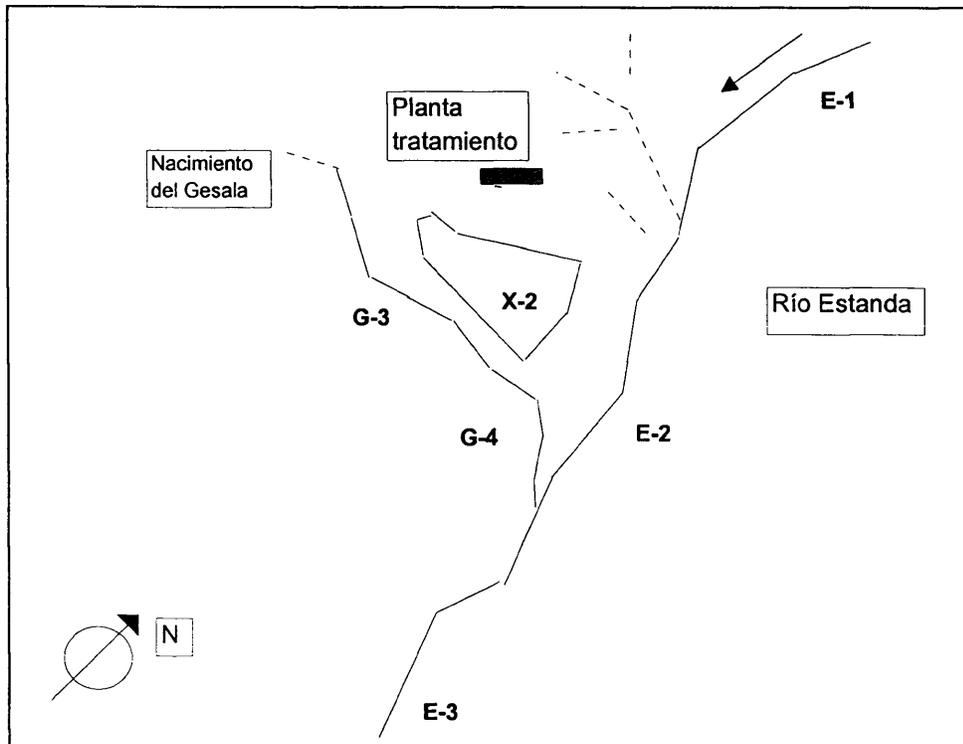


Gráfico 2-1: Esquema de la ubicación de los puntos de muestreo.

## 2.2 *Parámetros ambientales*

Las variables que se describen a continuación han sido elegidas en virtud de su capacidad de influir en aquellas que son objeto principal de estudio de este trabajo: metales pesados y macroinvertebrados bentónicos.

### 2.2.1 *Temperatura*

La medida de la temperatura en distintos puntos del río se realiza mediante un termómetro, teniendo en cuenta la hora para eliminar las diferencias del ciclo diario. También puede variar con la profundidad, aunque en el caso que nos ocupa, este aspecto no es de relevancia.

Se realizan al menos tres medidas en cada punto de muestreo. El termómetro utilizado está incorporado al pH-metro.

### 2.2.2 *pH*

Se trata de un factor determinante en la mayoría de los procesos naturales y de un componente crítico en los sistemas biológicos, tanto desde el punto de vista

de la flora y fauna, como de la dinámica de la carga química que alojan las aguas.

El principio básico de la medida electrométrica del pH se basa en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno mediante potenciometría, usando un electrodo de hidrógeno estandar y un electrodo de referencia. La fuerza electromotriz producida en el electrodo varía linealmente con el pH. El instrumento de medida se calibra potenciométricamente usando soluciones tampón estándar. La medida del pH de la muestra se determina, pues, por interpolación o extrapolación.

El aparato de medida utilizado pHmetro portátil FE 257 EDT instruments, con corrección automática de temperatura. Se realizan al menos tres medidas en cada punto de muestreo.

### **2.2.3 Conductividad**

Esta variable proporciona un método rápido para estimar la cantidad de sales disueltas. Se trata de la expresión numérica de la capacidad de una solución acuosa de conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad está relacionada con la concentración total de sustancias ionizadas y con sus respectivas concentraciones, movilidades y valencia, así como con la temperatura a la que se realiza la medida.

El conductivímetro empleado ha sido Conductivímetro portátil 524 CRISON con corrección automática de temperatura. Se tomaron al menos 3 medidas en cada punto de muestreo.

### **2.2.4 Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto es uno de los constituyentes menos constantes en el agua debido a su implicación en multitud de procesos químicos y biológicos y a su sensibilidad a las condiciones físicas. El control de sus posibles variaciones es muy importante en la interpretación de los resultados.

Las medidas se ha realizado in situ, empleando un Espectrofotómetro HACH DR/2000 con ampollas Accuvac, basados en el método Winkler (APHA-AWWA-WPCF,1980).

Otras variables tenidas en cuenta para el estudio fueron:

### **2.2.5 Caudal**

Con el fin de estimar el caudal en los distintos puntos de muestreo, se llevó a cabo el siguiente procedimiento de toma de dimensiones (Stednick, 1991):

En primer lugar se elige un lugar sin demasiadas irregularidades y se mide la anchura total del cauce en metros; a continuación se van tomando medidas de la

profundidad a intervalos regulares cuyo número ha de ser mayor cuanto más irregular sea el terreno. Se forman así subsectores de la sección del río en los cuales se mide la velocidad durante 60 segundos con un velocímetro a una profundidad aproximada de 2/3 de la existente.<sup>1</sup>

La estima del caudal es la resultante de sumar todos los caudales de cada uno de los subsectores:

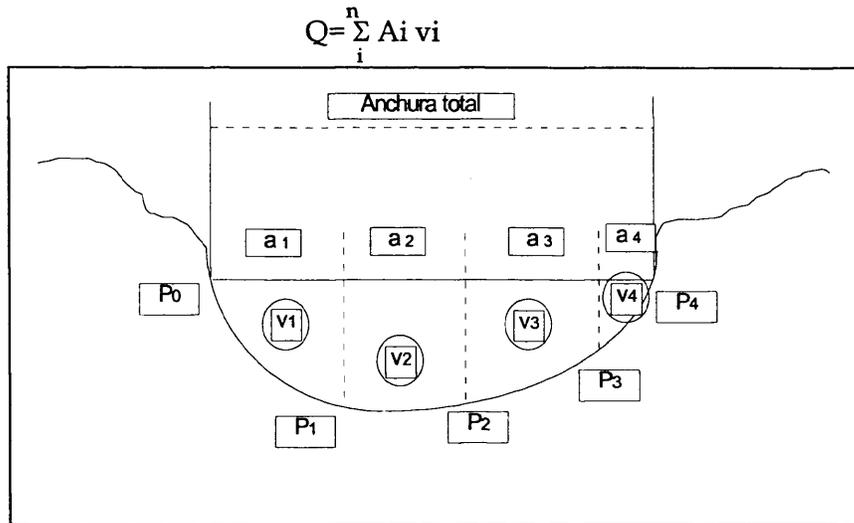


Figura 1: Esquema de la sección transversal del caudal de un río.

Cada subsección tiene el área  $A_i = \frac{(p_n + p_{n-1})}{2} a_n$

En la elección de áreas de muestreo se ha tenido en cuenta la homogeneidad en las medidas de anchura, profundidad y pendiente del cauce (y por tanto de caudal) con el fin de que estos factores tan influyentes sobre los macroinvertebrados bentónicos y sobre la dinámica de precipitación-resuspensión de partículas no interviniesen en la variabilidad de los datos.

### 2.3 Material biológico. Macroinvertebrados bentónicos.

Se han recogido los macroinvertebrados bentónicos con tamaño superior a 500  $\mu\text{m}^2$ . Estos organismos presentan unos requerimientos muy específicos en cuanto a su distribución en los tramos y tipo de hábitat. Se han elegido en este trabajo porque tienen unas características de abundancia, distribución, ciclo vital y movilidad que pueden proporcionar información sobre el estado

<sup>1</sup> La altura para medir la velocidad depende de la profundidad del cauce. Si la profundidad supera el metro es conveniente hacer dos medidas, una superficial y otra profunda para evitar las diferencias debidas a los flujos laminares del agua.

<sup>2</sup> Este tamaño es algo inferior al prescrito por la Asociación de Salud Pública americana (APHA,1980) de 0.023 pulgadas, (0,589 mm).

relativo de conservación del río donde habitan, y constituyen una taxocenosis clave para interpretar posibles cambios en la estructura de la comunidad.

A los efectos de este trabajo, no existe diferenciación posible entre tramos del río puesto que todas las muestras pertenecen a un tramo medio alto y de características fisiográficas semejantes, no interviniendo en la posible existencia de diferencias en la distribución.

### **2.3.1 Muestreo**

La localización de los puntos de muestreo está condicionada por los objetivos del trabajo. Se optó por un muestreo de tipo sistemático considerando el flujo direccional del río, tomando muestras antes (punto control), en y después de la ubicación de la explotación (véase Gráfico 2-1: Esquema de la ubicación de los puntos de muestreo.); estratificado para disminuir la variabilidad en la naturaleza del sustrato del área muestreada que puede afectar a la distribución de macroinvertebrados bentónicos, y aleatorio porque tras cumplir los criterios anteriores, la ubicación exacta de la toma de muestras, se realizó al azar.

#### *2.3.1.1 Dimensiones de unidad de muestreo : tamaño y forma*

La elección de estos factores dependen de la morfología, movilidad y densidad de las especies a muestrear. Las dimensiones deben estar relacionadas con la superficie o el volumen del hábitat que constituye el área normal de movimiento del organismo y de su distribución espacial.

Tras un primer muestreo preliminar de tipo semi-cuantitativo realizado en Junio de 1993, se pudo comprobar que los organismos presentaban una distribución de tipo contagioso, para el cual son más eficientes las unidades de muestreo pequeñas, tienen como ventaja que se pueden tomar más unidades de muestreo con el mismo trabajo y que una muestra con muchas unidades pequeñas tiene más grados de libertad, reduciendo así el error estadístico; tiene como desventaja el gran número de ceros que resulta si la especie tiene baja densidad.

De forma genérica, la elección de la unidad de muestreo debe seguir ciertas condiciones, como la equiprobabilidad, la capacidad de ser cuantificadas en superficie o volumen y la de ser delimitables en el campo. Todas estas condiciones se reúnen en el muestreador tipo Surber. Está basado en el creado por Surber en 1937. Se trata de un marco doble de 30 cm de lado. A uno de los marcos se le incorpora una red de un tamaño de malla determinado (en nuestro caso 0,5 mm), y el otro marco, haciendo de base, debe ser apoyado por completo sobre el lecho del río para evitar comunicaciones entre las zonas interior y exterior a sus límites.

Las piedras grandes deben ser levantadas y los macroinvertebrados que pudieran hallarse en su cara inferior se recogen también, una vez hecho esto, se removerá el sedimento siempre hasta la misma profundidad (aproximadamente 5 cm) y durante un tiempo estandarizado que en nuestro

caso fue de 2 minutos por muestra. <sup>3</sup> Los macroinvertebrados y las partículas removidas serán atrapadas por la red debido al sentido de arrastre de la corriente del agua.

Como todo método de muestreo presenta algunas limitaciones (Chutter, 1972; Margalef, 1983), sin embargo, se trata del aparato de muestreo cuantitativo más utilizado y se pueden obtener datos de la representación del taxón como porcentaje de la fauna total.

### 2.3.1.2 Frecuencia del muestreo

Dadas la dependencia de la distribución y abundancia de los macroinvertebrados del bentos con las estaciones del año, no deben confundirse estas variaciones con las producidas por alguna alteración antropogénica, que en este caso se solapa.

MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	G-4	E-1	E-2	E-3
VI/93	+	+	+	+
VIII/93	+	+	+	+
IV/94	+	+	+	+
VI/94	+	+	+	+
XI/94	+	+	+	+
III/95	+	+	+	+

Leyenda : + disponible - : no disponible

Tabla 2-II: Fechas de muestreos de macroinvertebrados bentónicos.

### 2.3.1.3 Nivel Taxonómico:

Existe controversia en lo que se refiere a esta cuestión pues algunos autores argumentan que en el seno de una unidad taxonómica mayor se mezclan especies que tienen biología diferentes y en consecuencia los índices biológicos pierden su significación. Para rebatir esta opinión se puede argumentar que en primer lugar las unidades taxonómicas por encima de la especie suponen una homogeneidad ecológica y etológica; habiendo por otro lado más diferencias entre los aspectos biológicos de especies de familias diferentes que entre especies de una misma familia. Las vidas larvarias de los insectos, por ejemplo, suelen ser bastante coherentes para una familia determinada. En segundo lugar, la mezcla de aspectos biológicos también se realiza a nivel específico puesto que las especies consideradas pasan por distintas ecofases, por distintas clases de tamaños, incluso por distintos nichos de forma que su significado ecológico también es distinto. Además, la justificación principal se puede basar en una correlación manifiesta entre las diversidades observadas a distintos niveles taxonómicos.

<sup>3</sup> El tiempo de muestreo puede variar, no obstante parecen ser suficientes 30 segundos (Hughes, 1978)

Allí donde las especies son diversas, sus géneros y sus familias también lo son y viceversa. (Frontier, 1993). Otros autores apoyan esta elección: Lenat, 1994; Calow, 1994)

En este trabajo se ha empleado el nivel taxonómico de Familia para calcular el número de individuos por metro cuadrado, ya que este es el nivel mínimo común para todos los ejemplares. Se han identificado hasta género casi todos los ejemplares de insectos, moluscos y crustáceos.

#### 2.3.1.4 Número de muestras:

La obtención de un número de réplicas suficiente para caracterizar una taxocenosis en un punto determinado suele ser de varios cientos, sin embargo, en estudios de contaminación en los que se están comparando puntos con distintos grados de alteración, únicamente se necesita establecer diferencias significativas entre el punto control y los puntos afectados, esto reduce el número necesario. Para ello se puede utilizar la siguiente fórmula, basada en el trabajo de Elliot (1977) y propuesta por Morin (1985):

$$n = \frac{s^2}{p^2 x^2}$$

Utilizando los datos transformados del muestreo semi-cuantitativo de Junio de 1993 en el que se recogieron un total de 115 ejemplares, y admitiendo un nivel de precisión del 20%, obtenemos los siguientes resultados:

puntos	S1	S2	S3	S4	T	media	varianza	n
E-1	1,05	1,42	0,92	1,05	18	1,11	0,05	3,78
E-2	0,92	0,92	1,37	0,92	12	1,03	0,05	4,86
E-3	1,68	0,92	1,34	0,92	73	1,21	0,14	9,27
G-4	1,21	0,92	0,92	1,31	12	1,09	0,04	3,40
Suma de datos sin Transform.					115	media n		5,33

En lo sucesivo se decidió tomar por tanto seis réplicas de muestreo por punto.

#### 2.3.1.5 Variables elegidas:

Los parámetros que se utilizados para contrastar las hipótesis del trabajo son las siguientes:

**Densidad:** Es el nº de individuos presentes por unidad de superficie calculado para un metro cuadrado a partir de las seis réplicas de campo recogidas en cada punto y fecha.

$$D = N^{\circ} \text{ individuos/superficie.}$$

La magnitud de esta variable está fuertemente condicionada por variaciones estacionales, además presenta una gran dependencia entre la media y la varianza de los datos obtenidos, es por ello que tras ser calculada utilizando el número de individuos por metro cuadrado por cada Familia es objeto de posterior transformación.

**Dominancia:** Es un parámetro integrador del grado de preponderancia numérica que pueden presentar unos grupos con respecto a otros. La dominancia se calcula a partir del número de individuos presentes por metro cuadrado en cada familia. Se emplea el grado de dominancia de Simpson, basado en el índice de Simpson (1949), posteriormente modificado por Whittaker (1965) y acuñado por Odum (1971) como índice de dominancia propiamente dicho, y cuya expresión es la siguiente:  $D = \sum (n_i/N)^2$

siendo  $n_i$  : el número de individuos de una Familia determinada por metro cuadrado y N el total de individuos. Los valores que puede presentar la Dominancia van de 0 a 1, de menor a mayor grado de desequilibrio en el reparto porcentual.

**Diversidad:** Tal como se ha visto en la introducción, existen múltiples aproximaciones a la definición y medida de la diversidad. Margalef (1951) enuncia que cualquier índice de diversidad debe expresar una relación entre el número de especies y el número de individuos, teniendo en cuenta su distribución. Asimismo define la diversidad como una función monótona cuyo mínimo se produce cuando todos los elementos pertenecen a la misma clase y cuyo máximo tiene lugar cuando todos los elementos pertenecen a una clase diferente (Margalef, 1969). En este trabajo se utiliza un índice de biodiversidad basado en la teoría de la Información (Shannon y Weaver, 1949).

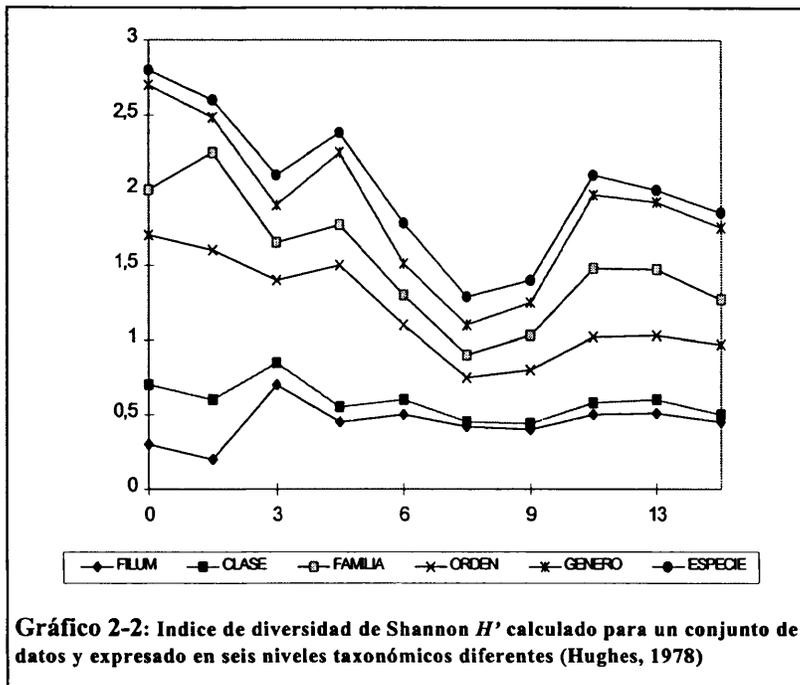
Todos los niveles taxonómicos son sensibles a las variaciones de diversidad, tal como se puede observar en el Gráfico 2-2, como ya se ha mencionado anteriormente, en este trabajo se ha utilizado el nivel taxonómico de Familia.

La fórmula de Shannon-Weaver responde a la siguiente ecuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

Es una expresión probabilística y general, donde  $p_i = N_i/N$  es la proporción de una Familia determinada con respecto al total de Familias encontradas.

La diversidad de poblaciones de invertebrados bentónicos macroscópicos está comprendida entre 2 y 3 bits, aunque pueden disminuir hasta 0,6 o llegar hasta 3,8 bits.



**Riqueza :** Puede ser considerado también como un indicador que sintetiza la "salud" de un sistema. Se trata del número de taxones diferentes que aparecen por unidad de muestreo. Los valores encontrados deben interpretarse en relación a un punto de referencia o control no afectado.

**Regularidad:** La regularidad en la distribución de los individuos, en el espacio o en el tiempo, es un índice muy utilizado, es más sensible que la propia diversidad para detectar moderados niveles de degradación. Sus valores van de 0 a 100%. Los valores habituales rondan el 50%. La forma más frecuente de calcularla es considerar el nº de especies recolectadas de hecho con relación al nº de especies máximo que podría haberse recogido para un valor dado de diversidad, también se le denomina índice de equitabilidad de Pielou (1966).

*Reg. =  $H'$  encontrada de hecho /  $H'$  máxima para esa riqueza ( $\log_2$ Riqueza).*

**Índices de similitud:** Este tipo de índices también combinan la abundancia y la riqueza, y se han empleado con éxito en estudios de contaminación tóxica, estando muy recomendados en los casos de contaminación tóxica (Washington, 1984; Metcalfe, 1994; Lenat, 1994; Allan, 1995; Abel, 1996). Se trata de una de las formas más sencillas u útiles de abordar la diversidad  $\beta$  (Magurran, 1988) dado que valoran comparativamente los cambios en el espacio utilizando un punto de referencia.

En este trabajo se utiliza el índice de similitud de Beals y Burlington (Burlington, 1962) basado en el índice de Bray-Curtis (1957) para evidenciar variaciones en las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos entre distintas estaciones de muestreo combinando parámetros como la abundancia y la riqueza. El resultado de este índice también proporciona una medida cuantitativa para valorar la contaminación de un sistema.

El método de Beals y Burlington implica la tabulación de grupos taxonómicos en familias, mediante la creación de valores preeminentes que son el resultado de multiplicar la densidad de cada grupo en cada estación por la raíz cuadrada de la frecuencia del grupo en todas las estaciones <sup>4</sup>.

El coeficiente de similitud de Beals y Burlington se calcula así:

$$C = 2(\Sigma p) / (\Sigma p_i + \Sigma p_j)$$

donde ,  $\Sigma p_i$  es la suma de todos los valores preeminentes de todos los taxones en la estación i

$\Sigma p_j$  es la suma de todos los valores preeminentes de todos los taxones en la estación j

$\Sigma p$  es la suma de todos los valores preeminentes menores de los taxones que coincidan en ambas estaciones.

### 2.3.2 Almacenamiento y conservación.

Las muestras se toman lavando tres veces sucesivas la malla del muestreador Surber , teniendo cuidado con que no quede ningún ejemplar adherido. El proceso se estandariza al abarcar una duración fija de cinco minutos aproximadamente por cada Surber.

Las muestras se preservan en etanol al 70% .

### 2.3.3 Preparación del material

El contenido de los frascos se vierte en bandejas en el laboratorio y se separan con pinzas los individuos más visibles, el resto de la búsqueda se realiza con ayuda de lupa.

El aumento proporcionado por la lupa es suficiente en casi todos los casos para llegar al nivel taxonómico de Familia, no obstante, para la identificación hasta género es necesaria mayor elaboración del material.

Se necesitan aumentos desde 5 a 50, dependiendo del tamaño de los ejemplares.

### Identificación de quironómidos

---

<sup>4</sup> Ejemplo, se ha encontrado una familia en 6 de 7 estaciones su frecuencia de aparición es de 85.7 %. Si su densidad en una estación particular es de 100 individuos, su valor preeminente será: raíz (85.7) \*100 = 925

Tras la separación de los individuos del género *Chironomus*, de aspecto fácilmente identificable por las prolongaciones posteriores, el resto de los Chironomidae se manipulan individualmente con el fin de separarles la cabeza del cuerpo con la ayuda de una aguja enmangada. Posteriormente las cabezas se introducen en propilen phenoxetol para llevar a cabo su aclarado. Transcurridas al menos 5 horas se montan en un portaobjetos con bálsamo del Canadá y se observan al microscopio óptico (Soriano, 1996).

## **2.4 Material no biológico.**

### Agua.

Tomada del cauce de los ríos o de la zona embalsada, introduciendo bidones desplazándolos hacia la superficie lenta y progresivamente hasta conseguir su llenado. De esta forma se consigue una muestra representativa de toda la columna de agua.

### Sedimentos.

Tomados en los primeros tres centímetros de las zonas de sedimentación de las áreas de muestreo elegidas representando el material recientemente depositado hasta conseguir una cantidad representativa.

### Metales pesados en material no biológico.

Se han elegido únicamente los siguientes metales :

Cinc y Plomo, puesto que la explotación minera se basa en la extracción de estos metales;

Hierro, porque el mineral principal del yacimiento minero está constituido por pirritas;

Cadmio, Cromo, Cobre y Manganeso, porque son parte de los metales acompañantes en el yacimiento con una incidencia importante debido a la toxicidad que algunos de ellos pueden presentar y que se ha visto patente en numerosos trabajos.

Su muestreo, tratamiento y análisis se relacionará con más profundidad a continuación dado que constituyen una parte crucial del trabajo realizado en esta Tesis.

#### **2.4.1 Muestreo:**

En el enfoque general del muestreo sistemático se distinguen claramente dos grandes zonas: una en principio inalterada, sin contacto con las explotaciones mineras, y otra con distintos grados de alteración, que de algún modo están en el área de influencia de la mina. En el estudio preliminar, se pudo constatar la gran variabilidad en la concentración de metales en agua y sedimentos. El objetivo principal es conseguir un número de muestras que permitan detectar la diferencia entre antes y después de el contacto con el foco.

En cualquier caso, y a pesar de la subjetividad inherente a la elección del nivel de precisión, la elección no es tanto qué número de muestras se necesitan para un determinado nivel de precisión, como qué nivel de precisión se necesita para cumplir con los objetivos del estudio.

Las muestras tomadas fueron las siguientes:

AGUAS	X-1	G-3	G-4	E-1	E-2	E-3
VI/93	+	+	+	+	+	+
VIII/93	-	-	+	+	+	+
IV/94	+	+	+	+	+	+
VI/94	+	+	+	+	+	+
XI/94	+	+	+	+	+	+
III/95	+	+	+	+	+	+

**Tabla 2-III: Fechas y puntos de muestreo de aguas**

SEDIMENTOS	X-1	G-3	G-4	E-1	E-2	E-3
VI/93	-	-	+	+	+	+
VIII/93	-	-	+	+	+	+
IV/94	-	-	+	+	+	+
VI/94	-	-	+	+	+	+
XI/94	+	+	+	+	-	+
III/95	+	+	+	+	+	+

Legenda : + disponible - : no disponible

**Tabla 2-IV: Fechas y puntos de muestreo de sedimentos**

#### 2.4.2 Almacenamiento y conservación de muestras

Las muestras de agua se recogen en recipiente de polietileno con cierre hermético y se conservan completamente llenas a 4-6 °C .

Las muestras de sedimentos se recogen en bolsas con autocierre con capacidad para 1,5 litros. Se conservan también refrigerados hasta su posterior tratamiento.

#### 2.4.3 Preparación de material

##### 2.4.3.1 Agua:

Para la valoración de metales se lleva a cabo el procedimiento descrito en los Métodos para análisis químico de agua y vertidos, publicado por la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (U.S.E.P.A., 1985).

Se realiza una filtración al vacío a través de un filtro de membrana de fibra de vidrio<sup>5</sup> de tamaño de poro de 0.45  $\mu\text{m}$  (U.S.E.P.A, 1985; I.W.D., 1981).

Se consigue así separar la fracción que denominaremos indistintamente filtrable o soluble de la particulada o en suspensión.

Dentro de la fracción soluble están contenidos los siguientes grupos:

iones metálicos en disolución acuosa

iones metálicos acomplejados con aniones inorgánicos (ej:  $\text{CuCO}_3$ )

iones metálicos acomplejados con ligandos orgánicos como grupos amino, pequeñas fracciones en forma coloidal de ácidos fúlvicos y ácidos húmicos.

La fracción particulada contiene también otra serie de grupos:

Metales ligados a materiales orgánicos de alto peso molecular o a coloides muy disgregados .

Metales adsorbidos a coloides

Metales precipitados, partículas minerales y partículas orgánicas

Metales presentes en necromasa o en seres vivos.

El filtrado consigue la separación de fracción disuelta que ha atravesado la membrana (esta fracción se conserva con 2 ml de  $\text{HNO}_3$  65%/L de muestra), de la fracción en suspensión , retenida en la membrana, que es objeto de posterior digestión ácida para conseguir la solubilización de las distintas fracciones metálicas. La suma de ambas fracciones se considera la fracción total de metales en agua. (I.W.D.,1981). Las muestras se conservan refrigeradas (4-6 °C) hasta su análisis.

#### **2.4.3.2 Sedimento:**

Este método está basado en el prescrito en el Manual de Métodos Analíticos, publicado por el Departamento de calidad de aguas de la Dirección de Aguas Continentales de Canadá (I.W.D., 1981).

Para la valoración de metales en este material, se toman fracciones representativas de aproximadamente 200 gramos de sedimento de la muestra original total, tras la homogeneización manual del mismo.

Se liofilizan con el fin de conseguir el peso seco de la muestra, evitándose de esta forma la agregación del material que se produce por la desecación en estufa que obligaría a pulverizar el sedimento tras el secado.

Se tamiza el sedimento liofilizado a través de 3 tipos de malla de nylon:

fracción gruesa : mayor de 800  $\mu\text{m}$

fracción intermedia: entre 800  $\mu\text{m}$  y 177  $\mu\text{m}$

fracción fina: menor de 177 $\mu\text{m}$

---

<sup>5</sup> Este material retiene los sólidos en estado coloidal y en suspensión y es muy adecuado para la extracción de trazas de metales sin impurezas.

Debe ser elegido un tamaño de grano determinado por diversas razones: en primer lugar, las fracciones inferiores a 200  $\mu\text{m}$  incluyen todas las especies químicas que tienen capacidad de gran variedad de uniones con el sustrato, principalmente aquellas con mayor contenido en materia orgánica eliminando las fracciones mayores que difícilmente retienen metales. (Förstner, 1981) En segundo lugar, por la necesidad de establecer comparaciones en las mismas condiciones entre las muestras y en su caso con trabajos de otros autores. Por último por la necesidad de realizar la tamización por vía seca que evita la posibilidad de que el lavado arrastre metales en disolución, y elimina la necesidad de aplicar factores de corrección a los cálculos para el peso seco (Platts, 1983).

Cada fracción se pesa para conseguir una aproximación a la granulometría de la muestra. De la fracción fina ( $< 177 \mu\text{m}$ ) se toman aproximadamente 10 gramos (I.W.D., 1981) para realizar un lavado en medio ácido, introduciéndolos en botellas de polietileno de 1 litro de capacidad, a los que se añaden 100 ml de ácido clorhídrico 0,5 N. Se agitan durante 18 horas en agitador mecánico. Se realiza la filtración al vacío de la mezcla. El volumen filtrado se conserva ( $4-6^{\circ}\text{C}$ ) hasta su análisis.

Este método es similar a un lixiviado suave en frío de los sedimentos y permite extraer únicamente los metales que serían susceptibles de ser asimilados por la biota<sup>6</sup>. Se trata de un método de extracción mucho más informativo para los objetivos medioambientales (Agemian, 1976) que aquellos que suponen la extracción total, pues estos incluyen fracciones de la roca madre, que no intervienen en el ciclo de la materia y flujo de energía de los sistemas.

Los análisis se llevaron a cabo mediante espectroscopía de absorción atómica, cuyos límites de detección<sup>7</sup> y rangos óptimos de concentración se relacionan a continuación.

METAL	ASPIRACIÓN DIRECTA		CÁMARA DE GRAFITO	
	Límite de detección	Rango óptimo de concentración	Límite de detección	Rango óptimo de concentración
	mg/l	mg/l	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Cd	0.005	0.05-2	0.1	0.5-10
Cr	0.05	0.5-10	1	5-100
Cu	0.02	0.2-5	1	5-100
Fe	0.03	0.3-5	1	5-100
Pb	0.1	1-20	1	5-100
Mn	0.01	0.1-3	0.2	1-30
Zn	0.005	0.05-1	0.05	0.2-4

Tabla 2-V: Límites de detección. Fuente: USEPA, 1985. *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*.

<sup>6</sup> Esta fracción incluye metales fácilmente intercambiables con la fase disuelta, unidos a carbonatos, a compuestos orgánicos y sulfuros, así como óxidos e hidróxidos metálicos.

<sup>7</sup> A partir del muestreo de 1994, si las concentraciones obtenidas eran inferiores al L.D. se llevó a cabo previamente la concentración de la muestra.

#### 2.4.4 Control experimental

Para conocer la idoneidad de todo el procedimiento elegido: homogeneidad de las muestras, tratamiento del material, del propio análisis, del método experimental elegido y de los posibles fallos en el transcurso del mismo es necesario realizar una serie de controles:

**Controles negativos** o blancos: Sirven para comprobar la ausencia de contaminación en la manipulación de las muestras. Consiste en la realización del mismo procedimiento pero partiendo de agua desionizada milliQ de Millipore (sin metales). En el análisis de estos blancos, el resultado debería ser siempre nulo, si en alguna ocasión es mayor que cero, es que ha tenido lugar alguna contaminación en alguna fase del proceso, este valor no nulo debe restarse al de las muestras.

Los **controles positivos**, tienen dos utilidades:

Como patrones externos: añadiendo concentraciones crecientes a los metales a analizar para la calibración del aparato.

También se introducen estos patrones o estándares de concentración conocida cada aproximadamente 20 muestras analizadas, para comprobar que no existe desviación mayor o menor del 10 % de la curva de calibración. (U.S.E.P.A., 1983).

Como patrones internos: Se añaden concentraciones conocidas de los metales a analizar a las muestras para calcular el porcentaje de recuperación del método para cada metal.

El control analítico tiene por objeto conocer en todo momento la precisión y la exactitud de los resultados obtenidos .

La precisión se ha comprobado mediante la realización de duplicados de las muestras a analizar. Los resultados obtenidos para estos duplicados deben ser lo más similares posible, lo ideal sería que fuesen iguales, en caso de no serlo, la diferencia entre ellos no debe superar un valor elegido que viene dado por el C.V. que debe ser inferior al 10%.

La exactitud del método se comprobó en cada material:

Agua: Se han utilizado mezclas de metales sintéticas a diferentes concentraciones partiendo de una solución madre de 1000 ppm MERCK para análisis.

Sedimentos: Se ha utilizado un materiales de referencia certificado: CRM008-050 DE PROMOCHEM GmbH. RESOURCE TECHNOLOGY CORPORATION. Sobre este material se ha realizado el procedimiento de digestión 0,5 N HCl comprobándose el porcentaje de recuperación y los límites de la media del método con respecto a la digestión total.

También se realizaron contrastes de resultados con otros laboratorios como el del Servicio de Espectroscopía sito en la Facultad de Cc. Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, o el del Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E) en Tres Cantos.

## **2.5 Tratamientos estadísticos utilizados**

Para llevar a cabo análisis de tipo paramétrico ha sido necesario transformar los datos para conseguir independizar la varianza de la media. La comprobación de que las variables transformadas no son significativamente diferentes de la distribución Normal se realiza mediante test de Kolmogorov-Smirnov o W de Shapiro-Wilk .

Metales:

Los resultados obtenidos de los análisis de metales para todos los puntos han sido transformados mediante la expresión  $\log_{10}(x+1)$  y también se han utilizado estos valores para calcular las medias geométricas y los límites de confianza de cada metal. Este procedimiento está justificado por la gran variabilidad de concentraciones existente, sobre todo en los puntos sometidos a impacto; para poder utilizar los límites de confianza de la media en variables que sin transformar no se ajustan a una distribución normal; de esta forma los resultados medios son aquellos que resultan de la des-transformación de la media de los logaritmos y de los límites de confianza 90% de dicha media, que resultan por tanto, asimétricos.

Macroinvertebrados bentónicos:

Normalmente la densidad de organismos presenta una gran dependencia de la varianza con respecto de la media , dada su distribución de tipo contagioso, por tanto es necesario hacer ambos parámetros independientes. En este caso, los resultados de la densidad por metro cuadrado se obtienen mediante transformación raíz 4  $(x+0.5)$  de cada una de las seis réplicas en cada punto y campaña de muestreo; se hace la media de los valores obtenidos y se calculan entonces las medias y los límites de confianza a un nivel que consideramos suficiente del 90% que resultan de la re-transformación a la escala original de la media y sus límites.

Para evitar la variabilidad inherente a los ciclos vitales de los organismos, las variables bióticas ya transformadas han sido estandarizadas para cada época de  $((x-\text{media})/\text{d.t.})$ , estos datos son los utilizados en los tratamientos paramétricos.

Para valorar las diferencias significativas de los parámetros bióticos resultantes de los géneros de *Chironomidae* se ha utilizado el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov, que no precisa de transformación de datos.

Otras variables han sido objeto de las siguientes transformaciones:

Conductividad: raíz <sup>4</sup> (x+0.5); Precipitación: log ((x/media)+1); el pH no ha necesitado transformación.

### 2.5.1 Análisis de varianza.

El propósito de los análisis de varianza es valorar las diferencias significativas entre las medias de las variables consideradas. La hipótesis nula implica que no existen diferencias significativas entre los grupos, asumiéndose que la varianza dentro de cada grupo es semejante a la varianza existente entre grupos.

Cuando se trata sólo de la consideración de variables abióticas se realiza con todos los puntos de muestreo (n=6).

Si se están considerando variables bióticas sólo se incluyen los cauces naturales: cuatro puntos de muestreo, en los cuales se han recogido macroinvertebrados bentónicos.

Los resultados se expresan en tablas. El significado de los símbolos de las mismas se recoge a continuación.

Variabes	Efecto SS	g.l.	MS	SS Error	g.l. Error	MS Error	F	p
Metales								
Var. Físico-químicas								
Var-bióticas								

- SS : suma de cuadrados entre grupos
- g.l.: grados de libertad (n-1) dentro de grupos
- MS: cuadrados medios; variabilidad dentro de grupos
- Error SS: variabilidad entre grupos
- g.l. Error: grados de libertad entre grupos
- F: cociente entre varianzas
- p: significación del cociente entre varianzas ( $F = 0 \neq 1$ )

Para valorar si una variable determinada presenta diferencias significativas entre los puntos se proporcionará el valor *F* y su significación *p*.

#### Test LSD <sup>8</sup>

Tras realizar el análisis de varianza se puede establecer cuáles son exactamente las diferencias existentes entre grupos. Este test LSD es equivalente al test de la *t* de comparación de medias y proporciona el valor de las diferencias significativas entre ellas para los distintos puntos de muestreo. En los resultados se relacionarán las probabilidades de error de esas diferencias, es decir, la probabilidad de equivocarnos si rechazamos la hipótesis nula que supone la similitud de las medias.

<sup>8</sup> En inglés: Less Significant Difference.

### 2.5.2 Análisis de componentes principales

Se ha realizado para establecer las relaciones entre las principales variables abióticas del sistema: los metales en sus tres fracciones: disolución, suspensión y sedimentos, junto a la conductividad y el pH. Todos los datos, excepto el pH están transformados para su normalización. Para este análisis se han utilizado todos los datos<sup>9</sup>: los correspondientes a cauces naturales y a aguas de explotación : n=36.

Se ha empleado también para agrupar Familias de macroinvertebrados bentónicos según el número de individuos por metro cuadrado. Los datos de Junio-93, cuyo muestreo fué semi-cuantitativo, se han sustituido por la media de del resto de los puntos en los demás periodos de muestreo, pues la diferencia de recogida de individuos introducía demasiada variabilidad en el análisis. El número de datos es, pues n=24.

### 2.5.3 Análisis de correspondencias canónicas

Se ha utilizado para valorar las consecuencias de la perturbación en la estructura de la biota. Este tipo de análisis se realiza para evaluar las relaciones que se manifiestan entre dos grupos de variables. Se crean factores en cada uno de los dos grupos que son ortogonales entre sí, es decir, independientes, buscando la máxima correlación entre los factores de un grupo con los del otro. Cada par de factores extraídos (uno de cada grupo) expresa un tipo de relación (esta relación se llama correlación canónica) y explica un determinado porcentaje de la varianza de cada uno de los grupos de variables.

Se crean tantos factores como número de variables haya en el grupo más reducido. La interpretación de los factores se realiza a partir de la matriz de correlaciones que forman las raíces canónicas con las variables de cada grupo.

---

<sup>9</sup> Debido a las exigencias de algunos tratamientos estadísticos multivariantes, los datos ausentes en un punto de muestreo o en un periodo determinado se han reemplazado por el promedio de los valores para esa variable en el resto de los puntos o periodos respectivamente pues los datos estandarizados para un mismo punto no presentan diferencias significativas.



### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Caudal y velocidad de la corriente.

Las medidas de estos parámetros fueron realizadas en los muestreos de los años 94 y 95. Las siguientes tablas y gráficos presentan los datos obtenidos.

velocidad m/s	fecha			
punto	Abr-94	Jun-94	Nov-94	Mar-95
E-1	0,49	0,09	0,21	0,45
E-2	0,91	0,35	0,25	0,80
E-3	0,17	0,23	0,26	0,21
G-4	0,49	0,36	0,32	0,45

Tabla 3-I: Velocidades obtenidas en cada punto y fecha.

Caudal (Q) m <sup>3</sup> /s	fecha			
punto	Abr-94	Jun-94	Nov-94	Mar-95
E-1	0,21	0,02	0,04	0,08
E-2	0,86	0,05	0,07	0,22
E-3	0,43	0,03	0,08	0,14
G-4	0,65	0,01	0,01	0,22

Tabla 3-II: Caudales obtenidos en cada punto y fecha.

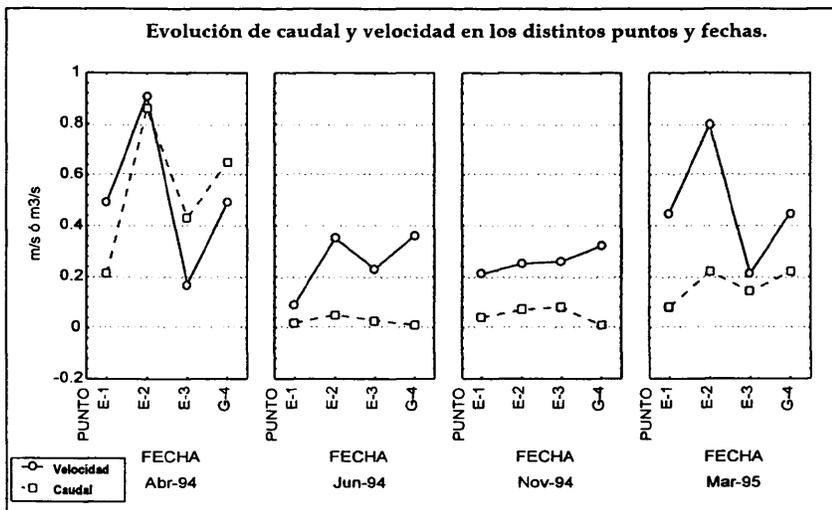


Gráfico 3-1: Representación de caudales y velocidades.

Mediante un análisis de varianza se ha comprobado que no existen diferencias significativas de caudal ( $F=0.87$ ;  $p=0.47$ ) ni de velocidad de la corriente ( $F=2.51$ ;  $p=0.11$ ) entre unos puntos y otros, esto permite asegurar que estos factores no están influyendo en las posibles diferencias de estructura de la taxocenosis entre los puntos.

Considerando la variación de caudal entre las distintas épocas de muestreo si hay diferencias ( $F= 11.14$ ;  $p<0.001$ ) aunque esto tampoco influye en la taxocenosis ya que son simultáneos en todos los puntos.

Periodos de muestreo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
J,93 {1}		.009430	.025438	.001692	.003760	.115060
AG,93 {2}	.009430		.000045	.445586	.679283	.227418
AB,94 {3}	.025438	.000045		.000009	.000018	.000683
J,94 {4}	.001692	.445586	.000009		.723289	.057449
N,94 {5}	.003760	.679283	.000018	.723289		.112231
M,95 {6}	.115060	.227418	.000683	.057449	.112231	

Tabla 3-III: Test LSD . Probabilidades de error de las diferencias significativas de caudal entre periodos de muestreo.

La Tabla 3-IV recoge los resultados medios y el error típico de la media de la velocidad para cada punto. La Tabla 3-V recoge los resultados medios y el error típico de la media del caudal para cada punto.

		Media	E.T.
E-1	4	0.55	± 0.22
E-2	4	0.58	± 0.16
E-3	4	0.22	± 0.12
G-4	4	0.41	± 0.04

Tabla 3-IV: Velocidades medias (m/s).

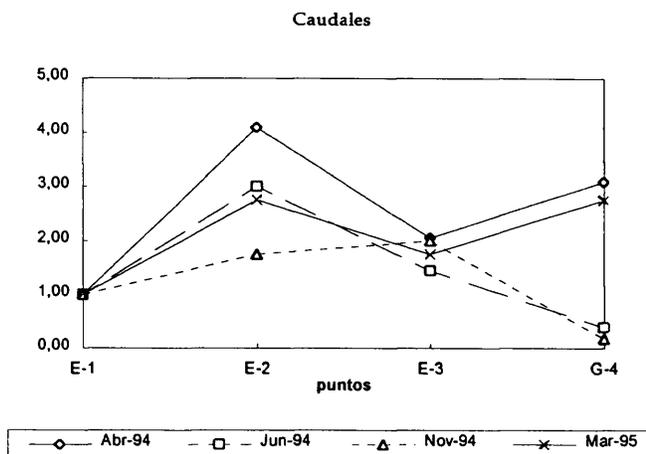
		Media	E.T.
E-1	4	0.09	± 0.04
E-2	4	0.30	± 0.19
E-3	4	0.17	± 0.09
G-4	4	0.22	± 0.15

Tabla 3-V: Caudales medios (m<sup>3</sup>/s).

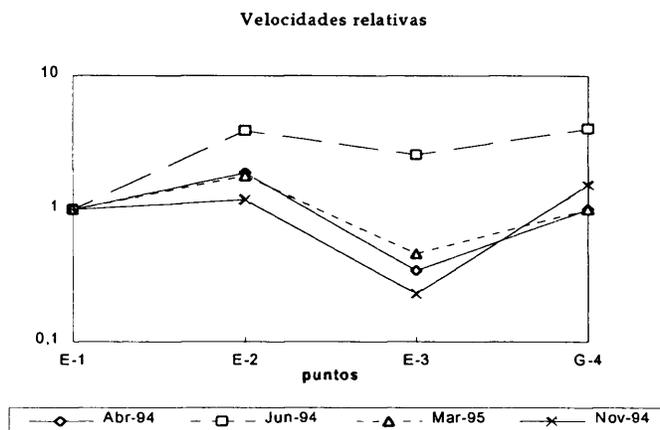
Debido a las diferencias estacionales, es conveniente representar de forma lineal las variaciones entre puntos, para ello, a continuación (Gráfico 3-2; Gráfico 3-3) se representan los datos estandarizados <sup>1</sup>.

De esta forma se puede comprobar que el punto E-2 es el que mayor caudal relativo tiene, sobre todo en las épocas de mayor precipitación ; además en estos momentos (Abril-94 y Marzo-95) es cuando el volumen de agua de G-4 aumenta debido a los aportes que proceden del canal artificial (o de la balsa de estériles) ; esto no ocurre en los momentos de precipitación escasa.

<sup>1</sup> Se divide cada valor de caudal o velocidad por el valor de ese parámetro existente en el punto control (E-1), de esta forma todos los valores de este punto son igual a la unidad y el resto representa el incremento o decremento relativo con respecto a él.



**Gráfico 3-2: Caudales relativos; comparación entre puntos.**



**Gráfico 3-3: Velocidades relativas; comparación entre puntos.**

Los valores de caudal no se tomaron en los muestreos de Junio-93 y Agosto -93, sin embargo, dada la elevada correlación que existe entre el caudal y la precipitación total mensual en cada punto (ver  $r$  Pearson ( $p < 0.05$ ) de Tabla 3-VI), se procede a calcular mediante regresión lineal, los valores correspondientes a esas fechas.

Punto de muestreo	$r$ Pearson	ecuación recta	Caudal calculado 6/93 $m^3/s$	Caudal calculado 8/93 $m^3/s$
E-1	0.93	$-0.070 + 0.001 * P.tot$	0,14	0,05
E-2	0.90	$-0.385 + 0.004 * P.tot$	0,47	0,11
E-3	0.91	$-0.155 + 0.002 * P.tot$	0,27	0,09
G-4	0.90	$-0.325 + 0.003 * P.tot$	0,31	0,05

**Tabla 3-VI: Cálculo de los caudales 6/93 y 8/93 mediante regresión lineal.**

Fecha de muestreo	Precipitación (mm)
Junio-93	213
Agosto-93	124
Abril-94	246
Junio-94	106
Noviembre-94	90
Marzo-95	153

**Tabla 3-VII: Datos de precipitación total (mm). Instituto Nacional de Meteorología.**

### 3.2 pH

Punto	n	Media	L.C. -95%	L.C. +95%	Min.	Max
E-1	6	8.02	7.80	8.25	7.8	8.3
E-2	6	8.42	8.11	8.73	7.9	8.7
E-3	6	8.23	7.89	8.57	7.9	8.6
G-3	6	7.49	6.76	8.22	6.7	8.5
G-4	6	7.98	7.45	8.51	7.3	8.6
X-2	6	7.15	6.77	7.53	6.5	7.6

Tabla 3-VIII: Medias y límites de confianza 95% del pH entre los puntos de muestreo.

No existen diferencias significativas de pH entre los puntos de muestreo de los cauces naturales ( $F=1.99$ ;  $p=0.15$ ), aunque sí existen entre el pH de estas aguas y el de las procedentes de las instalaciones (G-3 y X-2), tal como se aprecia en la Tabla 3-IX.

Puntos de muestreo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
E1 {1}		.086145	.352735	.858484	.003738	.000487
E2 {2}	.086145		.412192	.060111	.000039	.000004
E3 {3}	.352735	.412192		.270080	.000346	.000036
G4 {4}	.858484	.060111	.270080		.005756	.000790
G3 {5}	.003738	.000039	.000346	.005756		.558593
X2 {6}	.000487	.000004	.000036	.000790	.558593	

Tabla 3-IX: Test LSD; Probabilidades de error de las diferencias significativas de pH entre los puntos de muestreo.

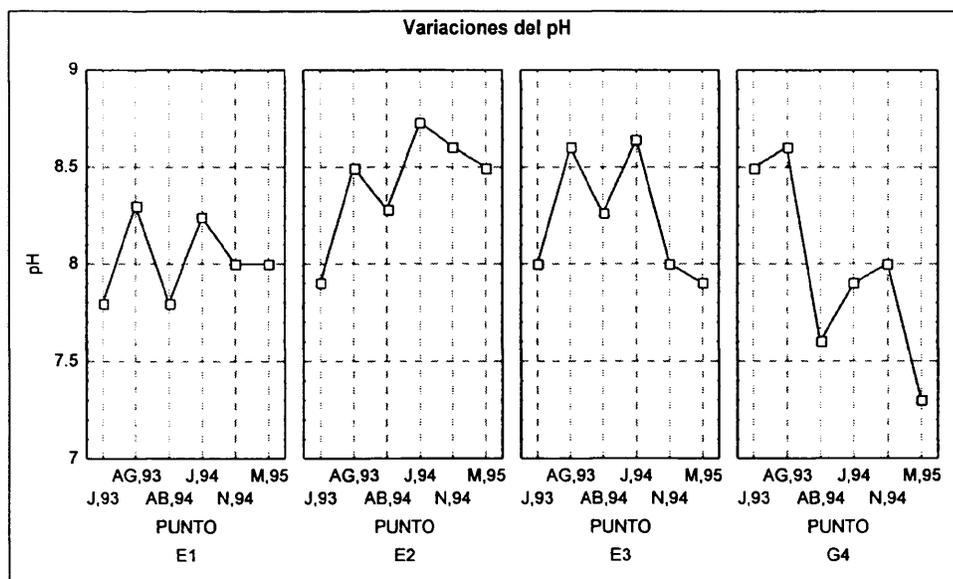


Gráfico 3-4: Variaciones de la media del pH en los distintos épocas y puntos de muestreo.

### 3.3 Conductividad

Punto	n	Media	L.C. -95%	L.C. +95%	Min.	Max.
E-1	6	251	158	381	130	440
E-2	6	337	260	431	217	463
E-3	6	670	389	1081	337	1373
G-4	6	1554	1035	2248	875	2529
G-3	6	1215	721	1929	680	2569
X-2	6	1325	1280	1354	1249	1384

Tabla 3-X: Medias y límites de confianza 95% de la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) entre los puntos de muestreo.

Existen diferencias significativas de conductividad en los cauces naturales ( $F=26.5$ ;  $p<0.001$ ) excepto entre E-1 y E-2; No hay diferencias entre los puntos más perturbados: G-4, G-3 y X-2.

Puntos de muestreo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
E1 {1}		.289054	.000481	.000000	.000000	.000000
E2 {2}	.289054		.007924	.000000	.000003	.000001
E3 {3}	.000481	.007924		.000210	.004440	.002176
G4 {4}	.000000	.000000	.000210		.348154	.390283
G3 {5}	.000000	.000003	.004440	.348154		.903701
X2 {6}	.000000	.000001	.002176	.390283	.903701	

Tabla 3-XI: Test LSD .Probabilidades de error de las diferencias significativas de conductividad entre puntos de muestreo.

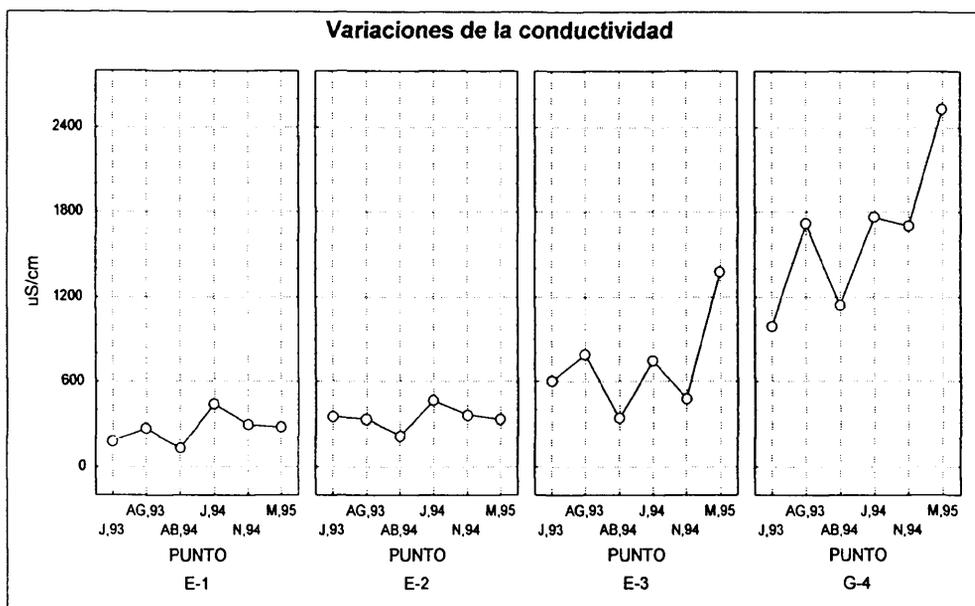


Gráfico 3-5: Variaciones de la media de la conductividad en los distintos épocas y puntos de muestreo.

El siguiente gráfico representa la evolución conjunta de conductividad y pH en los puntos de muestreo considerados. Se aprecia claramente una relación inversa de ambos parámetros, así como un incremento de la desviación típica en los puntos más perturbados.

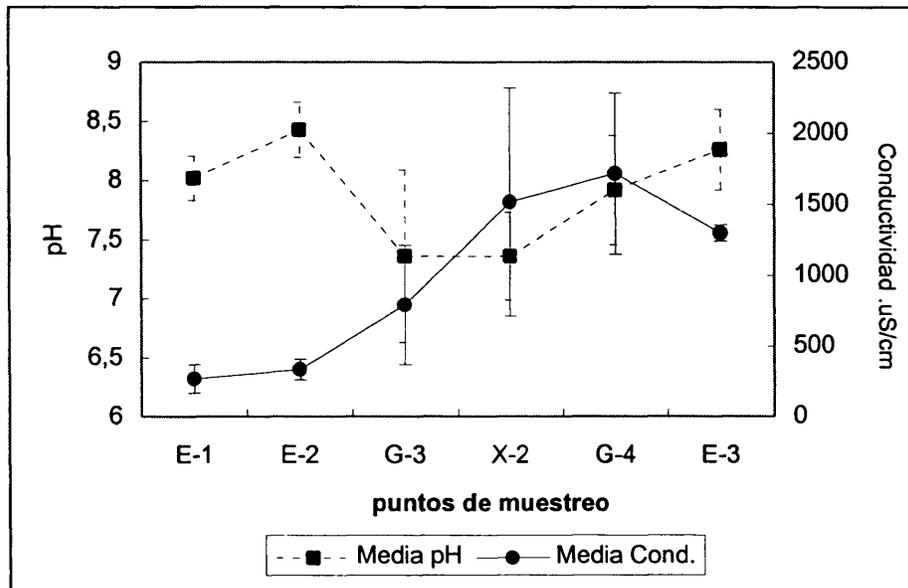


Gráfico 3-6: Media y desviaciones típicas de pH y Conductividad.

### 3.4 Los Metales

#### 3.4.1 Control analítico.

La exactitud y la precisión de los métodos y análisis empleados se reflejan a continuación en una serie de tablas de datos. Las siguientes tablas (Tabla 3-XII; Tabla 3-XIII ;Tabla 3-XIV) incluyen los porcentajes de recuperación de los patrones internos realizados al añadir concentraciones conocidas de metales a muestras problema. Los resultados se dan para cada metal (Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn y Pb) y para cada procedimiento (análisis de fracción en disolución, en suspensión y de sedimentos). La tabla representa el número de ensayos realizados, la media del porcentaje de recuperación resultante, el límite de confianza al 95 % de la media y el consiguiente intervalo de confianza.

FRACCIÓN EN DISOLUCIÓN				
Metal	n	% de recuperación	L.C. 95 %	INTERVALO
Cr	8	95	7	88 - 103
Cd	8	79	5	74 - 84
Cu	8	72	1	71 - 73
Fe	8	100	0,4	99 - 100
Mn	8	103	1	102 - 104
Zn	8	91	0,3	91 - 91
Pb	8	82	8	74 - 90

Tabla 3-XII : Porcentajes de recuperación de fracción en disolución.  
Patrones internos.

FRACCIÓN EN SUSPENSIÓN				
Metal	n	% de recuperación	L.C. 95 %	INTERVALO
Cr	8	97	6	92 - 103
Cd	8	90	9	81 - 99
Cu	8	85	9	75 - 94
Fe	8	103	1	103 - 104
Mn	8	102	0,3	102 - 103
Zn	8	97	2	96 - 99
Pb	8	99	2	97 - 101

Tabla 3-XIII: Porcentaje de recuperación de fracción en suspensión.  
Patrones internos.

SEDIMENTOS				
Metal	n	% de recuperación	L.C. 95 %	INTERVALO
Cr	8	84	10	74 - 95
Cd	8	97	2	96 - 99
Cu	8	96	3	93 - 99
Fe	8	98	2	96 - 100
Mn	8	99	0	99 - 100
Zn	8	92	5	87 - 97
Pb	8	104	4	100 - 108

Tabla 3-XIV: Porcentajes de recuperación fracción en sedimentos.  
Patrones internos.

La exactitud de los resultados obtenidos se comprueba en la Tabla 3-XV en la que se representan los valores reales de concentraciones de mezcla sintética de metales y los correspondientes valores obtenidos. Incluyen el rango de los valores que han

aparecido en las muestras problema, el número de ensayos, las medias y desviaciones típicas y los correspondientes porcentajes de recuperación.

metal	Rango de concentraciones	n	Media (ppb)	D.T.	Concentración real ug/l (ppb)	% de recuperación
Cr	baja	2	0,895	0,05	1	90%
	media	2	4,75	1,0	5	95%
	alta	2	30	1,4	30	100%
Cd	baja	2	0,868	0,003	1	87%
	media	2	3,9	0,028	5	78%
	alta	2	13	0,0	15	87%
Cu	baja	2	3,55	0,07	4	89%
	media	2	30	9	30	100%
	alta	2	466,5	0,7	500	93%
Fe	baja	2	103,5	3,5	100	104%
	media	2	151,5	0,7	150	101%
	alta	2	12160	57	15000	81%
Mn	baja	2	4,5	0,7	5	90%
	media	2	12,0	0,7	15	83%
	alta	2	447	10	500	89%
Zn	baja	2	24,5	10	25	98%
	media	2	245	7	250	98%
	alta	2	4453	244	5000	89%
Pb	baja	2	0,715	0,01	1	72%
	media	2	3,14	0,06	5	63%
	alta	2	105	6	100	106%

Tabla 3-XV: Control analítico.

El porcentaje de recuperación del método de digestión con ácido clorhídrico 0,5 N se presenta en la Tabla 3-XVI. En primer lugar aparecen las medias y errores típicos de los resultados certificados de digestión total de sedimentos y junto a ellos las medias y errores típicos del resultado de la digestión realizada sobre ese mismo material de referencia en este trabajo, asimismo aparecen los correspondientes porcentajes de recuperación del método en comparación con la mencionada digestión total.

Metal	Valor teórico (*)	± E.T.	n	Media	± E. T.	% recuperación
Método	Digestión total ácido fuerte		HCL 0,5 N			
Cr	48,10	± 4,70	8	8,15	± 0,213	17%
Cd	0,82	± n.d. (**)	8	0,824	± 0,0426	100%
Cu	36,40	± 1,6	8	19,02	± 0,33	52%
Fe	33042,00	± 1752	8	8360	± 52,0	25%
Mn	260,80	± 11,8	8	99,4	± 1,7	38%
Zn	133,50	± 7,5	8	118	± 16,6	88%
Pb	95,30	± 5,3	8	81,5	± 2,13	86%

Tabla 3-XVI: Porcentajes de recuperación del método de digestión. (\*) Material de referencia certificado Cat. No. CRM008-050 Resource Technology Corp.; (\*\*) Este valor no se proporciona en el certificado sino únicamente con valor informativo.

Otros trabajos presentan los siguientes valores:

Metal	Precisión	Exactitud	Referencia
Pb	9.44 %	102.85 %	Barberá, 1990
Cd	3.76 %	93.13 %	"
Mn	12 %	88 %	Guerrero, 1987
Zn	10 %	95 %	"
Cu	17 %	102 %	"
Pb	4 %	102 %	"
Cd	15 %	80.4 %	"
Cr	9 %	98 %	"

## Concentraciones medias

A continuación se incluye una serie de tablas que representan los valores de la media geométrica <sup>2</sup> de cada metal en cada punto y en cada fracción analizada: Disuelta y Suspensión, así como la fracción total (suma de ambas). Se incluyen también los límites de la media (nivel de confianza 90%) y el valor máximo encontrado para cada metal.

Tras ellas se relacionan los valores de la media geométrica, límites y máximo, de los metales en los sedimentos.

Los datos de procedencia de estas medias geométricas se incluyen en el Apéndice I de Relación de Datos. Análisis de metales.

Desde la Tabla 3-XVII hasta la Tabla 3-XLIV, se incluyen los valores de la fracción disuelta, en suspensión y en sedimentos en todos los puntos analizados (E-1, E-2, G-3, X-2, G-4 y E-3).

Posteriormente se grafican los resultados de estas tablas.

Desde el Gráfico 3-7 hasta el Gráfico 3-13 se incluyen representaciones de las anteriores concentraciones medias de cada metal.

Desde el Gráfico 3-14 hasta el Gráfico 3-16 se representa la variación conjunta de la media de concentración de los siete metales valorados, únicamente en los puntos de muestreo que representan cauces naturales (E-1, E-2, G-4 y E-3).

---

<sup>2</sup> Véase en Material y Métodos la razón del uso de este estadístico.

### 3.4.2 Tablas de medias y límites encontrados en cada metal en aguas.

#### 3.4.2.1 Cinc :

Punto	<i>n</i> Medias de muestreo	Media geométrica	L.C. - 90%	L.C. + 90%	Máxima concentración encontrada
E-1	6	0.036	0.03	0.04	0.16
E-2	7	0.043	0.02	0.06	0.12
E-3	7	0.32	0.16	0.52	0.84
G-3	6	7.12	3.44	13.86	19.30
G-4	7	2.31	0.74	5.29	16.09
X-2	6	8.62	5.31	13.67	15.32

Tabla 3-XVII: Resultados Zn en mg/l. Fracción filtrable (<0,45 µm).

Punto	<i>n</i> Medias de muestreo	Media geométrica	L.C. - 90%	L.C. + 90%	Máxima concentración encontrada
E-1	5	0.02	0.01	0.02	0.15
E-2	6	0.07	0.03	0.11	0.15
E-3	7	0.40	< l.d. <sup>3</sup>	0.98	3.84
G-3	6	1.47	0.49	3.08	6.70
G-4	7	0.82	0.07	2.08	8.95
X-2	6	0.24	0.12	0.39	0.59

Tabla 3-XVIII: Resultados Zn en mg/l. Fracción en suspensión (>0,45 µm).

Punto	<i>n</i> Medias de muestreo	Media geométrica	L.C. - 90%	L.C. + 90%	Máxima concentración encontrada
E-1	6	0.05	0.04	0.06	0.31
E-2	7	0.10	0.05	0.15	0.25
E-3	7	0.70	0.18	1.44	4.47
G-3	6	8.56	3.99	17.31	22.72
G-4	7	3.02	0.92	7.38	17.62
X-2	6	8.85	5.47	14.01	15.80

Tabla 3-XIX: Resultados Zn en mg/l. Fracción total.

<sup>3</sup> Límite de detección (l.d.) del método 0.006 mg/l (vol.filtrado:250 ml; vol. recogido:50 ml).

### 3.4.2.2 Plomo :

Punto	<i>n</i>				Máxima concentración encontrada
	Medias de muestreo	Media geométrica	L.C. - 90%	L.C. + 90%	
E-1	6	3.34	1.67	6.05	7.00
E-2	6	10.74	6.29	17.88	28.50
E-3	6	20.20	10.50	38.09	63.50
G-3	5	48.37	32.11	76.64	88
G-4	6	38.11	23.38	61.74	120
X-2	5	54.31	18.78	153.68	580

Tabla 3-XX: Resultados Pb en µg/l. Fracción filtrable (<0,45 µm).

Punto	<i>n</i>				Máxima concentración encontrada
	Medias de muestreo	Media geométrica	L.C. - 90%	L.C. + 90%	
E-1	6	1.09	0.60	1.73	2.15
E-2	6	2.29	1.11	4.11	6.06
E-3	6	5.03	2.72	8.76	8.95
G-3	6	10.66	3.29	30.69	124
G-4	7	11.36	4.52	26.67	102
X-2	6	40.37	13.43	117.6	161

Tabla 3-XXI: Resultados Pb en µg/l. Fracción en suspensión (>0,45 µm).

Punto	<i>n</i>				Máxima concentración encontrada
	Medias de muestreo	Media geométrica	L.C. - 90%	L.C. + 90%	
E-1	6	4.31	2.17	7.88	8.35
E-2	7	8.64	3.61	19.19	34.56
E-3	6	27.64	16.36	49.28	64.35
G-3	6	65.00	42.87	98.30	123
G-4	7	52.92	34.32	81.34	151
X-2	6	127.15	67.77	237	664

Tabla 3-XXII: Resultados Pb en µg/l. Fracción total.

### 3.4.2.3 Hierro :

Punto	<i>n</i>				Máxima concentración encontrada
	Medias de muestreo	Media geométrica	L.C. - 90%	L.C. + 90%	
E-1	7	0.05	0.03	0.07	0,11
E-2	7	0.07	0.04	0.09	0,12
E-3	7	0.13	0.06	0.20	0,34
G-3	6	0.08	0.05	0.11	0,13
G-4	7	0.09	0.06	0.12	0,14
X-2	6	0.15	0.06	0.25	0,47

Tabla 3-XXIII: Resultados Fe en mg/l. Fracción filtrable (<0,45 µm).

Punto	<i>n</i>				Máxima concentración encontrada
	Medias de muestreo	Media geométrica	L.C. - 90%	L.C. + 90%	
E-1	6	0.73	0.50	0.99	1.20
E-2	7	0.59	0.27	1.00	2.45
E-3	7	1.75	0.25	5.05	39.33
G-3	6	4.33	0.47	18.31	123
G-4	7	2.87	0.24	11.09	134
X-2	6	1.05	0.55	1.70	3.56

Tabla 3-XXIV: Resultados Fe en mg/l. Fracción en suspensión (>0,45 µm).

Punto	<i>n</i>				Máxima concentración encontrada
	Medias de muestreo	Media geométrica	L.C. - 90%	L.C. + 90%	
E-1	6	0.79	0.56	1.05	1,27
E-2	7	0.66	0.33	1.07	2,57
E-3	7	1.97	0.39	5.35	39,41
G-3	6	4.53	0.56	18.61	123
G-4	7	3.04	0.32	11.40	134
X-2	6	1.18	0.63	1.91	4,03

Tabla 3-XXV: Resultados Fe en mg/l. Fracción total.

### 3.4.2.4 Manganeso :

Punto	<i>n</i>				<i>Máxima concentración encontrada</i>
	<i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	
E-1	6	17.98	9.57	23.14	26.39
E-2	7	14.84	10.72	20.42	26.79
E-3	7	27.97	16.88	45.92	70.29
G-3	5	476.3	242.1	935.8	2195
G-4	7	96.2	31.14	292.9	1273
X-2	6	597.7	265.1	1345.8	1660

Tabla 3-XXVI: Resultados Mn en µg/l. Fracción filtrable (<0,45 µm).

Punto	<i>n</i>				<i>Máxima concentración encontrada</i>
	<i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	
E-1	6	5.94	3.96	8.73	15.40
E-2	7	10.67	6.88	16.26	30.00
E-3	7	26.82	10.61	65.66	342
G-3	6	15.83	5.60	41.93	108
G-4	7	26.15	9.53	68.97	520
X-2	5	9.44	4.67	18.24	28.06

Tabla 3-XXVII: Resultados Mn en µg/l. Fracción en suspensión (>0,45 µm).

Punto	<i>n</i>				<i>Máxima concentración encontrada</i>
	<i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	
E-1	6	21.6	15.16	30.60	41,79
E-2	7	27.3	20.91	35.55	45,19
E-3	7	72.19	43.14	120.35	390
G-3	6	258	71.65	920	2285
G-4	7	158	63.16	394	1794
X-2	6	608	272	1357	1664

Tabla 3-XXVIII: Resultados Mn en µg/l. Fracción total.

### 3.4.2.5 Cobre :

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	4	2.27	1.44	3.40	3,42
E-2	4	2.26	1.17	3.90	4,72
E-3	4	2.57	1.79	3.57	9,28
G-3	6	8.36	4.03	16.42	32,00
G-4	4	6.02	2.05	15.17	30,90
X-2	5	7.41	2.20	21.09	80,50

Tabla 3-XXIX: Resultados Cu en µg/l. Fracción filtrable (<0,45 µm).

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	4	1.57	1.32	1.83	2,03
E-2	4	1.16	0.97	1.38	1,47
E-3	4	5.14	2.42	10.02	10.45
G-3	6	13.76	5.01	35.25	60,00
G-4	6	10.85	3.10	33.23	53,00
X-2	6	18.95	10.27	34.32	54,00

Tabla 3-XXX: Resultados Cu en µg/l. Fracción en suspensión (>0,45 µm).

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	4	3.90	3.02	4.98	4,98
E-2	4	3.52	2.36	5.09	5,62
E-3	4	8.41	5.75	12.12	13,33
G-3	6	27.71	15.07	50.27	85,00
G-4	6	18.72	8.07	41.88	54,66
X-2	6	28.30	14.55	54.19	106

Tabla 3-XXXI: Resultados Cu en µg/l. Fracción total.

### 3.4.2.6 Cadmio :

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	0.09	0.05	0.12	0.19
E-2	6	0.09	0.05	0.13	0.17
E-3	6	0.53	0.17	1.01	2.28
G-3	5	2.84	0.28	10.50	44.17
G-4	6	1.93	0.27	5.73	32.84
X-2	6	20.06	13.94	28.67	38.00

Tabla 3-XXXII: Resultados Cd en µg/l. Fracción filtrable (<0,45 µm).

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	0.05	0.03	0.06	0,15
E-2	6	0.07	0.04	0.09	0,13
E-3	6	0.22	0.12	0.33	0,53
G-3	5	0.46	0.05	1.04	2,22
G-4	6	0.35	0.16	0.57	0,98
X-2	5	10.89	2.68	37.44	71,00

Tabla 3-XXXIII: Resultados Cd en µg/l. Fracción en suspensión (>0.45 µm).

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	0.11	0.07	0.16	0,34
E-2	6	0.15	0.09	0.22	0,29
E-3	6	0.76	0.37	1.27	2,56
G-3	5	3.16	0.41	11.25	46,38
G-4	6	2.39	0.54	6.49	33,35
X-2	6	35.44	22.12	56.42	94,00

Tabla 3-XXXIV: Resultados Cd en µg/l. Fracción total.

### 3.4.2.7 Cromo :

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	1.52	0.21	4.24	10,0
E-2	6	0.91	0.18	2.08	6,70
E-3	6	3.16	1.33	6.44	11,67
G-3	6	4.17	1.62	9.17	25,00
G-4	6	2.96	1.02	6.74	22,84
X-2	3	20.63	11.41	36.70	41.50

Tabla 3-XXXV: Resultados Cr en µg/l. Fracción filtrable (<0,45 µm).

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	0.74	0.10	1.74	4,85
E-2	6	0.74	0.17	1.60	4,15
E-3	6	2.14	0.47	5.71	17,10
G-3	6	3.04	0.84	7.87	12,40
G-4	7	2.39	0.50	6.64	16,40
X-2	4	5.12	0.84	19.38	21,84

Tabla 3-XXXVI: Resultados Cr en µg/l. Fracción en suspensión (>0,45 µm).

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	2.59	0.76	6.32	10.02
E-2	6	1.90	0.79	3.69	6.72
E-3	6	6.27	2.79	12.97	22.80
G-3	6	8.61	4.02	17.40	37.40
G-4	6	5.94	2.19	14.10	34.25
X-2	2	22.92	10.47	48.87	36.39

Tabla 3-XXXVII: Resultados Cr en µg/l. Fracción total.

### 3.4.3 Tablas de medias y límites encontrados en cada metal en sedimentos

#### 3.4.3.1 Cinc :

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	389	267	567	742
E-2	6	1449	975	2155	4096
E-3	7	2255	1389	3661	6839
G-3	3	7586	2225	25857	27641
G-4	6	2443	1837	3250	4747
X-2	3	5730	1828	17953	22632

Tabla 3-XXXVIII: Resultados Zn en sedimentos en µg/g. Fracción inferior a 177 µm.

#### 3.4.3.2 Plomo :

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	19.36	13.21	28.17	38.15
E-2	6	52.45	23.57	115	288
E-3	7	110.95	57.75	212	487
G-3	3	97.64	37.05	255	226
G-4	7	35.83	12.58	99	103
X-2	3	1292	74.04	22269	68052

Tabla 3-XXXIX: Resultados Pb en sedimentos en µg/g. Fracción inferior a 177 µm.

#### 3.4.3.3 Hierro :

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	4.01	3.10	5.18	6.24
E-2	6	4.21	3.16	5.60	6.70
E-3	7	7.93	5.93	10.61	13.97
G-3	3	6.62	3.68	11.91	13.14
G-4	7	5.15	3.62	7.35	8.97
X-2	3	8.71	1.84	41.31	44.03

Tabla 3-XL: Resultados Fe en sedimentos en mg/g. Fracción inferior a 177 µm.

### 3.4.3.4 Manganeso :

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	226	145	353	472
E-2	6	311	181	537	1240
E-3	7	305	186	501	1097
G-3	3	419	132	1323	1532
G-4	7	197	111	350	849
X-2	3	222	104	472	431

Tabla 3-XLI: Resultados Mn en sedimentos en  $\mu\text{g/g}$ . Fracción inferior a  $177 \mu\text{m}$ .

### 3.4.3.5 Cobre :

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	5.11	3.43	7.41	7.93
E-2	6	15.23	8.10	27.96	57.03
E-3	7	27.74	16.17	47.10	132
G-3	3	73.24	36.30	146.8	141
G-4	7	23.79	10.21	53.8	72.33
X-2	3	168.6	13.36	2002	1736

Tabla 3-XLII: Resultados Cu en sedimentos en  $\mu\text{g/g}$ . Fracción inferior a  $177 \mu\text{m}$ .

### 3.4.3.6 Cadmio :

<i>Punto</i>	<i>n</i> <i>Medias de muestreo</i>	<i>Media geométrica</i>	<i>L.C. - 90%</i>	<i>L.C. + 90%</i>	<i>Máxima concentración encontrada</i>
E-1	6	0.60	0.35	0.89	1.38
E-2	6	3.26	1.37	6.66	12.24
E-3	7	5.88	3.59	9.30	16.53
G-3	3	15.50	3.95	53.97	48.70
G-4	7	4.62	3.55	5.95	55.66
X-2	3	6.72	0.60	36.22	63.54

Tabla 3-XLIII: Resultados Cd en sedimentos en  $\mu\text{g/g}$ . Fracción inferior a  $177 \mu\text{m}$ .

### 3.4.3.7 Cromo :

Punto	<i>n</i>				Máxima concentración encontrada
	Medias de muestreo	Media geométrica	L.C. - 90%	L.C. + 90%	
E-1	6	1.46	1.15	1.81	2.31
E-2	6	2.97	1.37	5.63	11.24
E-3	7	4.83	2.14	9.82	43.22
G-3	3	1.03	0.51	1.72	1.58
G-4	7	2.12	1.12	3.58	32.98
X-2	3	2.81	0.75	7.29	34.10

Tabla 3-XLIV: Resultados Cr en sedimentos en µg/g. Fracción inferior a 177 µm.

Variaciones medias de Cr en el sistema

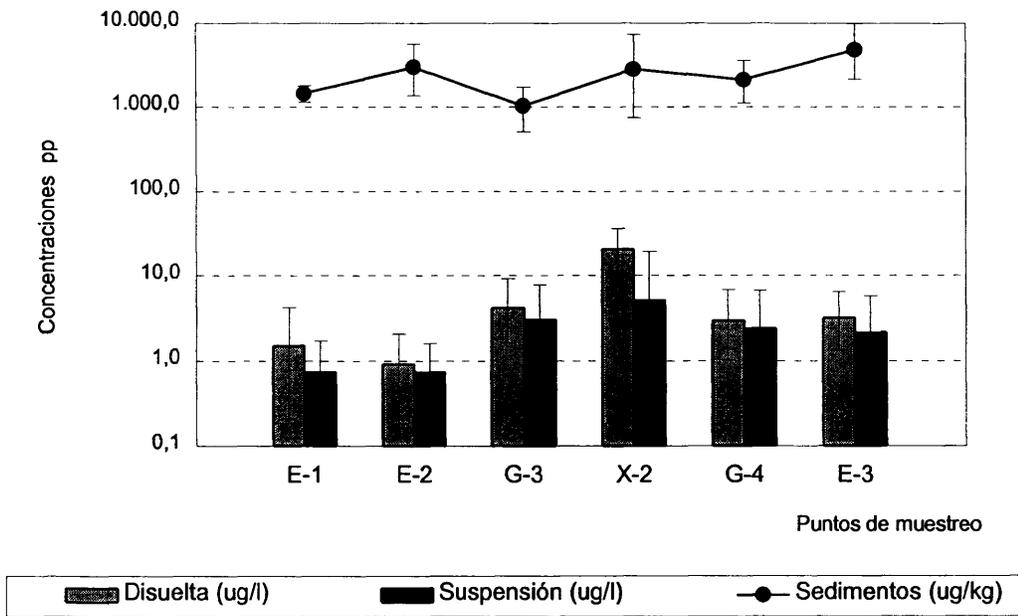


Gráfico 3-7: Cr: medias geométricas y L.D. de fracciones en disolución, suspensión y sedimentos en todos los puntos.

Variaciones medias de Zn en el sistema

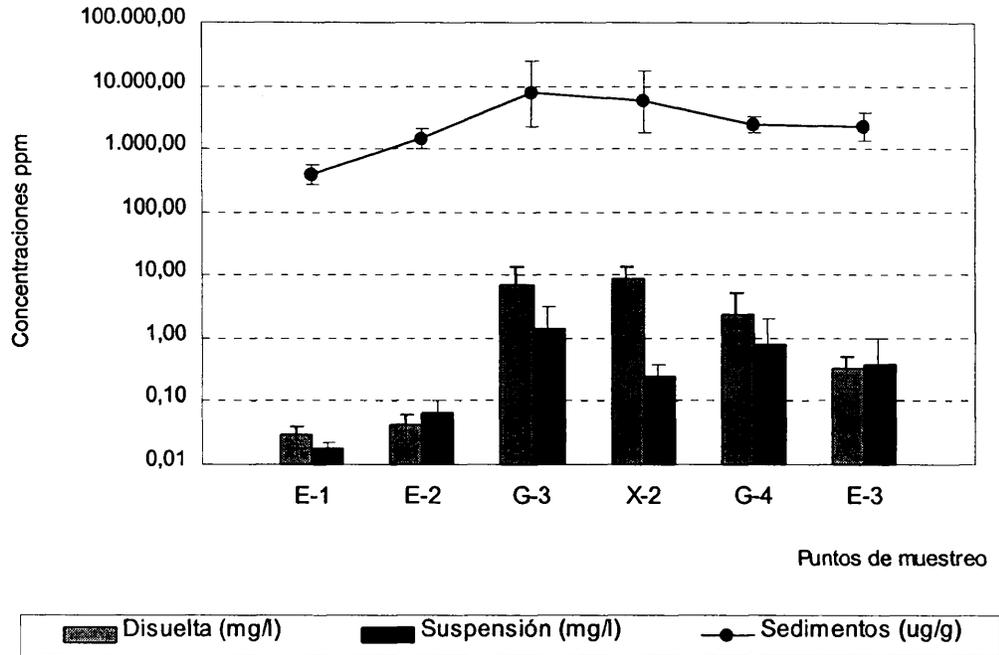


Gráfico 3-8: Zn: medias geométricas y L.D. de fracciones en disolución, suspensión y sedimentos en todos los puntos.

Variaciones medias de Pb en el sistema

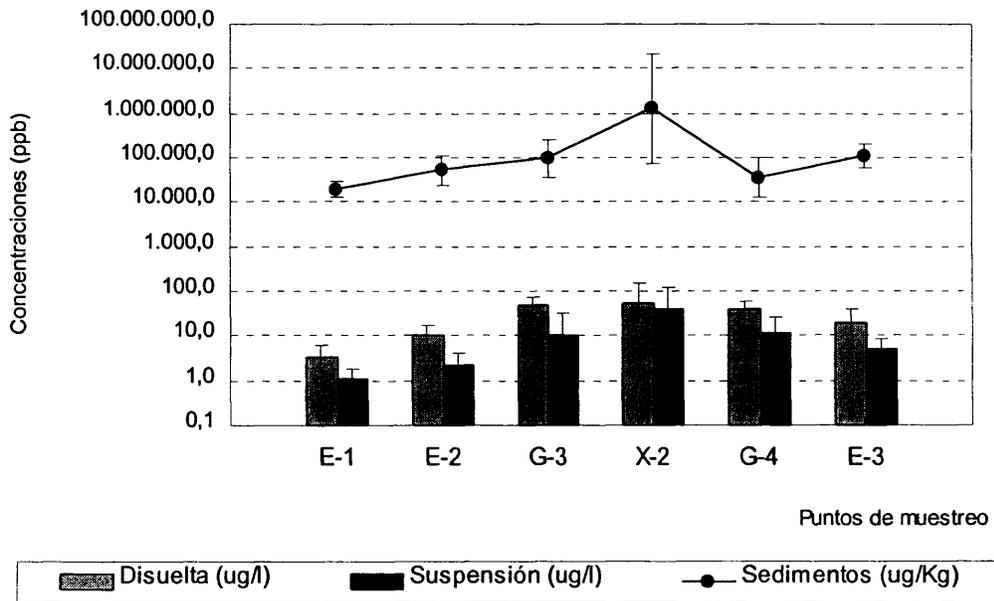


Gráfico 3-9: Pb: medias geométricas y L.D. de fracciones en disolución, suspensión y sedimentos en todos los puntos.

Variaciones medias de Fe en el sistema

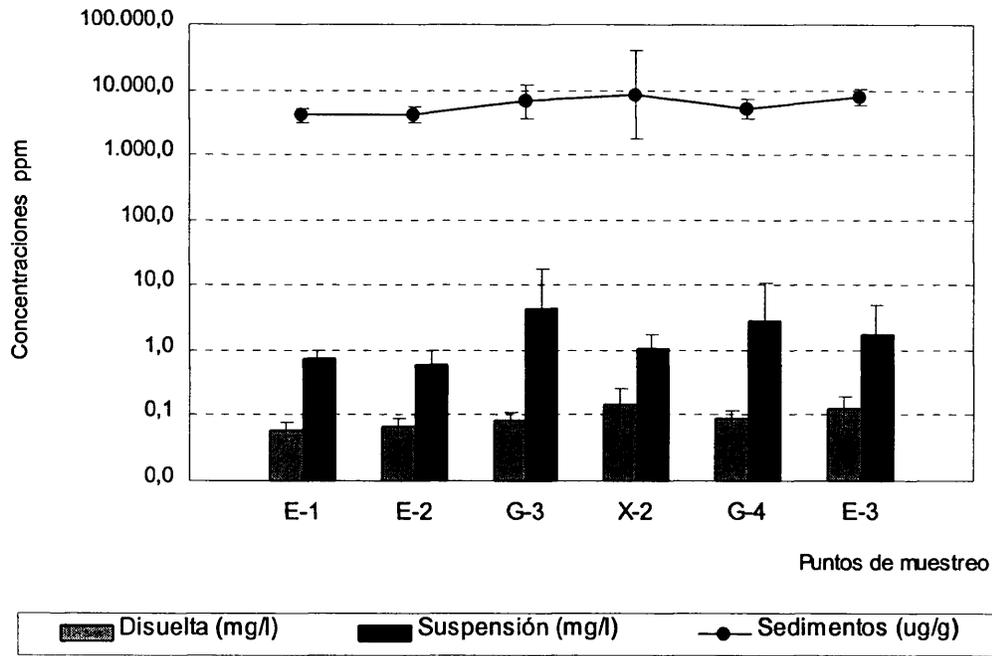


Gráfico 3-10: Fe: medias geométricas y L.D. de fracciones en disolución, suspensión y sedimentos en todos los puntos.

Variaciones medias de Mn en el sistema

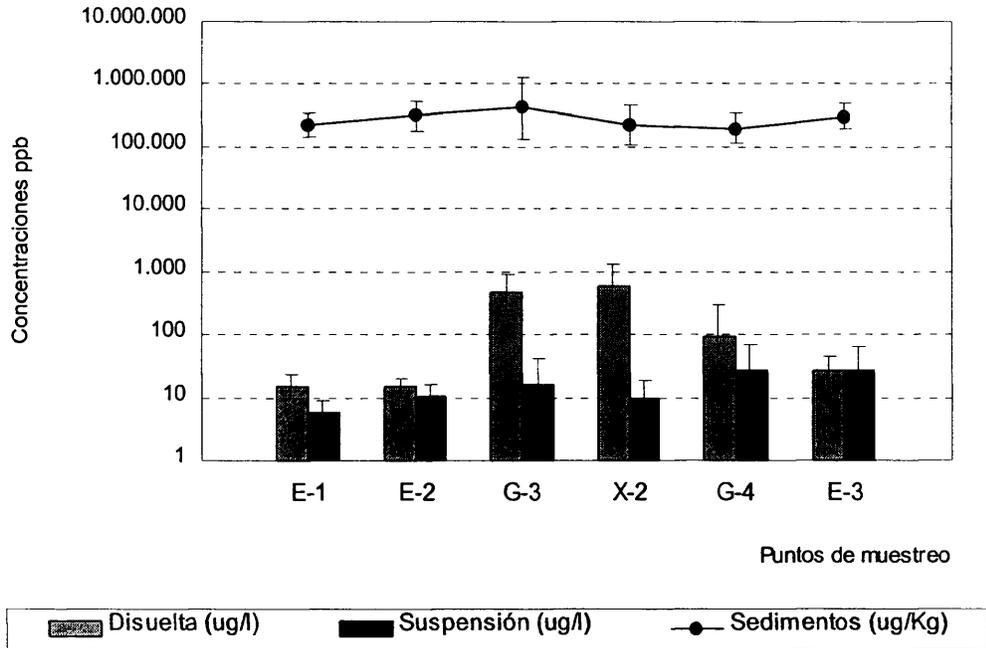


Gráfico 3-11: Mn: medias geométricas y L.D. de fracciones en disolución, suspensión y sedimentos en todos los puntos.

Variaciones medias de Cu en el sistema

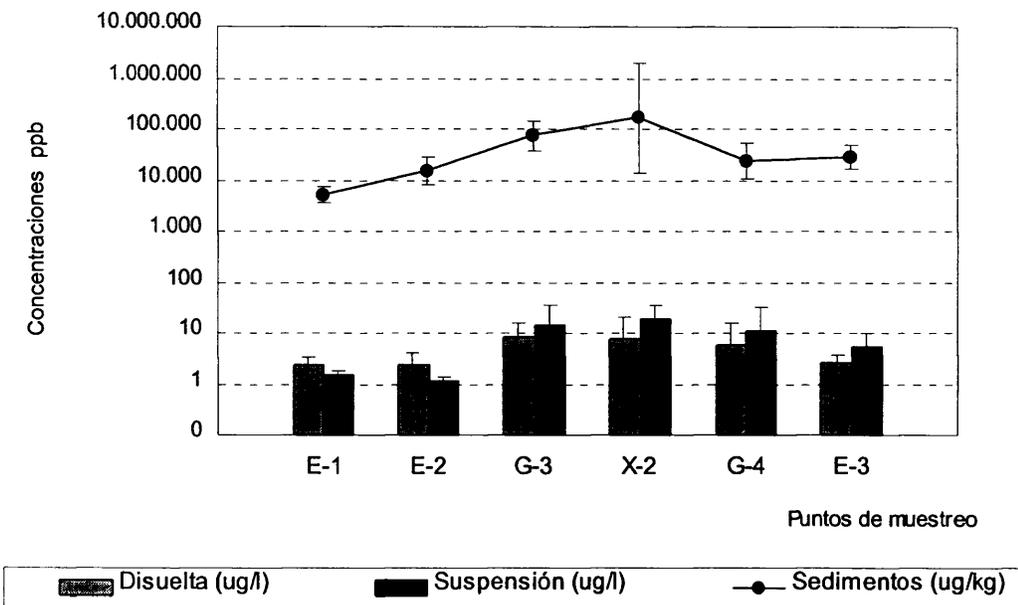


Gráfico 3-12: Cu: medias geométricas y L.D. de fracciones en disolución, suspensión y sedimentos en todos los puntos.

Variaciones medias de Cd en el sistema

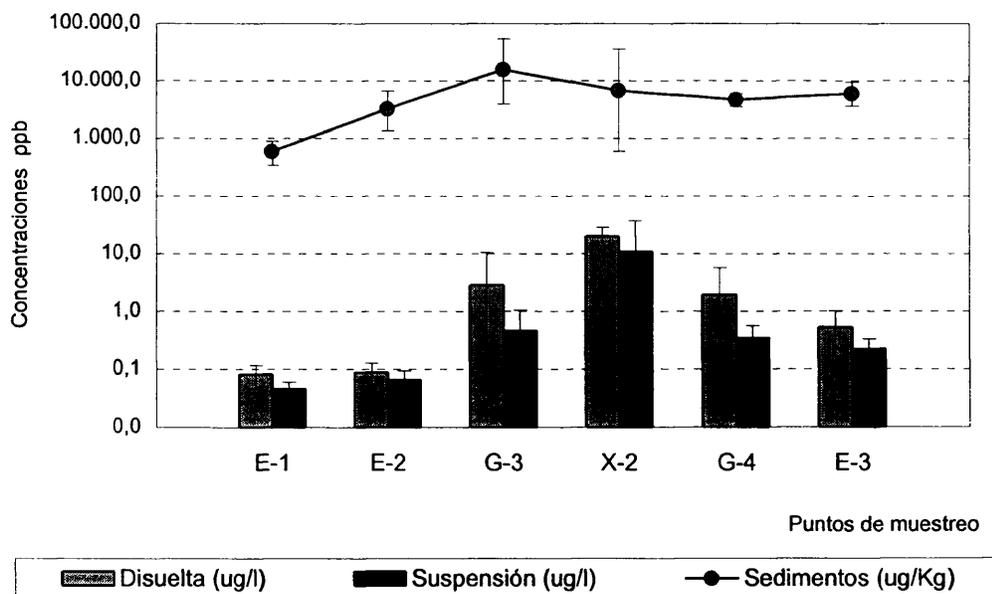


Gráfico 3-13: Cd: medias geométricas y L.D. de fracciones en disolución, suspensión y sedimentos en todos los puntos.

Fracción soluble.

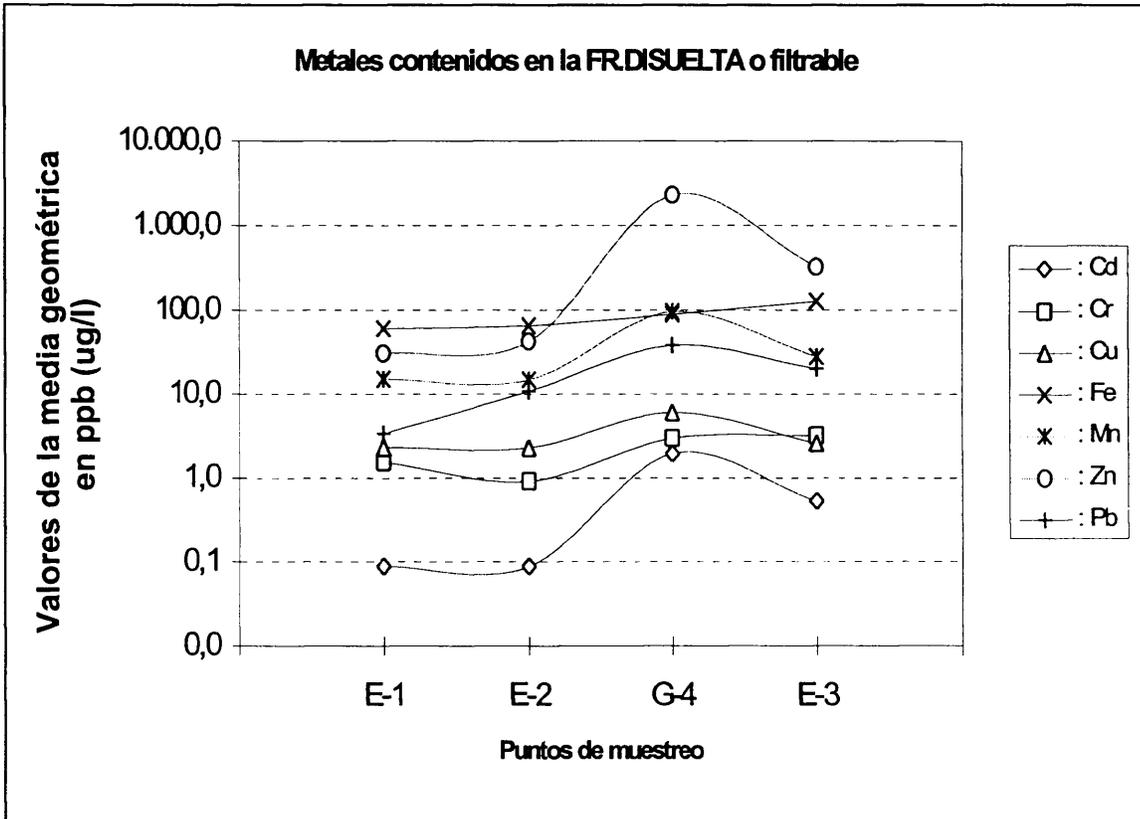


Gráfico 3-14: Concentraciones medias de los siete metales elegidos. Fracción disuelta.

Fracción en suspensión.

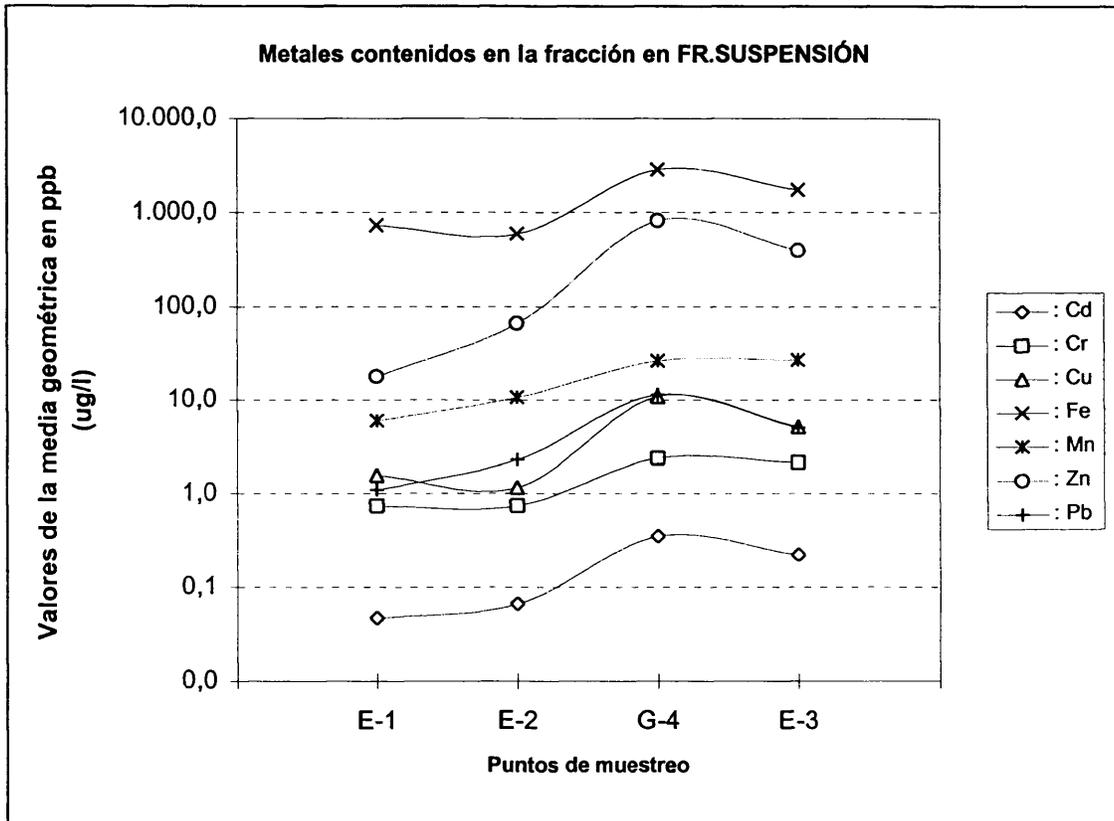


Gráfico 3-15: Concentraciones medias de los siete metales elegidos. Fracción en suspensión.

Fracción en sedimentos.

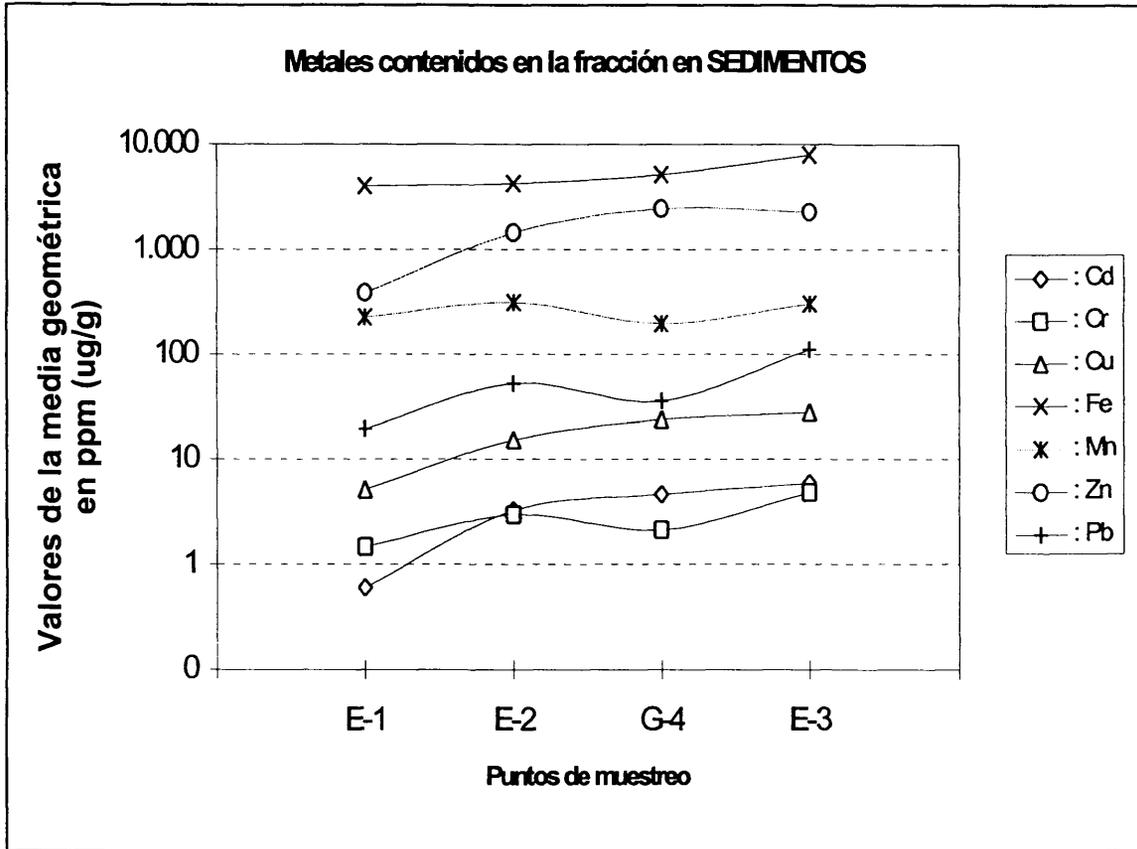


Gráfico 3-16: Concentraciones medias de los siete metales elegidos. Fracción en sedimentos.

### **3.4.4 Variaciones significativas de cada metal encontradas entre los puntos de muestreo elegidos.**

Se presentan a continuación las tablas de los resultados del análisis de varianza (Tabla 3-XLV) realizado para comprobar la existencia de diferencias significativas de las medias de concentraciones de metales entre los distintos puntos de muestreo. Estos análisis incluyen 6 puntos de muestreo: 4 en cauces naturales (E-1, E-2, E-3 Y G-4); uno en el canal artificial (G-3) y uno en la balsa de estériles (X-2). El motivo de la inclusión de los puntos de la explotación se debe a la necesidad de abordar las consecuencias de la explotación sobre el agua y los sedimentos de los cauces naturales.

Posteriormente, con el fin de establecer diferencias significativas punto a punto entre las concentraciones de metales en distintas fracciones, dado el número de casos disponible y la gran variabilidad encontrada en aguas, se ha optado por la comparación de las medias aritméticas de los datos sin transformar mediante un test no paramétrico : el test Kolmogorov-Smirnov.: de la Tabla 3-XLVI a la Tabla 3-XLVIII.

De igual modo, se utiliza este test para valorar si existe una preponderancia significativa en el reparto de la cantidad total de metales en fracción disuelta o suspensión en cada punto de muestreo (Tabla 3-XLIX).

Posteriormente se relacionan los datos resultantes del test LSD <sup>4</sup> que relacionan las probabilidades de error de las diferencias significativas entre puntos para cada metal en la fracción menos variable: los sedimentos. ( Tabla 3-L a la Tabla 3-LVI).

---

<sup>4</sup> Véase capítulo de Materiales y Métodos para la descripción de este test.

Analisis de varianza entre puntos de muestreo.

significacion  $p < 0.05$

Log(x+1). Puntos.E1.E2.E3.G3.G4.X2.

	SS	g.l.	MS	SS	g.l.	MS		
				Error	Error	Error	F	p
Cr-Sed	1.25	5	.250	1.864	28	.067	3.8	.010
Cd-Sed	6.50	5	1.300	1.569	28	.056	23.2	.000
Cu-Sed	16.55	5	3.309	3.269	28	.117	28.3	.000
Fe-Sed	2.57	5	.514	1.159	28	.041	12.4	.000
Mn-Sed	1.43	5	.285	2.806	28	.100	2.8	.034
Zn-Sed	9.86	5	1.972	1.855	28	.066	29.8	.000
Pb-Sed	27.34	5	5.468	3.512	28	.125	43.6	.000
Cr-Dis	2.76	5	.552	3.445	29	.119	4.6	.003
Cd-Dis	5.09	5	1.018	4.279	29	.148	6.9	.000
Cu-Dis	1.63	5	.325	2.885	29	.099	3.3	.018
Fe-Dis	.01	5	.002	.026	29	.001	2.4	.063
Mn-Dis	15.77	5	3.154	6.224	29	.215	14.7	.000
Zn-Dis	5.79	5	1.158	2.254	29	.078	14.9	.000
Pb-Dis	4.38	5	.877	2.699	29	.093	9.4	.000
Cr-Dis	1.96	5	.393	5.531	29	.191	2.1	.100
Cd-Sus	5.42	5	1.083	2.336	29	.081	13.4	.000
Cu-Sus	4.86	5	.972	3.592	29	.124	7.9	.000
Fe-Sus	1.01	5	.203	9.344	29	.322	.6	.679
Mn-Sus	1.70	5	.340	6.315	29	.218	1.6	.202
Zn-Sus	.49	5	.099	1.933	29	.067	1.5	.227
Pb-Sus	6.72	5	1.344	4.078	29	.141	9.6	.000
Cr-Tot	3.06	5	.612	4.321	29	.149	4.1	.006
Cd-Tot	7.54	5	1.508	5.037	29	.174	8.7	.000
Cu-Tot	4.42	5	.884	2.162	29	.075	11.9	.000
Fe-Tot	1.06	5	.211	8.954	29	.309	.7	.639
Mn-Tot	9.69	5	1.938	7.549	29	.260	7.4	.000
Zn-Tot	5.93	5	1.186	3.064	29	.106	11.2	.000
Pb-Tot	6.30	5	1.260	2.297	29	.079	15.9	.000
%D-Cr	.90	5	.180	.470	29	.016	11.1	.000
%D-Cd	1.57	5	.314	.105	29	.004	86.9	.000
%D-Cu	.41	5	.083	.286	29	.010	8.4	.000
%D-Fe	.11	5	.022	.373	29	.013	1.7	.161
%D-Mn	1.56	5	.311	.040	29	.001	224.3	.000
%D-Zn	2.67	5	.535	.241	29	.008	64.4	.000
%D-Pb	.72	5	.145	.130	29	.004	32.2	.000

Tabla 3-XLV: Análisis de varianza entre los 6 puntos de muestreo. Variables : Fracciones en sedimentos, disuelta, suspensión, total y porcentaje de fracción disuelta con respecto del total.

E1-E2	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Disuel	Difer.	Difer.	nivel p	E1	E2	E1	E2	E1	E2
Cr	-.333333	.333333	p = n.s.	3.23667	1.51667	4.607740	2.558247	6	6
Cd	-.166667	.166667	p = n.s.	.09500	.09167	.052440	.055287	6	6
Cu	-.250000	.250000	p = n.s.	2.42250	2.57750	1.088435	1.740716	4	4
Fe	-.166667	.333333	p = n.s.	.06167	.05833	.027869	.034303	6	6
Mn	-.166667	.333333	p = n.s.	16.92167	16.62167	7.389727	8.448112	6	6
Zn	-.166667	.166667	p = n.s.	.03500	.04333	.010488	.033267	6	6
Pb	-.833333	0.000000	p < .05	4.35500	13.09333	2.765160	8.756716	6	6

E1-E3	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Disuei	Difer.	Difer.	nivel p	E1	E3	E1	E3	E1	E3
Cr	-.500000	.166667	p = n.s.	3.23667	4.58333	4.607740	4.39948	6	6
Cd	-.666667	0.000000	p = n.s.	.09500	.65833	.052440	.81789	6	6
Cu	-.250000	.250000	p = n.s.	2.42250	2.69750	1.088435	1.11261	4	4
Fe	-.500000	.166667	p = n.s.	.06167	.13667	.027869	.12485	6	6
Mn	-.666667	0.000000	p = n.s.	16.92167	34.67667	7.389727	22.51556	6	6
Zn	-.833333	0.000000	p < .05	.03500	.34167	.010488	.32842	6	6
Pb	-.833333	0.000000	p < .05	4.35500	27.77167	2.765160	22.24420	6	6

E1-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Disuel.	Difer.	Difer.	nivel p	E1	G4	E1	G4	E1	G4
Cr	-.500000	.166667	p = n.s.	3.23667	5.0550	4.607740	6.3781	6	6
Cd	-1.000000	0.000000	p < .01	.09500	6.2267	.052440	13.0584	6	6
Cu	-.500000	0.000000	p = n.s.	2.42250	10.1725	1.088435	13.8182	4	4
Fe	-.500000	0.000000	p = n.s.	.06167	.0917	.027869	.0436	6	6
Mn	-.666667	0.000000	p = n.s.	16.92167	358.8250	7.389727	491.4785	6	6
Zn	-.833333	0.000000	p < .05	.03500	4.1267	.010488	6.1577	6	6
Pb	-1.000000	0.000000	p < .01	4.35500	47.5617	2.765160	37.8495	6	6

E2-E3	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Disuel	Difer.	Difer.	nivel p	E2	E3	E2	E3	E2	E3
Cr	-.666667	0.000000	p = n.s.	1.51667	4.58333	2.558247	4.39948	6	6
Cd	-.666667	0.000000	p = n.s.	.09167	.65833	.055287	.81789	6	6
Cu	-.500000	.250000	p = n.s.	2.57750	2.69750	1.740716	1.11261	4	4
Fe	-.333333	0.000000	p = n.s.	.05833	.13667	.034303	.12485	6	6
Mn	-.666667	.166667	p = n.s.	16.62167	34.67667	8.448112	22.51556	6	6
Zn	-.833333	0.000000	p < .05	.04333	.34167	.033267	.32842	6	6
Pb	-.500000	.166667	p = n.s.	13.09333	27.77167	8.756716	22.24420	6	6

E2-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Disuel.	Difer.	Difer.	nivel p	E2	G4	E2	G4	E2	G4
Cr	-.500000	0.00	p = n.s.	1.51667	5.0550	2.558247	6.3781	6	6
Cd	-1.000000	0.00	p < .01	.09167	6.2267	.055287	13.0584	6	6
Cu	-.500000	0.00	p = n.s.	2.57750	10.1725	1.740716	13.8182	4	4
Fe	-.500000	0.00	p = n.s.	.05833	.0917	.034303	.0436	6	6
Mn	-.666667	0.00	p = n.s.	16.62167	358.8250	8.448112	491.4785	6	6
Zn	-.833333	0.00	p < .05	.04333	4.1267	.033267	6.1577	6	6
Pb	-.666667	0.00	p = n.s.	13.09333	47.5617	8.756716	37.8495	6	6

E3-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Disuel.	Difer.	Difer.	nivel p	E3	G4	E3	G4	E3	G4
Cr	-.166667	.166667	p = n.s.	4.58333	5.0550	4.39948	6.3781	6	6
Cd	-.500000	0.000000	p = n.s.	.65833	6.2267	.81789	13.0584	6	6
Cu	-.500000	0.000000	p = n.s.	2.69750	10.1725	1.11261	13.8182	4	4
Fe	-.166667	.333333	p = n.s.	.13667	.0917	.12485	.0436	6	6
Mn	-.666667	.166667	p = n.s.	34.67667	358.8250	22.51556	491.4785	6	6
Zn	-.500000	.166667	p = n.s.	.34167	4.1267	.32842	6.1577	6	6
Pb	-.333333	0.000000	p = n.s.	27.77167	47.5617	22.24420	37.8495	6	6

G3-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Disuei.	Difer.	Difer.	nivel p	G3	G4	G3	G4	G3	G4
Cr	-.166667	.166667	p = n.s.	3.5670	5.0550	2.9832	6.3781	6	6
Cd	-.166667	.333333	p = n.s.	10.0234	6.2267	17.1337	13.0584	6	6
Cu	-.166667	.416667	p = n.s.	10.0163	10.1725	11.0833	13.8182	6	4
Fe	-.333333	.166667	p = n.s.	.0779	.0917	.0394	.0436	6	6
Mn	0.000000	.666667	p = n.s.	831.8611	358.8250	710.4704	491.4785	6	6
Zn	0.000000	.666667	p = n.s.	9.8528	4.1267	6.5778	6.1577	6	6
Pb	-.166667	.333333	p = n.s.	55.9600	47.5617	32.3603	37.8495	6	6

Tabla 3-XLVI: Test Kolmogorov-Sminorv. Fracción disuelta de metales punto a punto.

E1-E2	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Susp.	Difer.	Difer.	nivel p	E1	E2	E1	E2	E1	E2
Cr	-.166667	.333333	p = n.s.	1.173333	1.073333	1.863638	1.553971	6	6
Cd	-.500000	.166667	p = n.s.	.048333	.066667	.021370	.041793	6	6
Cu	0.000000	.500000	p = n.s.	1.582500	1.172500	.320039	.250516	4	4
Fe	0.000000	.666667	p = n.s.	.760000	.413333	.346641	.191590	6	6
Mn	-.500000	0.000000	p = n.s.	6.791667	9.996666	4.526550	5.513897	6	6
Zn	-.600000	0.000000	p = n.s.	.016000	.054000	.005477	.053198	5	5
Pb	-.500000	0.000000	p = n.s.	1.213333	2.873333	.777757	2.267092	6	6

E1-E3	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Susp.	Difer.	Difer.	nivel p	E1	E3	E1	E3	E1	E3
Cr	-.500000	0.000000	p = n.s.	1.173333	4.48833	1.863638	6.6514	6	6
Cd	-.833333	0.000000	p < .05	.048333	.23000	.021370	.1680	6	6
Cu	-.750000	0.000000	p = n.s.	1.582500	6.30500	.320039	4.4749	4	4
Fe	-.333333	.333333	p = n.s.	.760000	7.04500	.346641	15.8220	6	6
Mn	-.666667	0.000000	p = n.s.	6.791667	76.88333	4.526550	132.0765	6	6
Zn	-.833333	0.000000	p < .05	.016000	.78500	.005477	1.5066	5	6
Pb	-.833333	0.000000	p < .05	1.213333	6.15000	.777757	3.6086	6	6

E1-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Susp.	Difer.	Difer.	nivel p	E1	G4	E1	G4	E1	G4
Cr	-.333333	.166667	p = n.s.	1.173333	4.41333	1.863638	6.8885	6	6
Cd	-.833333	0.000000	p < .05	.048333	.37667	.021370	.3361	6	6
Cu	-.600000	.400000	p = n.s.	1.582500	16.02200	.320039	14.1940	4	5
Fe	-.333333	.500000	p = n.s.	.760000	22.82333	.346641	54.5288	6	6
Mn	-.666667	0.000000	p = n.s.	6.791667	96.64166	4.526550	207.8717	6	6
Zn	-.666667	0.000000	p = n.s.	.016000	1.77000	.005477	3.5630	5	6
Pb	-.833333	0.000000	p < .05	1.213333	11.20167	.777757	10.7056	6	6

E2-E3	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Susp.	Difer.	Difer.	nivel p	E2	E3	E2	E3	E2	E3
Cr	-.500000	0.000000	p = n.s.	1.073333	4.48833	1.553971	6.6514	6	6
Cd	-.66667	0.000000	p = n.s.	.066667	.23000	.041793	.1680	6	6
Cu	-1.00000	0.000000	p < .05	1.172500	6.30500	.250516	4.4749	4	4
Fe	-.33333	.166667	p = n.s.	.413333	7.04500	.191590	15.8220	6	6
Mn	-.50000	0.000000	p = n.s.	9.996666	76.88333	5.513897	132.0765	6	6
Zn	-.50000	0.000000	p = n.s.	.054000	.78500	.053198	1.5066	5	6
Pb	-.66667	0.000000	p = n.s.	2.873333	6.15000	2.267092	3.6086	6	6

E2-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Susp.	Difer.	Difer.	nivel p	E2	G4	E2	G4	E2	G4
Cr	-.333333	.333333	p = n.s.	1.073333	4.41333	1.553971	6.8885	6	6
Cd	-.833333	0.000000	p < .05	.066667	.37667	.041793	.3361	6	6
Cu	-.600000	.400000	p = n.s.	1.172500	16.02200	.250516	14.1940	4	5
Fe	-.333333	.333333	p = n.s.	.413333	22.82333	.191590	54.5288	6	6
Mn	-.333333	0.000000	p = n.s.	9.996666	96.64166	5.513897	207.8717	6	6
Zn	-.333333	0.000000	p = n.s.	.054000	1.77000	.053198	3.5630	5	6
Pb	-.833333	0.000000	p < .05	2.873333	11.20167	2.267092	10.7056	6	6

E3-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Susp.	Difer.	Difer.	nivel p	E3	G4	E3	G4	E3	G4
Cr	-.166667	.333333	p = n.s.	4.48833	4.41333	6.6514	6.8885	6	6
Cd	-.333333	.166667	p = n.s.	.23000	.37667	.1680	.3361	6	6
Cu	-.600000	.400000	p = n.s.	6.30500	16.02200	4.4749	14.1940	4	5
Fe	-.166667	.333333	p = n.s.	7.04500	22.82333	15.8220	54.5288	6	6
Mn	-.166667	.333333	p = n.s.	76.88333	96.64166	132.0765	207.8717	6	6
Zn	-.166667	.166667	p = n.s.	.78500	1.77000	1.5066	3.5630	6	6
Pb	-.500000	.166667	p = n.s.	6.15000	11.20167	3.6086	10.7056	6	6

G3-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Susp.	Difer.	Difer.	nivel p	G3	G4	G3	G4	G3	G4
Cr	-.166667	.333333	p = n.s.	4.16900	4.41333	4.65939	6.8885	6	6
Cd	-.333333	.166667	p = n.s.	.61102	.37667	.81106	.3361	6	6
Cu	-.433333	.233333	p = n.s.	17.49523	16.02200	16.98829	14.1940	6	5
Fe	-.166667	.333333	p = n.s.	25.66822	22.82333	48.59362	54.5288	6	6
Mn	-.500000	.166667	p = n.s.	22.78800	96.64166	33.31488	207.8717	6	6
Zn	-.166667	.500000	p = n.s.	2.34491	1.77000	2.47992	3.5630	6	6
Pb	-.333333	.166667	p = n.s.	9.86363	11.20167	9.56449	10.7056	6	6

Tabla 3-XLVII: Test Kolmogorov-Sminorv. Fracción en suspensión de metales punto a punto.

E1-E2	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Total	Difer.	Difer.	nivel p	E1	E2	E1	E2	E1	E2
Cr	-.333333	.333333	p = n.s.	4.40673	2.58544	4.56129	2.56073	6	6
Cd	-.333333	.166667	p = n.s.	.14093	.15582	.06922	.09090	6	6
Cu	-.166667	.500000	p = n.s.	3.81140	3.45613	.93024	1.42464	6	6
Fe	0.000000	.666667	p = n.s.	.82085	.47121	.34905	.18776	6	6
Mn	-.500000	.166667	p = n.s.	23.71306	26.61758	10.78949	9.56810	6	6
Zn	-.333333	.166667	p = n.s.	.05206	.08704	.01410	.08010	6	6
Pb	-.833333	0.000000	p < .05	5.35760	15.96675	3.14467	10.81739	6	6

E1-E3	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Total	Difer.	Difer.	nivel p	E1	E3	E1	E3	E1	E3
Cr	-.333333	0.000000	p = n.s.	4.40673	9.0698	4.56129	7.8967	6	6
Cd	-.833333	0.000000	p < .05	.14093	.8854	.06922	.8513	6	6
Cu	-1.000000	0.000000	p < .01	3.81140	8.4391	.93024	3.1820	6	6
Fe	-.333333	.333333	p = n.s.	.82085	7.1822	.34905	15.7955	6	6
Mn	-.833333	0.000000	p < .05	23.71306	111.5615	10.78949	137.5056	6	6
Zn	-1.000000	0.000000	p < .01	.05206	1.1234	.01410	1.7011	6	6
Pb	-.833333	0.000000	p < .05	5.35760	33.9219	3.14467	21.1163	6	6

E1-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Total	Difer.	Difer.	nivel p	E1	G4	E1	G4	E1	G4
Cr	-.500000	0.000000	p = n.s.	4.40673	9.4679	4.56129	7.7186	6	6
Cd	-1.000000	0.000000	p < .01	.14093	6.6014	.06922	13.1250	6	6
Cu	-.66667	0.000000	p = n.s.	3.81140	23.2864	.93024	20.1661	6	6
Fe	-.333333	.500000	p = n.s.	.82085	22.9140	.34905	54.5507	6	6
Mn	-.833333	0.000000	p < .05	23.71306	455.4658	10.78949	685.2490	6	6
Zn	-.833333	0.000000	p < .05	.05206	5.8974	.01410	7.7050	6	6
Pb	-1.000000	0.000000	p < .01	5.35760	58.7628	3.14467	47.6959	6	6

E2-E3	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Total	Difer.	Difer.	nivel p	E2	E3	E2	E3	E2	E3
Cr	-.666667	0.000000	p = n.s.	2.58544	9.0698	2.56073	7.8967	6	6
Cd	-.833333	0.000000	p < .05	.15582	.8854	.09090	.8513	6	6
Cu	-.833333	0.000000	p < .05	3.45613	8.4391	1.42464	3.1820	6	6
Fe	-.500000	.166667	p = n.s.	.47121	7.1822	.18776	15.7955	6	6
Mn	-.833333	0.000000	p < .05	26.61758	111.5615	9.56810	137.5056	6	6
Zn	-.833333	0.000000	p < .05	.08704	1.1234	.08010	1.7011	6	6
Pb	-.500000	0.000000	p = n.s.	15.96675	33.9219	10.81739	21.1163	6	6

E2-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Total	Difer.	Difer.	nivel p	E2	G4	E2	G4	E2	G4
Cr	-.66667	0.000000	p = n.s.	2.58544	9.4679	2.56073	7.7186	6	6
Cd	-1.000000	0.000000	p < .01	.15582	6.6014	.09090	13.1250	6	6
Cu	-.66667	0.000000	p = n.s.	3.45613	23.2864	1.42464	20.1661	6	6
Fe	-.333333	.333333	p = n.s.	.47121	22.9140	.18776	54.5507	6	6
Mn	-.66667	0.000000	p = n.s.	26.61758	455.4658	9.56810	685.2490	6	6
Zn	-.833333	0.000000	p < .05	.08704	5.8974	.08010	7.7050	6	6
Pb	-.833333	0.000000	p < .05	15.96675	58.7628	10.81739	47.6959	6	6

E3-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Total	Difer.	Difer.	nivel p	E3	G4	E3	G4	E3	G4
Cr	-.333333	.166667	p = n.s.	9.0698	9.4679	7.8967	7.7186	6	6
Cd	-.500000	0.000000	p = n.s.	.8854	6.6014	.8513	13.1250	6	6
Cu	-.500000	.333333	p = n.s.	8.4391	23.2864	3.1820	20.1661	6	6
Fe	-.166667	.333333	p = n.s.	7.1822	22.9140	15.7955	54.5507	6	6
Mn	-.500000	.166667	p = n.s.	111.5615	455.4658	137.5056	685.2490	6	6
Zn	-.333333	.166667	p = n.s.	1.1234	5.8974	1.7011	7.7050	6	6
Pb	-.333333	0.000000	p = n.s.	33.9219	58.7628	21.1163	47.6959	6	6

G3-G4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
Total	Difer.	Difer.	nivel p	G3	G4	G3	G4	G3	G4
Cr	-.333333	.166667	p = n.s.	7.7360	9.4679	4.1163	7.7186	6	6
Cd	-.166667	.333333	p = n.s.	10.6344	6.6014	17.9422	13.1250	6	6
Cu	-.166667	.333333	p = n.s.	27.5116	23.2864	17.5418	20.1661	6	6
Fe	-.166667	.333333	p = n.s.	25.7461	22.9140	48.6084	54.5507	6	6
Mn	-.166667	.500000	p = n.s.	688.2689	455.4658	817.0406	685.2490	6	6
Zn	0.000000	.500000	p = n.s.	12.1977	5.8974	7.7126	7.7050	6	6
Pb	-.166667	.333333	p = n.s.	65.8236	58.7628	35.9380	47.6959	6	6

Tabla 3-XLVIII: Test Kolmogorov-Sminorv. Fracción total de metales punto a punto.

E-1	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
D : F	Difer.	Difer.	nivel p	D	F	D	F	D	F
Cr	-.16667	.333333	p = n.s.	3.23667	1.173333	4.607740	1.863638	6	6
Cd	0.00000	.500000	p = n.s.	.09500	.048333	.052440	.021370	6	6
Cu	-.25000	.750000	p = n.s.	2.42250	1.582500	1.088435	.320039	4	4
Fe	-1.00000	0.000000	p < .01	.06167	.760000	.027869	.346641	6	6
Mn	0.00000	.833333	p < .05	16.92167	6.791667	7.389727	4.526550	6	6
Zn	0.00000	.833333	p < .05	.03500	.016000	.010488	.005477	6	5
Pb	0.00000	.666667	p = n.s.	4.35500	1.213333	2.765160	.777757	6	6

E-2	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
D : F	Difer.	Difer.	nivel p	D	F	D	F	D	F
Cr	-.166667	.333333	p = n.s.	1.51667	1.073333	2.558247	1.553971	6	6
Cd	0.000000	.333333	p = n.s.	.09167	.066667	.055287	.041793	6	6
Cu	0.000000	.500000	p = n.s.	2.57750	1.172500	1.740716	.250516	4	4
Fe	-.833333	0.000000	p < .05	.05833	.413333	.034303	.191590	6	6
Mn	0.000000	.500000	p = n.s.	16.62167	9.996666	8.448112	5.513897	6	6
Zn	-.233333	.233333	p = n.s.	.04333	.054000	.033267	.053198	6	5
Pb	0.000000	.833333	p < .05	13.09333	2.873333	8.756716	2.267092	6	6

E-3	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
D : F	Difer.	Difer.	nivel p	D	F	D	F	D	F
Cr	-.166667	.333333	p = n.s.	4.58333	4.48833	4.39948	6.6514	6	6
Cd	0.000000	.500000	p = n.s.	.65833	.23000	.81789	.1680	6	6
Cu	-.500000	0.000000	p = n.s.	2.69750	6.30500	1.11261	4.4749	4	4
Fe	-.666667	0.000000	p = n.s.	.13667	7.04500	.12485	15.8220	6	6
Mn	-.166667	.333333	p = n.s.	34.67667	76.88333	22.51556	132.0765	6	6
Zn	-.166667	.333333	p = n.s.	.34167	.78500	.32842	1.5066	6	6
Pb	0.000000	.666667	p = n.s.	27.77167	6.15000	22.24420	3.6086	6	6

G-4	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
D : F	Difer.	Difer.	nivel p	D	F	D	F	D	F
Cr	-.166667	.500000	p = n.s.	5.0550	4.41333	6.3781	6.8885	6	6
Cd	0.000000	.666667	p = n.s.	6.2267	.37667	13.0584	.3361	6	6
Cu	-.350000	.400000	p = n.s.	10.1725	16.02200	13.8182	14.1940	4	5
Fe	-.666667	.166667	p = n.s.	.0917	22.82333	.0436	54.5288	6	6
Mn	0.000000	.666667	p = n.s.	358.8250	96.64166	491.4785	207.8717	6	6
Zn	0.000000	.500000	p = n.s.	4.1267	1.77000	6.1577	3.5630	6	6
Pb	0.000000	.833333	p < .05	47.5617	11.20167	37.8495	10.7056	6	6

G-3	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
D : F	Difer.	Difer.	nivel p	D	F	D	F	D	F
Cr	-.166667	.333333	p = n.s.	3.5670	4.16900	2.9832	4.65939	6	6
Cd	0.000000	.500000	p = n.s.	10.0234	.61102	17.1337	.81106	6	6
Cu	-.500000	.166667	p = n.s.	10.0163	17.49523	11.0833	16.98829	6	6
Fe	-.833333	0.000000	p < .05	.0779	25.66822	.0394	48.59362	6	6
Mn	0.000000	1.000000	p < .01	831.8611	22.78800	710.4704	33.31488	6	6
Zn	0.000000	.666667	p = n.s.	9.8528	2.34491	6.5778	2.47992	6	6
Pb	0.000000	1.000000	p < .01	55.9600	9.86363	32.3603	9.56449	6	6

X-2	Max Neg	Max Pos		Media	Media	D.T.	D.T.	n	n
D : F	Difer.	Difer.	nivel p	D	F	D	F	D	F
Cr	-.33333	.666667	p = n.s.	14.4288	13.61083	.0806	6.31496	6	6
Cd	-.33333	.333333	p = n.s.	19.0400	24.30383	6.7757	25.36104	6	6
Cu	-.66667	.166667	p = n.s.	19.3591	24.54800	30.6217	16.54508	6	6
Fe	-1.00000	0.000000	p < .01	.1797	1.34140	.1484	1.13619	6	6
Mn	0.00000	1.000000	p < .01	925.5000	12.22000	510.7404	7.62087	6	6
Zn	0.00000	1.000000	p < .01	11.1000	.27165	4.4499	.20338	6	6
Pb	-.66667	.333333	p = n.s.	33.7200	73.63971	16.4791	59.81035	6	6

Tabla 3-XLIX: Test Kolmogorov-Sminorv. Fracción Disuelta: Suspensión de metales punto a punto.

Zn	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
E1 {1}		.000507	.000009	.000006	.000000	.000000
E2 {2}	.000507		.224422	.189445	.000001	.000007
E3 {3}	.000009	.224422		.915078	.000015	.000126
G4 {4}	.000006	.189445	.915078		.000020	.000168
G3 {5}	.000000	.000001	.000015	.000020		.335550
X2 {6}	.000000	.000007	.000126	.000168	.335550	

Tabla 3-L: Test LSD para Zn en sedimentos.  $\log(x+1)$ .

Pb	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
E1 {1}		.018346	.004393	.024942	.013767	.000000
E2 {2}	.018346		.656336	.807764	.906634	.000000
E3 {3}	.004393	.656336		.471851	.746729	.000000
G4 {4}	.024942	.807764	.471851		.714727	.000000
G3 {5}	.013767	.906634	.746729	.714727		.000000
X2 {6}	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	

Tabla 3-LI: Test LSD para Pb en sedimentos.  $\log(x+1)$ .

Fe	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
E1 {1}		.728710	.017109	.456280	.561563	.000000
E2 {2}	.728710		.048110	.714187	.822004	.000002
E3 {3}	.017109	.048110		.085988	.077973	.000323
G4 {4}	.456280	.714187	.085988		.895313	.000003
G3 {5}	.561563	.822004	.077973	.895313		.000004
X2 {6}	.000000	.000002	.000323	.000003	.000004	

Tabla 3-LII: Test LSD para Fe en sedimentos.  $\log(x+1)$ .

Mn	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
E1 {1}		.400015	.539503	.577823	.005840	.309348
E2 {2}	.400015		.794977	.175016	.050990	.895471
E3 {3}	.539503	.794977		.246241	.023712	.681881
G4 {4}	.577823	.175016	.246241		.001492	.121151
G3 {5}	.005840	.050990	.023712	.001492		.055618
X2 {6}	.309348	.895471	.681881	.121151	.055618	

Tabla 3-LIII: Test LSD para Mn en sedimentos.  $\log(x+1)$ .

Cu	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
E1 {1}		.019500	.008131	.007856	.000009	.000000
E2 {2}	.019500		.813391	.803034	.009241	.000000
E3 {3}	.008131	.813391		.988794	.012131	.000000
G4 {4}	.007856	.803034	.988794		.012525	.000000
G3 {5}	.000009	.009241	.012131	.012525		.000024
X2 {6}	.000000	.000000	.000000	.000000	.000024	

Tabla 3-LIV: Test LSD para Cu en sedimentos.  $\log(x+1)$ .

Cd	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
E1 {1}		.001469	.000162	.000454	.000000	.000000
E2 {2}	.001469		.538449	.797235	.000006	.000136
E3 {3}	.000162	.538449		.705959	.000017	.000443
G4 {4}	.000454	.797235	.705959		.000006	.000158
G3 {5}	.000000	.000006	.000017	.000006		.179609
X2 {6}	.000000	.000136	.000443	.000158	.179609	

Tabla 3-LV: Test LSD para Cd en sedimentos.  $\log(x+1)$ .

Cr	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
E1 {1}		.079747	.016035	.901746	.541720	.018157
E2 {2}	.079747		.536617	.100326	.027103	.570304
E3 {3}	.016035	.536617		.021345	.004821	.957497
G4 {4}	.901746	.100326	.021345		.467522	.024101
G3 {5}	.541720	.027103	.004821	.467522		.005475
X2 {6}	.018157	.570304	.957497	.024101	.005475	

Tabla 3-LVI: Test LSD para Cr en sedimentos.  $\log(x+1)$ .

### 3.5 Correlaciones encontradas entre las variables abióticas.

Se presentan a continuación las correlaciones de Pearson existentes entre las variables abióticas consideradas: caudal, pH y conductividad, y los metales en cada una de sus distintas fracciones: disuelta, suspensión, total y sedimentos.

Estas correlaciones se han realizado con las variables analizadas en los cauces naturales (n=24).

Posteriormente, se incluye una tabla de correlaciones de Pearson para las propias fracciones de metales entre sí: disuelta, suspensión, total y sedimentos para todo el sistema considerado, incluyendo los puntos G-3 y X-2 (n=36)

Se comprueba la relación inversa entre el pH y la fracción disuelta. También se observa que el mayor número de correlaciones positivas significativas tiene lugar con los dos metales explotados: Zn y Pb (Tabla 3-LVII) .

La conductividad está muy relacionada con todos los metales en suspensión (Tabla 3-LVIII), dado que no existe una relación causa-efecto entre ambas variables, ha de interpretarse como un efecto conjunto de la perturbación.

También en la fracción en sedimentos el mayor número de correlaciones significativas tiene lugar con los dos metales explotados. Destaca la elevada correlación del Cd con ellos (Tabla 3-LX).

	Caudal	pH	Conduc.	Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb
Caudal	1.00	-.23	-.16	.22	.42 *	.15	-.11	.11	.33	.18
pH	-.23	1.00	-.22	-.49 *	-.31	-.24	-.11	-.53 *	-.56 *	-.10
Conduct.	-.16	-.22	1.00	.25	.38	.35	.26	.68 *	.56 *	.73 *
Cr	.22	-.49 *	.25	1.00	.31	.24	.17	.46 *	.44 *	.47 *
Cd	.42 *	-.31	.38	.31	1.00	.79 *	-.10	.58 *	.87 *	.43 *
Cu	.15	-.24	.35	.24	.79 *	1.00	-.14	.41 *	.72 *	.33
Fe	-.11	-.11	.26	.17	-.10	-.14	1.00	.22	-.05	.04
Mn	.11	-.53 *	.68 *	.46 *	.58 *	.41 *	.22	1.00	.80 *	.57 *
Zn	.33	-.56 *	.56 *	.44 *	.87 *	.72 *	-.05	.80 *	1.00	.54 *
Pb	.18	-.10	.73 *	.47 *	.43 *	.33	.04	.57 *	.54 *	1.00

Tabla 3-LVII: Correlaciones de Pearson entre Caudal, pH y conductividad y la fracción disuelta de metales( n=24; (\*) significación p<0.05) .

	Caudal	pH	Conduc.	Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb
Caudal	1.00	-.23	-.16	-.06	.17	.18	.06	-.08	.16	.24
pH	-.23	1.00	-.22	.15	-.22	-.17	-.59 *	-.35	-.59 *	-.04
Conduct.	-.16	-.22	1.00	.12	.62 *	.61 *	.45 *	.56 *	.56 *	.54 *
Cr	-.06	.15	.12	1.00	-.07	-.05	-.36	-.27	-.27	.17
Cd	.17	-.22	.62 *	-.07	1.00	.78 *	.49 *	.40	.62 *	.74 *
Cu	.18	-.17	.61 *	-.05	.78 *	1.00	.52 *	.47 *	.61 *	.64 *
Fe	.06	-.59 *	.45 *	-.36	.49 *	.52 *	1.00	.85 *	.96 *	.27
Mn	-.08	-.35	.56 *	-.27	.40	.47 *	.85 *	1.00	.82 *	.40
Zn	.16	-.59 *	.56 *	-.27	.62 *	.61 *	.96 *	.82 *	1.00	.40
Pb	.24	-.04	.54 *	.17	.74 *	.64 *	.27	.28	.40	1.00

Tabla 3-LVIII: Correlaciones de Pearson entre Caudal, pH y conductividad y la fracción en suspensión de metales ( n=24; (\*) significación p<0.05).

	Caudal	pH	Conduc.	Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb
Caudal	1.00	-.23	-.16	.10	.41 *	.14	.05	.05	.28	.18
pH	-.23	1.00	-.22	-.32	-.32	-.22	-.59 *	-.56 *	-.62 *	-.08
Conduct.	-.16	-.22	1.00	.31	.46 *	.64 *	.46 *	.77 *	.63 *	.74 *
Cr	.10	-.32	.31	1.00	.20	.28	.31	.36	.34	.46 *
Cd	.41 *	-.32	.46 *	.20	1.00	.68 *	.16	.59 *	.78 *	.50 *
Cu	.14	-.22	.64 *	.28	.68 *	1.00	.49 *	.64 *	.67 *	.57 *
Fe	.05	-.59 *	.46 *	.31	.16	.49 *	1.00	.72 *	.69 *	.44 *
Mn	.05	-.56 *	.77 *	.36	.59 *	.64 *	.72 *	1.00	.89 *	.62 *
Zn	.28	-.62 *	.63 *	.34	.78 *	.67 *	.69 *	.89 *	1.00	.61 *
Pb	.18	-.08	.74 *	.46 *	.50 *	.57 *	.44 *	.62 *	.61 *	1.00

Tabla 3-LIX: Correlaciones de Pearson entre Caudal, pH y conductividad y la fracción total de metales ( n=24; (\*) significación p<0.05).

	Caudal	pH	Conduc.	Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb
Caudal	1.00	-.25	-.17	.05	-.13	-.08	.10	-.41	-.05	-.15
pH	-.25	1.00	-.22	.47 *	.42 *	.04	.04	.49 *	.29	.29
Conduct.	-.17	-.22	1.00	-.12	.41 *	.42 *	.29	-.12	.56 *	.34
Cr	.05	.47 *	-.12	1.00	.55 *	.21	.10	.12	.47 *	.50 *
Cd	-.13	.42 *	.41 *	.55 *	1.00	.64 *	.13	.16	.90 *	.90 *
Cu	-.08	.04	.42 *	.21	.64 *	1.00	.09	.24	.64 *	.73 *
Fe	.10	.04	.29	.10	.13	.09	1.00	.05	.20	.31
Mn	-.41	.49 *	-.12	.12	.16	.24	.05	1.00	.10	.23
Zn	-.05	.29	.56 *	.47 *	.90 *	.64 *	.20	.10	1.00	.83 *
Pb	-.15	.29	.34	.50 *	.90 *	.73 *	.31	.23	.83 *	1.00

Tabla 3-LX: Correlaciones de Pearson entre Caudal, pH y conductividad y la fracción en sedimentos de metales ( n=24; (\*) significación p<0.05).

Fracción		S	S	S	S	S	S	S	D	D	D	D	D	D	D
	Metal	Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb	Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb
S	Cr	1.00	.22	.24	.36 *	-.08	.20	.45 *	.01	.14	.04	.14	-.07	-.03	-.01
S	Cd	.22	1.00	.75 *	.39 *	.48 *	.97 *	.62 *	.25	.53 *	.46 *	.20	.61 *	.64 *	.60 *
S	Cu	.24	.75 *	1.00	.68 *	.29	.76 *	.90 *	.59 *	.67 *	.41 *	.47 *	.69 *	.70 *	.46 *
S	Fe	.36 *	.39 *	.68 *	1.00	.00	.42 *	.83 *	.48 *	.54 *	.31	.50 *	.36 *	.44 *	.19
S	Mn	-.08	.48 *	.29	.00	1.00	.45 *	.11	-.31	.15	.13	.16	.21	.19	.01
S	Zn	.20	.97 *	.76 *	.42 *	.45 *	1.00	.63 *	.30	.59 *	.50 *	.19	.66 *	.69 *	.62 *
S	Pb	.45 *	.62 *	.90 *	.83 *	.11	.63 *	1.00	.55 *	.64 *	.40 *	.46 *	.48 *	.55 *	.30
D	Cr	.01	.25	.59 *	.48 *	-.31	.30	.55 *	1.00	.56 *	.35 *	.34 *	.57 *	.58 *	.49 *
D	Cd	.14	.53 *	.67 *	.54 *	.15	.59 *	.64 *	.56 *	1.00	.50 *	.16	.69 *	.85 *	.41 *
D	Cu	.04	.46 *	.41 *	.31	.13	.50 *	.40 *	.35 *	.50 *	1.00	.21	.41 *	.56 *	.39 *
D	Fe	.14	.20	.47 *	.50 *	.16	.19	.46 *	.34 *	.16	.21	1.00	.25	.17	.05
D	Mn	-.07	.61 *	.69 *	.36 *	.21	.66 *	.48 *	.57 *	.69 *	.41 *	.25	1.00	.90 *	.67 *
D	Zn	-.03	.64 *	.70 *	.44 *	.19	.69 *	.55 *	.58 *	.85 *	.56 *	.17	.90 *	1.00	.60 *
D	Pb	-.01	.60 *	.46 *	.19	.01	.62 *	.30	.49 *	.41 *	.39 *	.05	.67 *	.60 *	1.00
F	Cr	.33	.47 *	.62 *	.42 *	.13	.44 *	.58 *	.34 *	.36 *	.24	.32	.30	.27	.20
F	Cd	.36 *	.50 *	.76 *	.77 *	.03	.52 *	.86 *	.55 *	.70 *	.33	.50 *	.53 *	.61 *	.19
F	Cu	.07	.49 *	.52 *	.61 *	-.06	.55 *	.52 *	.58 *	.62 *	.50 *	.39 *	.59 *	.62 *	.48 *
F	Fe	-.34 *	.10	.14	.15	-.26	.13	.02	.43 *	.10	.08	.08	.43 *	.36 *	.46 *
F	Mn	-.25	.00	.06	.26	-.28	.06	.04	.25	-.10	-.12	.12	.21	.12	.31
F	Zn	-.33 *	.24	.18	.11	-.19	.28	-.01	.44 *	.22	.20	.02	.55 *	.52 *	.59 *
F	Pb	.34 *	.60 *	.67 *	.66 *	-.07	.59 *	.75 *	.52 *	.50 *	.41 *	.44 *	.55 *	.56 *	.47 *
T	Cr	.15	.39 *	.65 *	.43 *	-.22	.40 *	.58 *	.86 *	.45 *	.32	.43 *	.52 *	.47 *	.47 *
T	Cd	.21	.56 *	.73 *	.63 *	.11	.61 *	.72 *	.60 *	.98 *	.49 *	.27	.71 *	.84 *	.40 *
T	Cu	.04	.59 *	.56 *	.56 *	.04	.65 *	.55 *	.56 *	.65 *	.77 *	.36 *	.62 *	.70 *	.54 *
T	Fe	-.34 *	.11	.15	.16	-.25	.14	.03	.44 *	.10	.08	.11	.44 *	.36 *	.46 *
T	Mn	-.04	.50 *	.63 *	.46 *	.04	.56 *	.51 *	.59 *	.69 *	.20	.21	.85 *	.75 *	.59 *
T	Zn	-.10	.60 *	.66 *	.44 *	.10	.66 *	.51 *	.63 *	.78 *	.52 *	.16	.90 *	.98 *	.67 *
T	Pb	.14	.71 *	.67 *	.46 *	.00	.72 *	.58 *	.61 *	.56 *	.42 *	.25	.74 *	.71 *	.92 *

		F	F	F	F	F	F	F	T	T	T	T	T	T	T
	Metal	Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb	Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb
S	Cr	.33	.36 *	.07	-.34	-.25	-.33	.34 *	.15	.21	.04	-.34	-.04	-.10	.14
S	Cd	.47 *	.50 *	.49 *	.10	.00	.24	.60 *	.39 *	.56 *	.59 *	.11	.50 *	.60 *	.71 *
S	Cu	.62 *	.76 *	.52 *	.14	.06	.18	.67 *	.65 *	.73 *	.56 *	.15	.63 *	.66 *	.67 *
S	Fe	.42 *	.77 *	.61 *	.15	.26	.11	.66 *	.43 *	.63 *	.56 *	.16	.46 *	.44 *	.46 *
S	Mn	.13	.03	-.06	-.26	-.28	-.19	-.07	-.22	.11	.04	-.25	.04	.10	.00
S	Zn	.44 *	.52 *	.55 *	.13	.06	.28	.59 *	.40 *	.61 *	.65 *	.14	.56 *	.66 *	.72 *
S	Pb	.58 *	.86 *	.52 *	.02	.04	-.01	.75 *	.58 *	.72 *	.55 *	.03	.51 *	.51 *	.58 *
D	Cr	.34 *	.55 *	.58 *	.43 *	.25	.44 *	.52 *	.86 *	.60 *	.56 *	.44 *	.59 *	.63 *	.61 *
D	Cd	.36 *	.70 *	.62 *	.10	-.10	.22	.50 *	.45 *	.98 *	.65 *	.10	.69 *	.78 *	.56 *
D	Cu	.24	.33	.50 *	.08	-.12	.20	.41 *	.32	.49 *	.77 *	.08	.20	.52 *	.42 *
D	Fe	.32	.50 *	.39 *	.08	.12	.02	.44 *	.43 *	.27	.36 *	.11	.21	.16	.25
D	Mn	.30	.53 *	.59 *	.43 *	.21	.55 *	.55 *	.52 *	.71 *	.62 *	.44 *	.85 *	.90 *	.74 *
D	Zn	.27	.61 *	.62 *	.36 *	.12	.52 *	.56 *	.47 *	.84 *	.70 *	.36 *	.75 *	.98 *	.71 *
D	Pb	.20	.19	.48 *	.46 *	.31	.59 *	.47 *	.47 *	.40 *	.54 *	.46 *	.59 *	.67 *	.92 *
F	Cr	1.00	.40 *	.29	-.30	-.32	-.25	.47 *	.70 *	.38	.30	-.29	.16	.19	.34 *
F	Cd	.40 *	1.00	.62 *	.08	.07	.08	.78 *	.52 *	.81 *	.59 *	.09	.54 *	.56 *	.53 *
F	Cu	.29	.62 *	1.00	.45 *	.29	.53 *	.71 *	.55 *	.67 *	.93 *	.46 *	.57 *	.65 *	.63 *
F	Fe	-.30	.08	.45 *	1.00	.78 *	.93 *	.17	.22	.12	.37 *	1.00	.57 *	.53 *	.40 *
F	Mn	-.32	.07	.29	.78 *	1.00	.71 *	.19	.07	-.05	.19	.79 *	.44 *	.30	.32
F	Zn	-.25	.08	.53 *	.93 *	.71 *	1.00	.23	.26	.21	.49 *	.93 *	.57 *	.67 *	.51 *
F	Pb	.47 *	.78 *	.71 *	.17	.19	.23	1.00	.60 *	.61 *	.68 *	.18	.45 *	.54 *	.75 *
T	Cr	.70 *	.52 *	.55 *	.22	.07	.26	.60 *	1.00	.50 *	.53 *	.23	.45 *	.48 *	.60 *
T	Cd	.38 *	.81 *	.67 *	.12	-.05	.21	.61 *	.50 *	1.00	.69 *	.12	.70 *	.78 *	.61 *
T	Cu	.30	.59 *	.93 *	.37 *	.19	.49 *	.68 *	.53 *	.69 *	1.00	.37 *	.52 *	.71 *	.66 *
T	Fe	-.29	.09	.46 *	1.00	.79 *	.93 *	.18 *	.23	.12	.37 *	1.00	.57 *	.52 *	.41 *
T	Mn	.16	.54 *	.57 *	.57 *	.44 *	.57 *	.45 *	.45 *	.70 *	.52 *	.57 *	1.00	.79 *	.68 *
T	Zn	.19	.56 *	.65 *	.53 *	.30	.67 *	.54 *	.48 *	.78 *	.71 *	.52 *	.79 *	1.00	.75 *
T	Pb	.34 *	.53 *	.63 *	.40 *	.32	.51 *	.75 *	.60 *	.61 *	.66 *	.41 *	.68 *	.75 *	1.00

Tabla 3-LXI: Correlaciones de Pearson entre las distintas fracciones de los metales. (D=disuelta; F=suspensión; T=total y S=sedimento) (n=36)

### 3.6 Cantidad de metal circulante por el sistema

A partir de los datos de caudal en litros/segundo y de metales en  $\mu\text{g/litro}$  que hay en cada época y punto de muestreo, se calcula la cantidad de metal que circula por unidad de tiempo.

Punto y fecha	Caudal	(l/s)	concentración total de metales en agua en $\mu\text{g/l}$						
			Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb
E1	J,93	143	0,14	0,07	3	854	25	78	0,3
E2	J,93	468	0,68	0,04	2	615	37	84	3,6
E3	J,93	271	22,80	0,42	7	712	43	98	7,6
G4	J,93	314	12,28	0,69	13	325	34	498	21,0
E1	AG,93	54	0,13	0,22	4	1100	42	46	2,6
E2	AG,93	111	0,17	0,11	3	483	37	42	12,5
E3	AG,93	93	0,57	0,94	8	472	59	114	29,6
G4	AG,93	47	0,21	1,08	32	581	30	64	34,6
E1	AB,94	210	9,36	0,22	4	640	24	49	7,8
E2	AB,94	860	1,46	0,28	2	534	13	68	34,6
E3	AB,94	430	8,95	2,55	5	639	28	1201	50,4
G4	AB,94	650	7,74	33,35	55	2009	566	17613	54,5
E1	J,94	20	5,58	0,12	2	272	23	45	6,7
E2	J,94	50	4,68	0,15	2	141	18	32	20,5
E3	J,94	30	7,88	0,64	13	124	74	92	35,1
G4	J,94	10	18,27	0,41	4	146	108	258	60,8
E1	N,94	40	1,22	0,07	5	1263	8	57	7,8
E2	N,94	70	1,80	0,12	6	662	27	246	8,6
E3	N,94	80	2,53	0,21	6	1740	75	765	16,4
G4	N,94	10	1,29	2,58	4	168	201	3410	30,6
E1	M,95	80	10,02	0,15	4	796	20	38	7,0
E2	M,95	220	6,72	0,24	5	393	27	50	16,1
E3	M,95	140	11,69	0,56	11	39406	390	4470	64,5
G4	M,95	220	17,02	1,50	33	134256	1794	13540	151,2

Tabla 3-LXII: Caudal (litros/segundo) y fracción total de metales ( $\mu\text{g/litro}$ ) en cada punto y fecha.

La media geométrica resultante y los límites de confianza para cada punto se recogen a continuación.

	E-1			E-2			E-3			G-4			
	n=6	media	- L.C.	+ L.C.									
Cr		<b>2,94</b>	0,54	9,06	<b>5,44</b>	1,99	12,87	<b>13,08</b>	3,70	41,17	<b>8,54</b>	1,60	33,94
Cd		<b>0,19</b>	0,04	0,37	<b>0,63</b>	0,10	1,42	<b>1,84</b>	0,46	4,55	<b>3,92</b>	0,15	20,12
Cu		<b>4,63</b>	2,44	8,21	<b>9,74</b>	4,87	18,64	<b>16,87</b>	10,10	27,77	<b>20,58</b>	3,62	99,90
Fe		<b>847</b>	388	1847	<b>1276</b>	471	3456	<b>2291</b>	461	11375	<b>1139</b>	104	12432
Mn		<b>25,13</b>	12	51	<b>76</b>	36	158	<b>152</b>	74	312	<b>185</b>	34	988
Zn		<b>57,35</b>	30	110	<b>193</b>	76	491	<b>846</b>	201	3557	<b>1502</b>	162	13863
Pb		<b>4,69</b>	1,91	10,12	<b>39,08</b>	15,15	98,44	<b>57,05</b>	25,62	125,56	<b>53,17</b>	15,50	176,86

Tabla 3-LXIII: Media y límites (confianza 90%) de la cantidad de metal ( $\mu\text{g por minuto}$ ) que circula por el sistema.

La cantidad de metal circulante que llega al punto E-3 debería resultar de la suma del procedente de E-2 y G-4, las diferencias con este valor indican un fenómeno de sedimentación en E-3 (que se manifiesta en el Gráfico 3-16).

Cd 40%	Zn 50%	Cu 56%	Mn 58%	Pb 62%	Cr 94%	Fe 95%
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Los resultados se expresan en el cuadro adjunto, indicando de mayor a menor tendencia a la sedimentación. (% metal circulante en E3/ suma E2 y G4.)

El siguiente gráfico representa el incremento de la masa circulante de todos los metales en los puntos de muestreo del río Estanda.

**Cantidad de metales circulante en el río Estanda**

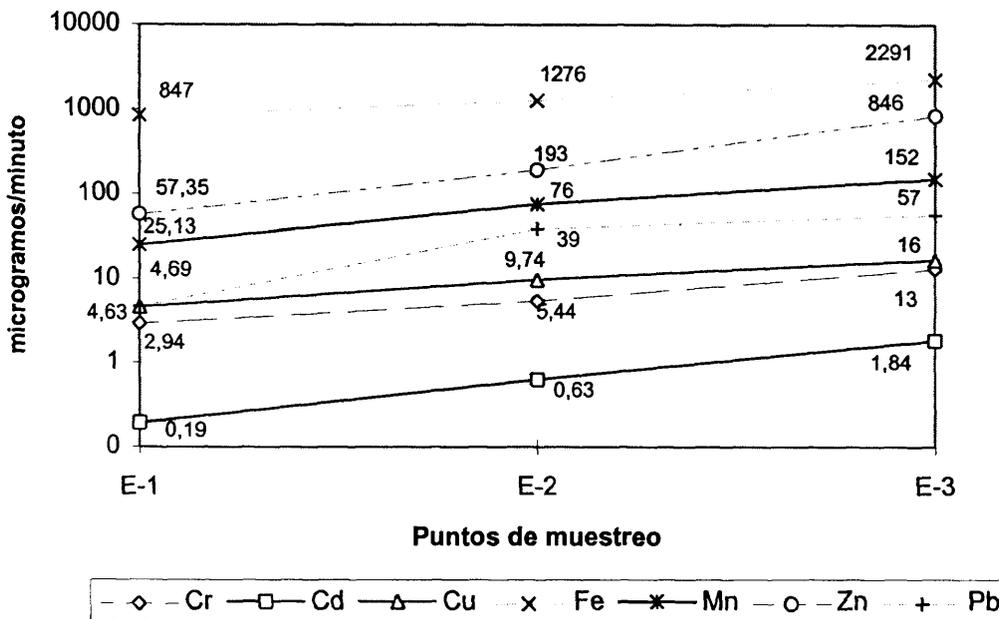


Gráfico 3-17: Cantidad de metales circulante (ug/minuto) por el río Estanda.

En Gráfico 3-17 se puede comprobar que hay un enriquecimiento progresivo de la carga circulante que comienza a apreciarse en el segundo punto de muestreo. El número de veces que aumentan en promedio con respecto a los valores presentes en el punto control (E3/E1) es el siguiente en orden de mayor a menor:

Zn: 14,8 veces; Pb: 12 veces; Cd: 9,6 veces; Mn: 6 veces; Cr: 4,4 veces; Cu: 3,6 veces y Fe: 2,7 veces.

Las correlaciones encontradas entre todos los metales en fracción total expresado mediante esta corrección de caudal se relacionan a continuación, para el conjunto del sistema (Tabla 3-LXIV) evidencian una relación directa entre todos los metales que están circulando por el sistema.

Metales	Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb
Cr	1.00						
Cd	.63 *	1.00					
Cu	.73 *	.82 *	1.00				
Fe	.60 *	.51 *	.70 *	1.00			
Mn	.69 *	.74 *	.86 *	.88 *	1.00		
Zn	.63 *	.87 *	.79 *	.80 *	.88 *	1.00	
Pb	.76 *	.75 *	.84 *	.69 *	.80 *	.74 *	1.00

Tabla 3-LXIV: Correlaciones de Pearson entre todos los metales. Cantidad circulante ug/minuto (Fracción total en aguas. cauces naturales n=24. (\*) significación p<0.05) .

Todos los metales experimentan un crecimiento progresivo y casi paralelo a medida que discurren a lo largo del río Estanda, esta covariación tiene significación estadística (Tabla 3-LXIV).

A continuación se pone de manifiesto la liberación de metales tóxicos junto a aquellos que son objeto de explotación; tomaremos como ejemplo al cadmio, mediante la representación de su correlación con el cinc y el plomo, que representan la propia actividad minera.

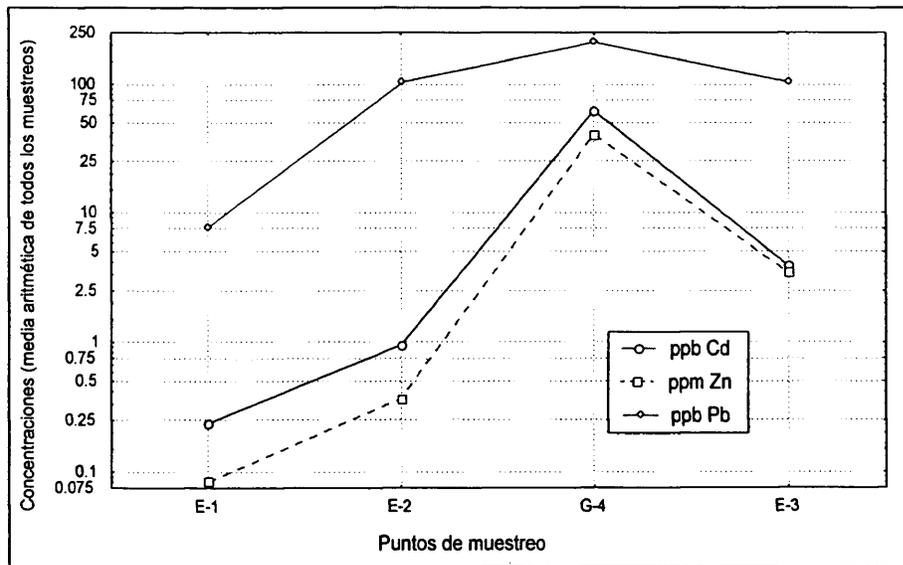


Gráfico 3-18: Cantidad de Cd, Zn y Pb por minuto en los cuatro puntos de muestreo.

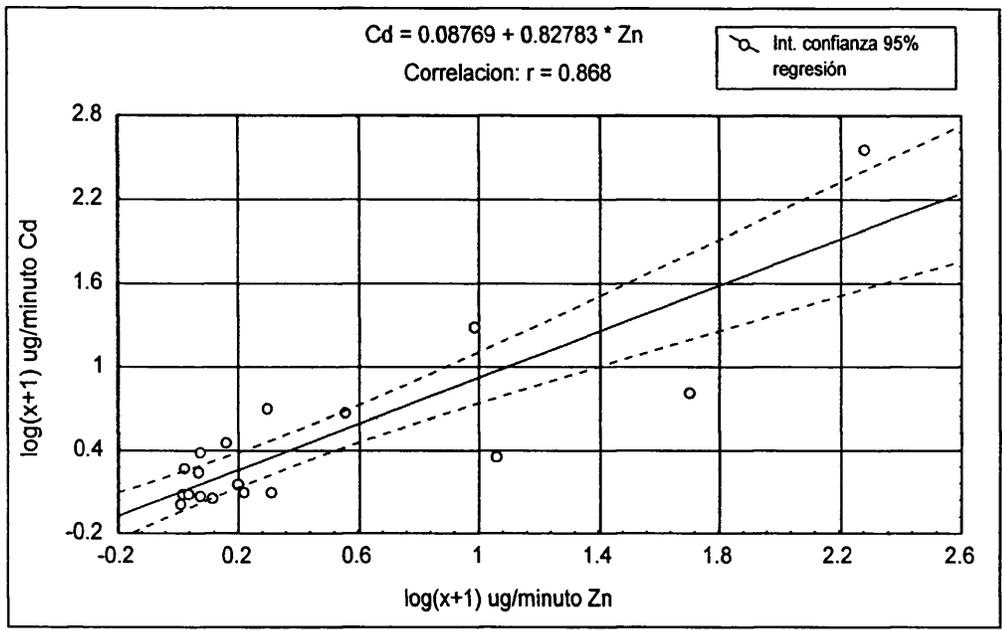


Gráfico 3-19: recta de regresión ; masa circulante de Zn y Cd (ug/minuto)

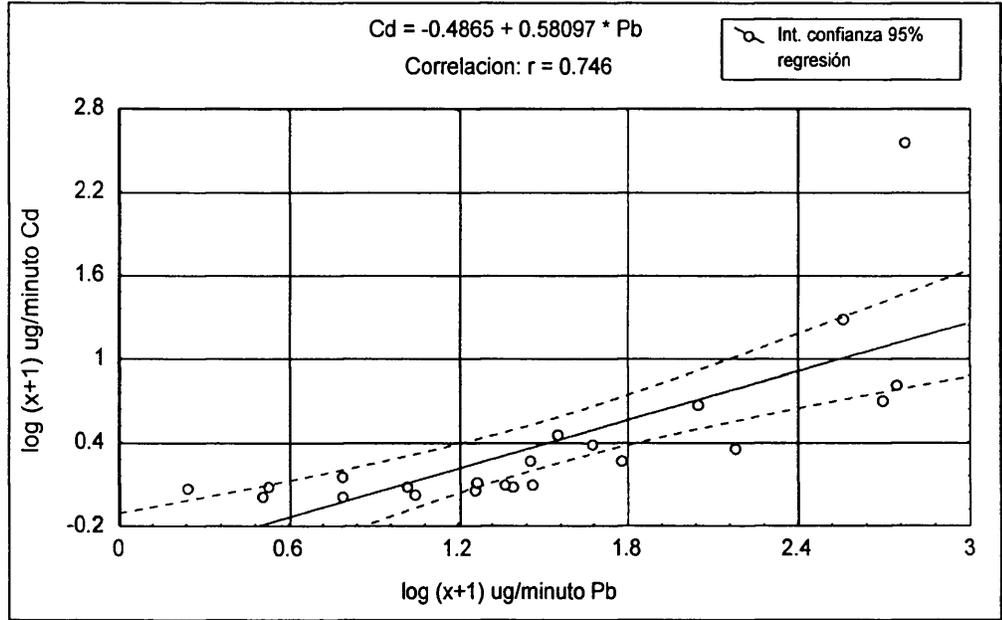


Gráfico 3-20: Recta de regresión; masa circulante de Cd y Pb (ug/minuto).

### 3.7 Tratamientos estadísticos para valorar las relaciones entre las variables abióticas.

Tal como hemos visto en la introducción, cada metal tiene una relación específica de sus contenidos en disolución y suspensión en el agua dependiendo de las características de ésta. El efecto de la explotación se manifiesta mediante la variación simultánea de las siguientes variables: descenso del pH e incremento de conductividad <sup>5</sup> y contenido de metales en agua. En esta sección veremos el efecto que tienen estos tres factores sobre el destino y la fase en que se encuentran los metales.

La relación encontrada entre las fracciones analizadas: disuelta y suspensión, se representa a continuación. Se trata de valores promediados, cuyas oscilaciones temporales se discutirán más adelante.

D:F	Cr	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Pb
E1	1,7 : 1	2 : 1	1,2 : 1	1 : 9	1,4 : 1	2 : 1	2 : 1
E2	1,2 : 1	1,3 : 1	1,5 : 1	1 : 6	1,2 : 1	1 : 1	2 : 1
E3	1,2 : 1	2 : 1	1 : 1,5	1 : 8	1 : 1	1 : 1,4	1,7 : 1
G4	1,4 : 1	3,5 : 1	1 : 1,2	1 : 13	1,5 : 1	2 : 1	1,7 : 1
G3	1,1 : 1	3,8 : 1	1 : 1,2	1 : 23	2,5 : 1	2 : 1	2 : 1
X2	1,1 : 1	1 : 1	1 : 1,3	1 : 5	2,7 : 1	10 : 1	1 : 1

Tabla 3-LXV: Relaciones promedio de las fracciones disuelta-suspensión de los metales en todos los puntos. (D= Disuelta; F= Suspensión).

Para saber la fracción en la que predominantemente se encuentran los metales, se ha usado una nueva variable que resulta de calcular la relación entre la fracción disuelta con respecto de la total.

$$\%D = \text{Fracción disuelta} \times 100 / (\text{Fr. Disuelta} + \text{Fr. Suspensión})$$

Los valores promedio de esta expresión se representan en la Tabla 3-LXVI.

Punto	%D Cr	%D Cd	%D Cu	%D Fe	%D Mn	%D Zn	%D Pb
E-1	55%	66%	56%	9%	70%	69%	75%
E-2	52%	59%	62%	17%	62%	55%	82%
E-3	59%	64%	34%	29%	52%	57%	74%
G-4	63%	77%	45%	29%	75%	75%	81%
G-3	55%	84%	42%	18%	98%	84%	85%
X-2	54%	54%	34%	12%	98%	98%	42%

Tabla 3-LXVI: Relación de la fracción disuelta con respecto del total, expresada en porcentajes. Datos agrupados por metales y puntos de muestreo. Los límites de variación de la media (confianza 90%) para cada metal entre las distintas fechas de muestreo son Cr: 24%, Cd:12%; Cu:13%; Fe:14%; Mn:16%; Zn: 14% y Pb: 8%.

<sup>5</sup> Véase gráfico de pH y conductividad conjunto.

### 3.7.1 Relación pH- porcentaje de fracción disuelta con respecto al total

La consideración del pH como un factor de dos clases: neutro (hasta 7) y básico (mayor de 7), permite clasificar la variación de la fracción disuelta con respecto del total (%D), estableciéndose nuevos porcentajes para cada metal (Tabla 3-LXVII); en los valores básicos de pH el %D de todos los metales desciende, aunque sólo para el hierro y el cromo resulta significativo ( $p < 0.05$ ).

pH	%D Cr (*)	%D Cd	%D Cu	%D Fe (*)	%D Mn	%D Zn	%D Pb
Neutro	64	65	34	27	71	77	55
Básico	33	39	30	9	44	45	39

Tabla 3-LXVII: Agrupación en clases de pH del parámetro: % de fracción disuelta con respecto de la total. (Análisis de varianza. Datos transformados  $\log(x+1)$ . Los asteriscos (\*) indican un descenso significativo ( $p < 0,05$ )).

La relación de concentraciones para el hierro pasa de tener una media de 27% cuando el pH ronda la neutralidad al 9 % cuando se hace básico. Esto indica que una gran cantidad de hierro forma agregados (que bien son transportados en suspensión aguas abajo, bien se depositan en el lecho fluvial, dependiendo de la velocidad de la corriente.

### 3.7.2 Relación conductividad-porcentaje fracción disuelta con respecto al total

Análogamente, considerando clases de conductividad frente al porcentaje de fracción disuelta con respecto al total, la variación resultante es la siguiente:

Conductividad $\mu\text{S/cm}$	%D Cr (*)	%D Cd (*)	%D Cu	%D Fe	%D Mn (*)	%D Zn (*)	%D Pb (*)
< 255	19	22	23	4	28	23	27
< 625	21	22	24	7	26	20	27
< 1300	37	55	37	20	56	59	52
2400	41	44	34	13	53	61	40

Tabla 3-LXVIII: Agrupación en clases de Conductividad del parámetro: % de fracción disuelta con respecto de la total. (Análisis de varianza. Datos transformados  $\log(x+1)$ . Los asteriscos (\*) indican un aumento significativo  $p < 0,01$ )).

Se observa que a medida que la conductividad es más elevada, el contenido de metales en forma disuelta es mayor en todos los casos.

La evolución de la fracción disuelta de cada metal queda patente en los siguientes gráficos en los cuales se representa de forma relativa <sup>6</sup> el incremento o decremento de la fracción en disolución de cada uno de los metales en todas las épocas de muestreo y en los cauces naturales de los ríos considerados:

<sup>6</sup> Los resultados están referidos en cada momento al contenido que hubiera en el punto de referencia (véase el capítulo de Materiales y Métodos). Se puede apreciar así el número de veces que aumenta o disminuye el contenido de esa fracción aguas abajo.

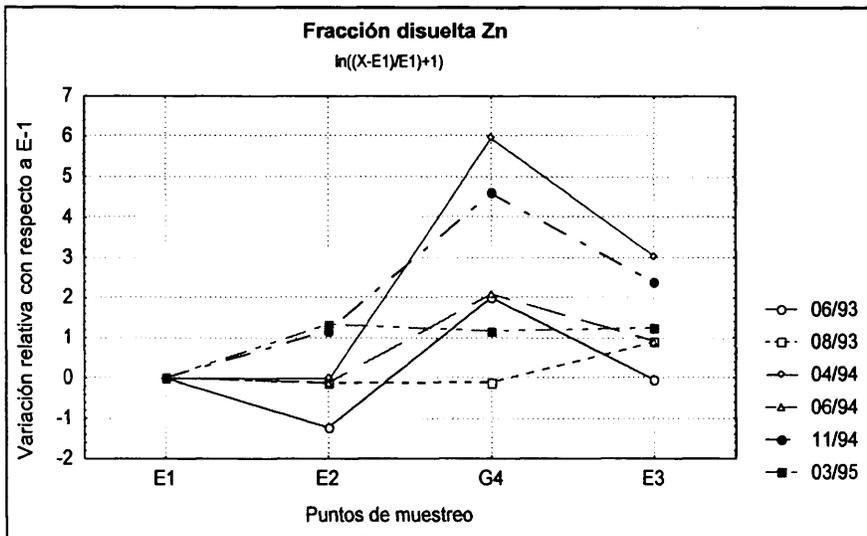


Gráfico 3-21: Incremento relativo de la fracción disuelta de Zn.

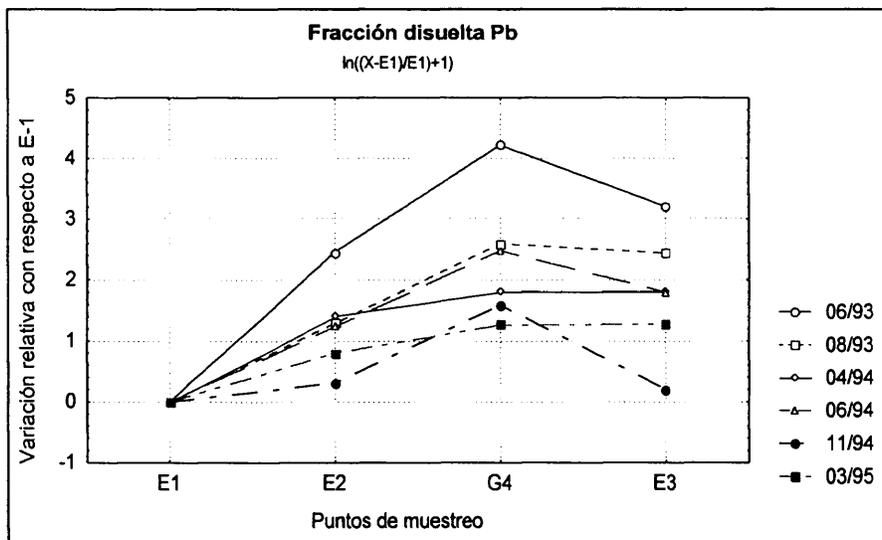


Gráfico 3-22: Incremento relativo de la fracción disuelta de Pb.

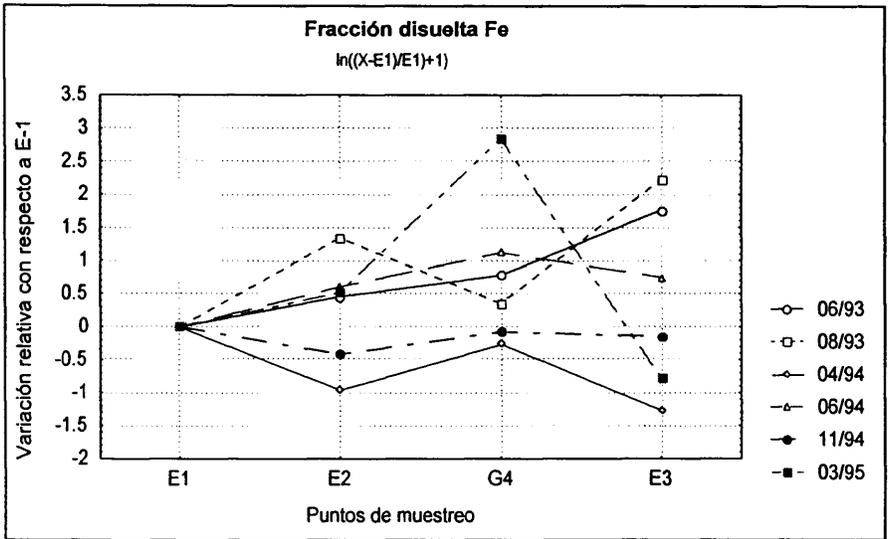


Gráfico 3-23: Incremento relativo de la fracción disuelta de Fe.

Se aprecia claramente en este gráfico (Gráfico 3-23) que no existe un comportamiento definido del hierro en su fracción disuelta debido a la tendencia a formar hidróxidos, pasando a la fracción en suspensión .

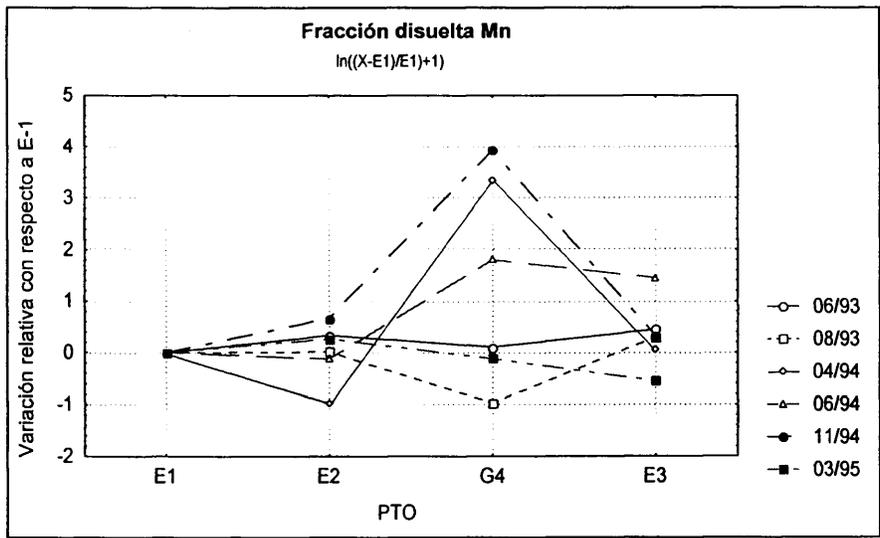


Gráfico 3-24: Incremento relativo de la fracción disuelta de Mn.

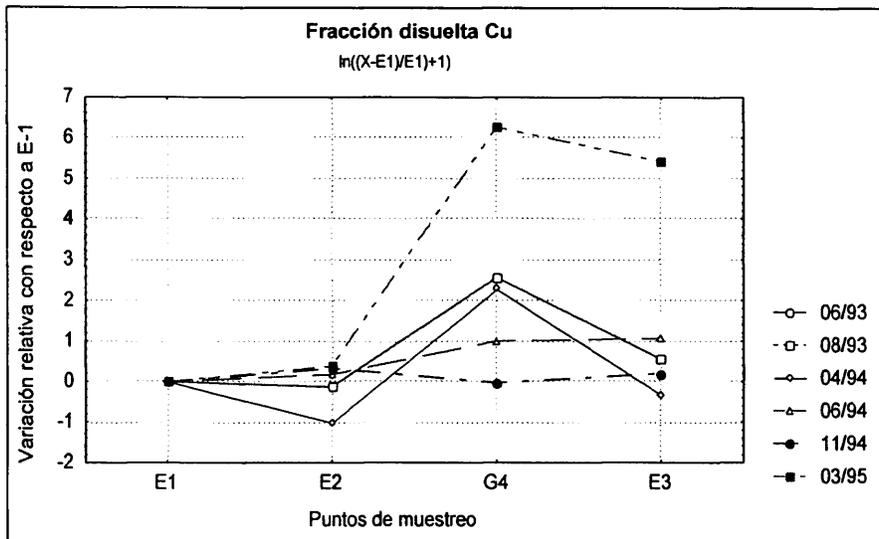


Gráfico 3-25: Incremento relativo de la fracción disuelta de Cu.

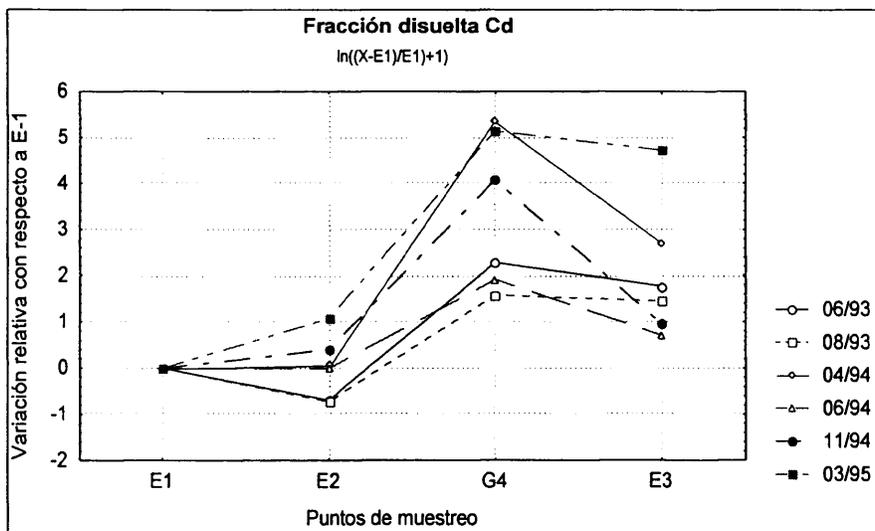


Gráfico 3-26: Incremento relativo de la fracción disuelta de Cd.

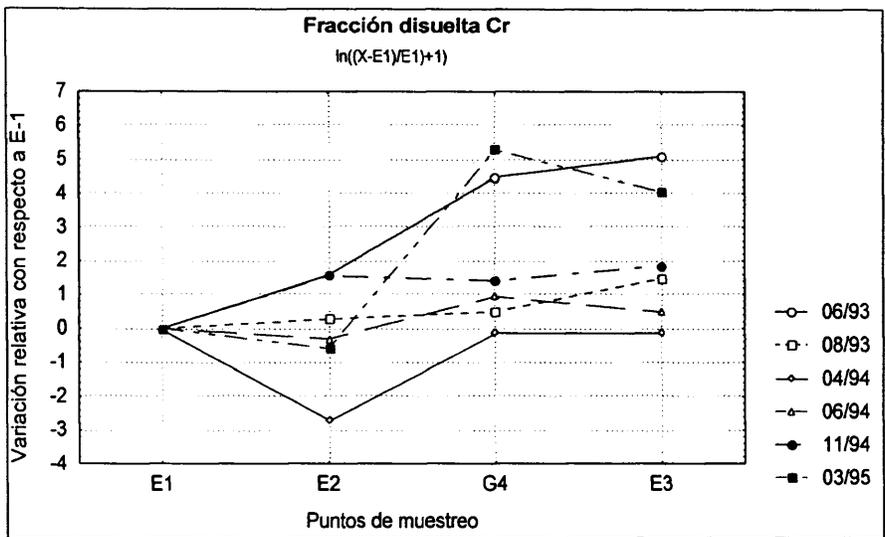


Gráfico 3-27: Incremento relativo de la fracción disuelta de Cr.

### 3.7.3 El incremento de concentración de metales. Análisis de componentes principales entre fracciones de metales

Para establecer posibles relaciones entre los metales y sus formas (disuelta, suspensión y sedimentos), se ha realizado un análisis de componentes principales con las tres fracciones analizadas junto a la conductividad y el pH. Las variables elegidas contribuyen significativamente en la formación de cuatro ejes de variación, cada uno de los cuales es capaz de extraer un porcentaje determinado de la varianza del sistema.

Ejes	Autovalores	% varianza total	% Varianza acumulada
1	10.33	44.93	44.93
2	3.69	16.07	61.00
3	2.12	9.21	70.21
4	1.25	5.44	75.65

Tabla 3-LXIX: Varianza explicada a partir del análisis de componentes principales. Variables: Fracciones disuelta, suspensión y sedimentos. pH y Conductividad. Rotación varimax normalizada.

Las variables elegidas presentan unas determinadas correlaciones con los ejes que surgen del análisis de componentes principales para la rotación elegida. Su significación se emplea en la interpretación de los mismos. Estos valores se representan a continuación (Tabla 3-LXX).

Variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
pH		-.25	-.29	-.09	-.75 *
Conductividad		.26	.57	.48	.35
Sedimentos	Cr	.63	-.31	.10	-.23
	Cd	.35	.10	.81 *	.34
	Cu	.64	.07	.44	.50
	Fe	.83 *	.15	.03	.25
	Mn	-.10	-.29	.74 *	.01
	Zn	.35	.14	.79 *	.38
Disuelta	Pb	.83 *	-.03	.24	.38
	Cr	.40	.33	-.20	.66
	Cd	.32	-.04	.21	.80 *
	Cu	.13	-.03	.26	.61
	Fe	.61	.09	.00	.10
	Mn	.18	.36	.41	.71 *
Suspensión	Zn	.18	.24	.36	.82 *
	Pb	.08	.53	.50	.37
	Cr	.54	-.33	.28	.27
	Cd	.77 *	.02	.06	.48
	Cu	.46	.41	.11	.54
	Fe	-.05	.91 *	-.08	.23
Suspensión	Mn	.13	.92 *	-.08	-.15
	Zn	-.12	.88 *	.06	.35
	Pb	.73 *	.22	.20	.36

Tabla 3-LXX: Contribución de las variables elegidas a los ejes del análisis de componentes principales, Rotación varimax normalizada (n=36) Son significativos aquellos con valores mayores a |0.7|.

El primer eje tiene como variables más significativas las cantidades de metales en sedimentos, sobre todo Fe y Pb y en menor medida Cu y Cr . Además se relaciona con la fracción en suspensión de Pb y Cd y también de Cr y Cu. El segundo eje representa la formación de complejos en suspensión de Fe, Mn y Zn. El tercer eje se relaciona con la cantidad de otros metales en sedimentos: Mn, Zn y Cd. El cuarto eje tiene una correlación negativa significativa con el pH, y con la cantidad de metales en disolución: principalmente Cd, Mn y Zn, pero también aunque en menor grado con Cr y Cu.

La representación de los ejes permite visualizar la agrupación de las variables. En el siguiente gráfico (Gráfico 3-28) se representan los efectos de los ejes 2 y 4, pudiéndose comprobar que, debido a la mezcla de aguas ácidas procedentes de las instalaciones con las básicas naturales, se forman los agregados de Fe, Mn y Zn; posteriormente se irán depositando en el sedimento junto al resto de metales.

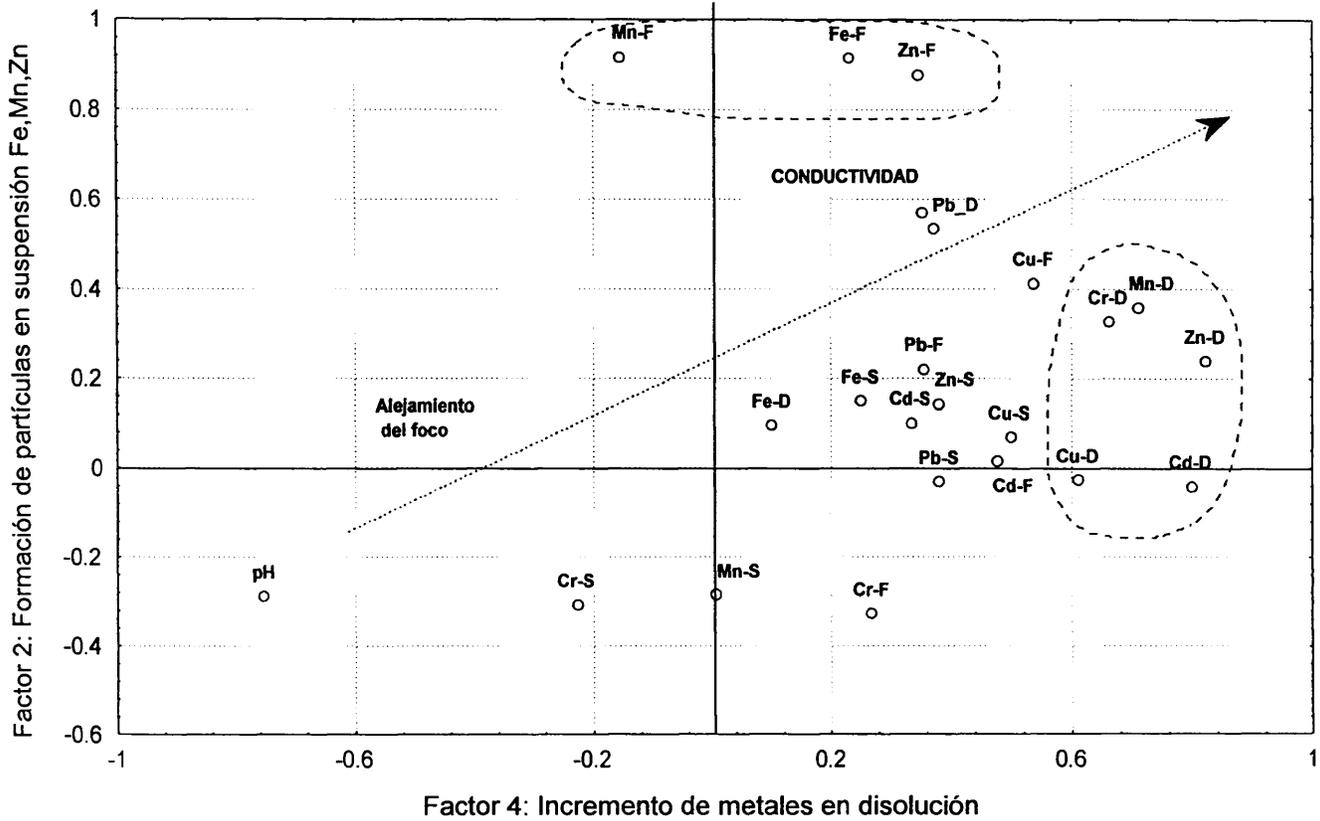


Gráfico 3-28: Representación de variables según los ejes 2 y 4 surgidos del análisis de componentes principales. Rotación varimax normalizada (n=36).

Para la representación de la distribución en el espacio de los casos que es debida a uno u otro factor se emplean los pesos de los Factores (Tabla 3-LXXI), algunas de las representaciones correspondientes con respecto a los factores se referirán a continuación.

Fecha	Punto	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
J-93	E-1	-.84641	-.748269	-1.59811	-.12724
J-93	E-2	-.68396	-.432266	-.68794	-.55088
J-93	E-3	1.07660	-.328834	-.57719	-.82745
J-93	G-3	-.74618	-.192789	1.63733	.95231
J-93	G-4	.20243	-.066377	-.10183	-.54839
J-93	X-2	1.38944	-.943517	.21198	1.28208
AG-93	E-1	-.60355	-.384204	-.86690	-.61380
AG-93	E-2	-.12585	-.398751	.70253	-1.29017
AG-93	E-3	.47908	.199602	.54844	-1.44514
AG-93	G-3	-.83668	.903096	1.38252	.91455
AG-93	G-4	-.15165	.492036	.07242	-.88707
AG-93	X-2	1.79770	-.344593	.10233	1.33687
AB-94	E-1	-1.03560	-.816054	-2.41931	.81609
AB-94	E-2	.10830	-.339949	-.34783	-1.00946
AB-94	E-3	-.16389	-.248784	-.72312	-.06254
AB-94	G-3	-1.19169	.142196	.86718	1.78881
AB-94	G-4	-.70239	-.019331	-1.06594	2.14852
AB-94	X-2	2.48131	.198355	-.46689	1.22703
J-94	E-1	-.28344	-.621860	-1.03464	-.57016
J-94	E-2	.66636	-.588943	.55251	-1.50916
J-94	E-3	.97002	-.475097	.92012	-1.49914
J-94	G-3	-.37772	-.493994	1.49544	.19661
J-94	G-4	-.40680	-.180187	.68183	-.29901
J-94	X-2	1.86028	-.199508	.12914	.88513
N-94	E-1	-.65819	-.676407	-.62231	-.37144
N-94	E-2	-.30176	-.278324	-.05294	-.97255
N-94	E-3	.50186	.453209	.22981	-1.28719
N-94	G-3	-1.37594	-.406491	2.31049	.17492
N-94	G-4	-.87761	-.287032	1.18722	-.14493
N-94	X-2	2.40418	.052363	.41015	.53915
MR-95	E-1	-.72813	-.702879	-1.35722	.28412
MR-95	E-2	-.80503	-.403136	-.49514	-.17774
MR-95	E-3	-.02134	2.655239	-.78851	-.69870
MR-95	G-3	-.74903	2.728097	.71091	.49973
MR-95	G-4	.14519	3.565392	-1.13123	.15030
MR-95	X-2	-.40992	-.812013	.18471	1.69596

Tabla 3-LXXI: Pesos de los factores referidos a cada caso. Rotación varimax normalizada. Extracción componentes principales.

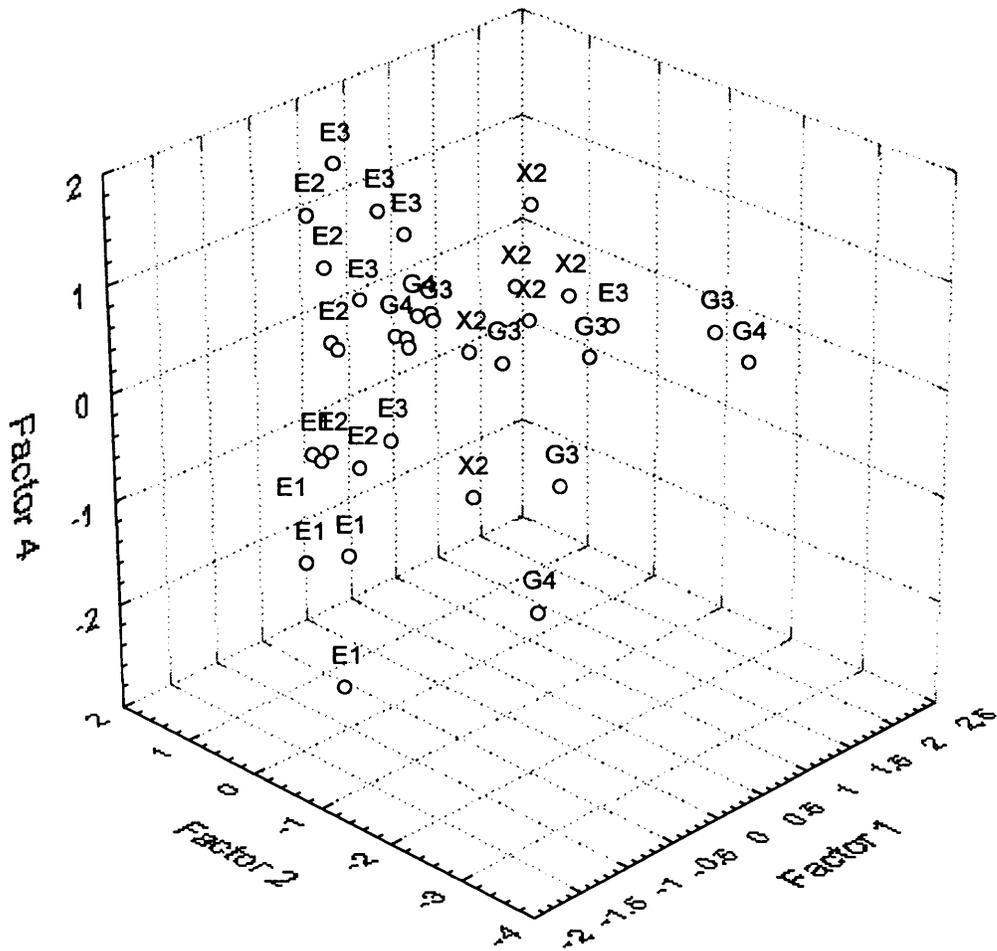


Gráfico 3-29: Representación de la distribución espacial de los casos considerados en función de los factores del análisis de componentes principales. Rotación varimax normalizada. Factor 1: incremento de metales en sedimentos; Factor 2: Formación de partículas en suspensión de Fe, Mn y Zn; Factor 3: Incremento de metales en disolución.

### **3.8 Variables bióticas: Macroinvertebrados bentónicos.**

Se relacionan a continuación las tablas de datos que resultan del tratamiento numérico descrito en el capítulo de Materiales y Métodos y llevado a cabo con las muestras recogidas de macroinvertebrados bentónicos, cuyos datos se encuentran en el Apéndice II Relación de datos. Muestras de macroinvertebrados bentónicos.

Cada tabla se refiere a un punto de muestreo e incluye el número de individuos de cada Familia para cada uno de los muestreos realizados desde Agosto-1993 hasta Marzo-1995. Al final de cada tabla, se presentan los datos resultantes de los cálculos de riqueza, densidad, diversidad de Shannon y regularidad.

Resultados del número de individuos por metro cuadrado de cada familia encontrada.  
Cálculos de Riqueza, Diversidad y Regularidad.

FAMILIA	E1				
	8/93	4/94	6/94	11/94	3/95
AESCHNIDAE	4	0	1	0	0
ANCYLIDAE	0	0	7	0	17
ASELLIDAE	0	0	0	0	0
ATHERICIDAE	1	3	13	32	11
BAETIDAE	11	13	2	55	118
BERAEIDAE	0	0	0	0	0
BITHYNIIDAE	0	0	0	0	0
BYTHINELLIDAE	0	0	9	1	16
CAENIDAE	0	0	0	0	1
CERATOPOGONIDAE	0	0	1	0	4
CHIRONOMIDAE	97	4	66	25	82
CHRYSOMELIDAE	0	0	0	0	0
COENAGRIONIDAE	0	0	0	0	0
CORDULEGASTERIDAE	0	0	1	0	1
CULICIDAE	0	0	0	0	0
CURCULIONIDAE	0	0	0	0	1
DOLICHOPODIDAE	0	0	0	0	0
DRYOPIDAE	0	0	0	0	0
DYTISCIDAE	5	0	0	0	0
ELMIDAE	1	0	25	89	126
EMPIDIDAE	0	0	0	0	3
EPHEMERELLIDAE	0	0	16	0	35
EPHEMERIDAE	36	13	25	14	10
EPHYDRIDAE	0	0	0	0	0
ERPOBDELLIDAE	0	0	0	0	0
GAMMARIDAE	9	6	1	3	4
GERRIDAE	0	0	1	0	0
GLOSSIPHONIIDAE	0	0	0	2	0
GLOSSOSOMATIDAE	0	0	1	0	14
GYRINIDAE	0	0	0	4	2
HALACARIDAE	0	0	1	0	3
HALIPLIDAE	1	0	0	0	0
HELODIDAE	0	0	2	0	6
HELOPHORIDAE	0	0	1	0	0
HEPTAGENIIDAE	3	17	0	4	15
HYDRACHNELLAE (SF)	0	0	0	0	1
HYDRAENIDAE	0	0	2	0	2
HYDROBIIDAE	0	0	0	0	2
HYDROPHILIDAE	0	0	1	0	3
HYDROPSYCHIDAE	1	1	1	3	12
HYDROPTILIDAE	0	0	0	0	4
LEPTOCERIDAE	0	0	22	0	15
LEPTOPHLEBIIDAE	110	22	31	14	13
LEUCTRIDAE	16	0	4	0	7
LIBELULLIDAE	0	0	0	0	0

Tabla 3-LXXII: N° individuos por m<sup>2</sup> de cada Familia encontrada. Punto E-1.  
(continúa en la pág. Sig.)

Resultados del número de individuos por metro cuadrado de cada familia encontrada.  
Cálculos de Riqueza, Diversidad y Regularidad.

FAMILIA	E1				
	8/93	4/94	6/94	11/94	3/95
LIMONIIDAE	0	0	0	0	0
LIMNEPHILIDAE	0	0	0	1	2
LIMONIIDAE	1	0	1	0	0
LUMBRICIDAE	1	0	0	0	0
LUMBRICULIDAE	0	0	11	1	1
MERMITHOIDEA (SF)	0	0	0	1	0
MESOVELIIDAE	0	0	0	0	0
MUSCIDAE	0	0	0	0	0
NAIDIDAE	0	0	1	0	0
NEMOURIDAE	0	0	0	0	3
ODONTOCERIDAE	0	0	1	0	0
ORIBATIDAE	0	0	0	0	1
PERLIDAE	0	0	6	3	4
PLANORBIDAE	0	0	0	0	0
PODUROIDEA (SF)	0	0	0	0	0
POLYCENTROPODIDAE	5	0	0	0	0
POTAMANTHIDAE	0	0	0	0	1
PSYCHODIDAE	0	0	0	0	0
PSYCHOMYIIDAE	1	0	4	20	1
RHYACOPHILIDAE	0	0	1	0	3
SERICOSTOMATIDAE	1	3	18	6	0
SIMULIIDAE	0	0	0	1	4
SIPHONURIDAE	0	0	1	0	9
SPHAERIIDAE	0	0	5	0	0
STRATIOMYIDAE	1	0	0	0	0
SYRPHIDAE	0	0	0	0	0
TABANIDAE	7	0	0	0	4
TIPULIDAE	0	0	0	0	0
TUBIFICIDAE	5	0	0	19	27

Riqueza (n° de taxones diferentes)	21	9	33	20	40
Densidad (n° ind. por m <sup>2</sup> )	317	82	283	298	588
Diversidad de Shannon (bits)	2,72	2,74	3,89	3,21	3,88
Regularidad	62%	86%	77%	74%	73%

Tabla 3-LXXII: N° individuos por m<sup>2</sup> de cada Familia encontrada. Punto E-1.

Resultados del número de individuos por metro cuadrado de cada familia encontrada.  
Cálculos de Riqueza, Diversidad y Regularidad.

FAMILIA	E2				
	8/93	4/94	6/94	11/94	3/95
AESCHNIDAE	0	0	0	0	0
ANCYLIDAE	0	0	0	1	1
ASELLIDAE	0	3	1	0	0
ATHERICIDAE	1	3	7	3	3
BAETIDAE	12	78	1492	12	295
BERAEIDAE	0	0	1	0	0
BITHYNIIDAE	0	0	2	0	12
BYTHINELLIDAE	0	0	55	3	11
CAENIDAE	1	1	11	0	18
CERATOPOGONIDAE	0	1	0	0	0
CHIRONOMIDAE	60	28	452	742	261
CHRYSOMELIDAE	0	0	0	0	0
COENAGRIONIDAE	0	0	0	0	0
CORDULEGASTERIDAE	1	0	0	0	0
CULICIDAE	0	0	1	0	0
CURCULIONIDAE	0	0	0	0	0
DOLICHOPODIDAE	2	0	4	0	0
DRYOPIDAE	0	0	0	0	1
DYTISCIDAE	6	0	0	0	1
ELMIDAE	0	4	114	338	111
EMPIDIDAE	0	0	0	22	9
EPHEMERELLIDAE	0	0	62	0	9
EPHEMERIDAE	0	6	3	1	2
EPHYDRIDAE	0	0	0	0	0
ERPOBDELLIDAE	0	0	1	0	0
GAMMARIDAE	0	0	0	0	0
GERRIDAE	0	0	0	0	0
GLOSSIPHONIIDAE	1	1	0	1	0
GLOSSOSOMATIDAE	0	0	0	0	0
GYRINIDAE	0	1	0	0	0
HALACARIDAE	0	0	4	1	0
HALIPLIDAE	1	0	0	1	0
HELODIDAE	0	0	0	0	0
HELOPHORIDAE	0	0	0	0	0
HEPTAGENIIDAE	0	7	9	0	0
HYDRACHNELLAE (SF)	0	4	67	0	8
HYDRAENIDAE	0	0	0	0	0
HYDROBIIDAE	0	0	0	0	24
HYDROPHILIDAE	1	0	14	0	0
HYDROPSYCHIDAE	0	12	8	45	17
HYDROPTILIDAE	0	0	0	0	4
LEPTOCERIDAE	0	0	4	8	0
LEPTOPHLEBIIDAE	0	15	59	1	5
LEUCTRIDAE	41	0	28	0	6
LIBELLULIDAE	0	0	0	1	0

Tabla 3-LXXIII: N° individuos por m<sup>2</sup> de cada Familia encontrada. Punto E-2.  
(continúa en la pág. Sig.)

Resultados del número de individuos por metro cuadrado de cada familia encontrada.  
Cálculos de Riqueza, Diversidad y Regularidad.

FAMILIA	E2				
	8/93	4/94	6/94	11/94	3/95
LIMONIIDAE	0	0	0	1	0
LIMNEPHILIDAE	0	0	0	0	0
LIMONIIDAE	0	0	0	0	0
LUMBRICIDAE	0	0	0	0	0
LUMBRICULIDAE	0	0	0	0	0
MERMITHOIDEA (SF)	0	0	48	3	2
MESOVELIIDAE	0	0	0	0	0
MUSCIDAE	0	0	0	0	0
NAIDIDAE	0	3	0	0	1
NEMOURIDAE	0	0	0	0	1
ODONTOCERIDAE	0	0	0	0	0
ORIBATIDAE	0	0	0	0	0
PERLIDAE	1	3	0	0	0
PLANORBIDAE	0	0	1	0	1
PODUROIDEA (SF)	0	2	0	0	1
POLYCENTROPODIDAE	0	0	1	0	0
POTAMANTHIDAE	0	0	0	0	0
PSYCHODIDAE	0	2	1	3	0
PSYCHOMYIIDAE	0	0	0	81	6
RHYACOPHILIDAE	0	1	17	7	6
SERICOSTOMATIDAE	5	0	1	0	1
SIMULIIDAE	115	1	1112	122	123
SIPHONURIDAE	0	0	0	0	0
SPHAERIIDAE	0	0	1	1	6
STRATIOMYIDAE	0	0	0	0	0
SYRPHIDAE	0	0	0	0	0
TABANIDAE	28	2	4	4	1
TIPULIDAE	0	0	0	0	0
TUBIFICIDAE	0	6	54	83	4

Riqueza (nº de taxones diferentes)	15	22	32	24	31
Densidad (nº Ind. por m <sup>2</sup> )	276	184	3.639	1.485	951
Diversidad de Shannon (bits)	2,43	3,08	2,44	2,28	2,91
Regularidad	62%	69%	49%	50%	59%

Tabla 3-LXXIII: N° individuos por m<sup>2</sup> de cada Familia encontrada. Punto E-2.

Resultados del número de individuos por metro cuadrado de cada familia encontrada.  
Cálculos de Riqueza, Diversidad y Regularidad.

FAMILIA	E3				
	8/93	4/94	6/94	11/94	3/95
AESCHNIDAE	0	1	6	1	0
ANCYLIDAE	0	1	3	0	0
ASELLIDAE	0	1	0	0	0
ATHERICIDAE	1	1	4	0	0
BAETIDAE	23	28	276	0	7
BERAEIDAE	0	0	0	0	0
BITHYNIIDAE	0	0	1	0	0
BYTHINELLIDAE	0	1	32	0	0
CAENIDAE	0	6	6	0	0
CERATOPOGONIDAE	0	1	0	0	3
CHIRONOMIDAE	100	64	2859	145	11
CHRYSOMELIDAE	0	0	1	0	0
COENAGRIONIDAE	0	0	0	0	0
CORDULEGASTERIDAE	0	0	0	0	0
CULICIDAE	0	0	7	0	0
CURCULIONIDAE	0	0	0	0	0
DOLICHOPODIDAE	0	0	1	0	0
DRYOPIDAE	0	0	0	0	0
DYTISCIDAE	1	0	5	0	0
ELMIDAE	0	14	39	1	5
EMPIDIDAE	0	1	3	0	0
EPHEMERELLIDAE	0	1	6	0	0
EPHEMERIDAE	0	1	0	0	0
EPHYDRIDAE	0	0	0	0	0
ERPOBDELLIDAE	0	0	0	0	0
GAMMARIDAE	1	0	0	0	0
GERRIDAE	0	0	0	0	0
GLOSSIPHONIIDAE	0	0	4	5	2
GLOSSOSOMATIDAE	0	0	0	0	0
GYRINIDAE	0	0	0	0	0
HALACARIDAE	0	0	0	0	0
HALIPLIDAE	0	0	1	0	0
HELODIDAE	0	0	0	0	0
HELOPHORIDAE	0	0	0	0	0
HEPTAGENIIDAE	0	1	1	0	1
HYDRACHNELLAE (SF)	0	1	144	1	1
HYDRAENIDAE	0	0	0	0	0
HYDROBIIDAE	0	20	5	0	1
HYDROPHILIDAE	1	0	25	0	0
HYDROPSYCHIDAE	12	2	9	2	6
HYDROPTILIDAE	0	0	0	0	1
LEPTOCERIDAE	0	0	0	0	0
LEPTOPHLEBIIDAE	0	3	22	0	0
LEUCTRIDAE	55	0	9	0	0
LIBELULLIDAE	0	0	0	0	0

Tabla 3-LXXIV: N° individuos por m<sup>2</sup> de cada Familia encontrada. Punto E-3.  
(continúa en la pág. Sig.)

Resultados del número de individuos por metro cuadrado de cada familia encontrada.  
Cálculos de Riqueza, Diversidad y Regularidad.

FAMILIA	E3				
	8/93	4/94	6/94	11/94	3/95
LIMONIIDAE	0	0	0	0	0
LIMNEPHILIDAE	0	3	0	0	0
LIMONIIDAE	0	1	0	0	0
LUMBRICIDAE	0	3	0	0	0
LUMBRICULIDAE	0	0	1	0	0
MERMITHOIDEA (SF)	0	0	2	9	0
MESOVELIIDAE	0	0	0	0	0
MUSCIDAE	0	0	0	0	0
NAIDIDAE	0	0	0	7	0
NEMOURIDAE	0	0	0	0	0
ODONTOCERIDAE	0	0	0	0	0
ORIBATIDAE	0	0	0	0	0
PERLIDAE	0	0	0	0	0
PLANORBIDAE	0	0	0	0	0
PODUROIDEA (SF)	0	1	1	0	0
POLYCENTROPODIDAE	0	0	0	0	0
POTAMANTHIDAE	0	0	0	0	0
PSYCHODIDAE	0	4	35	0	1
PSYCHOMYIIDAE	0	0	101	198	9
RHYACOPHILIDAE	1	1	1	0	0
SERICOSTOMATIDAE	0	0	0	0	0
SIMULIIDAE	79	3	120	57	0
SIPHLONURIDAE	0	0	0	0	0
SPHAERIIDAE	0	0	5	0	0
STRATIOMYIDAE	0	0	0	0	1
SYRPHIDAE	0	0	0	1	0
TABANIDAE	37	1	0	0	1
TIPULIDAE	0	0	1	0	0
TUBIFICIDAE	0	872	2107	53	19

Riqueza (n° de taxones diferentes)	11	27	34	12	15
Densidad (n° ind.por m <sup>2</sup> )	311	1037	5843	480	69
Diversidad de Shannon (bits)	2,43	1,13	1,93	2,14	3,20
Regularidad	70%	24%	38%	60%	82%

Tabla 3-LXXIV: N° individuos por m<sup>2</sup> de cada Familia encontrada. Punto E-3.

Resultados del número de individuos por metro cuadrado de cada familia encontrada.  
Cálculos de Riqueza, Diversidad y Regularidad.

FAMILIA	G4				
	8/93	4/94	6/94	11/94	3/95
AESCHNIDAE	0	0	0	0	0
ANCYLIDAE	0	0	0	0	0
ASELLIDAE	0	0	1	0	0
ATHERICIDAE	0	0	0	0	1
BAETIDAE	0	0	21	0	0
BERAEIDAE	0	0	0	0	0
BITHYNIDAE	0	0	0	0	0
BYTHINELLIDAE	0	1	24	0	0
CAENIDAE	0	0	0	0	0
CERATOPOGONIDAE	0	4	0	0	1
CHIRONOMIDAE	0	19	413	1	96
CHRYSOMELIDAE	0	0	0	0	0
COENAGRIONIDAE	0	0	0	0	1
CORDULEGASTERIDAE	0	0	0	0	0
CULICIDAE	0	0	4	0	0
CURCULIONIDAE	0	0	0	0	0
DOLICHOPODIDAE	0	0	0	0	0
DRYOPIDAE	0	0	0	0	0
DYTISCIDAE	0	1	1	0	0
ELMIDAE	0	0	0	2	13
EMPIDIDAE	0	0	5	0	5
EPHEMERELLIDAE	0	0	0	0	0
EPHEMERIDAE	0	0	0	0	0
EPHYDRIDAE	0	0	3	0	0
ERPOBDELLIDAE	0	0	0	1	0
GAMMARIDAE	0	0	0	0	0
GERRIDAE	0	0	0	0	0
GLOSSIPHONIIDAE	0	0	0	0	0
GLOSSOSOMATIDAE	0	0	0	0	0
GYRINIDAE	0	0	0	0	1
HALACARIDAE	0	0	0	0	0
HALIPLIDAE	0	0	0	0	0
HELODIDAE	0	0	0	0	0
HELOPHORIDAE	0	0	0	0	0
HEPTAGENIIDAE	0	0	0	0	0
HYDRACHNELLAE (SF)	0	0	0	0	0
HYDRAENIDAE	0	0	0	0	0
HYDROBIIDAE	0	36	19	0	19
HYDROPHILIDAE	0	0	1	1	0
HYDROPSYCHIDAE	0	0	0	0	3
HYDROPTILIDAE	0	0	0	0	0
LEPTOCERIDAE	0	0	0	0	0
LEPTOPHLEBIIDAE	0	7	0	0	0
LEUCTRIDAE	0	3	0	0	0
LIBELLULIDAE	0	0	0	0	0

Tabla 3-LXXV: N° individuos por m<sup>2</sup> de cada Familia encontrada. Punto G-4.  
(continúa en la pág. Sig.)

Resultados del número de individuos por metro cuadrado de cada familia encontrada.  
Cálculos de Riqueza, Diversidad y Regularidad.

FAMILIA	G4				
	8/93	4/94	6/94	11/94	3/95
LIMONIIDAE	0	1	0	1	0
LIMNEPHILIDAE	0	0	0	0	0
LIMONIIDAE	0	0	0	0	0
LUMBRICIDAE	0	1	0	0	2
LUMBRICULIDAE	0	0	0	0	0
MERMITHOIDEA (SF)	0	0	14	0	0
MESOVELIIDAE	0	0	2	12	1
MUSCIDAE	0	0	0	1	0
NAIDIDAE	0	0	0	0	0
NEMOURIDAE	0	0	0	0	0
ODONTOCERIDAE	0	0	0	0	0
ORIBATIDAE	0	0	0	0	0
PERLIDAE	0	0	0	0	0
PLANORBIDAE	0	0	1	0	0
PODUROIDEA (SF)	0	4	1	0	0
POLYCENTROPODIDAE	0	1	0	0	9
POTAMANTHIDAE	0	0	0	0	0
PSYCHODIDAE	0	14	42	0	0
PSYCHOMYIIDAE	0	0	0	0	9
RHYACOPHILIDAE	0	0	0	0	1
SERICOSTOMATIDAE	0	0	0	0	0
SIMULIIDAE	0	12	365	0	24
SIPHONURIDAE	0	0	0	0	0
SPHAERIIDAE	0	0	0	0	0
STRATIOMYIDAE	0	0	0	0	0
SYRPHIDAE	0	0	1	0	0
TABANIDAE	0	0	0	0	0
TIPULIDAE	0	0	0	0	0
TUBIFICIDAE	4	20	0	3	20

Riqueza (nº de taxones diferentes)	1	14	17	8	16
Densidad (nº ind. por m²)	4	124	918	22	206
Diversidad de Shannon (bits)	0,00	3,00	1,91	2,20	2,67
Regularidad	0%	79%	47%	73%	67%

Tabla 3-LXXV: N° individuos por m<sup>2</sup> de cada Familia encontrada. Punto G-4.

### 3.8.1 La densidad.

Los datos del número de individuos por metro cuadrado son la base para calcular el resto de las variables, por tanto es conveniente explicar el proceso de transformación de los mismos.

En cada punto y época de muestreo se tomaron seis réplicas de campo <sup>7</sup>, los valores obtenidos son objeto de una transformación que elimine la dependencia de la varianza con respecto de la media ( $\sqrt{x+0.5}$ ); se calculan entonces las medias y los límites de confianza a un nivel que consideramos suficiente del 90%. Los datos definitivos para cada punto resultan de la re-transformación a la escala original de la media y sus límites.

La tabla resumen <sup>8</sup> de estos datos arroja los siguientes resultados:

Punto	Agosto-93	Abril-94	Junio-94	Noviembre-94	Marzo-95
E-1	317	82	283	298	588
E-2	276	184	3639	1485	951
E-3	311	1037	5843	480	69
G-4	4	124	918	22	206

Tabla 3-LXXVI: Resumen de número de individuos por m<sup>2</sup> en los distintos puntos y fechas de muestreo.

Con el fin de poder aclarar el efecto que tiene la explotación minera sobre esta variable, es necesario linealizar y estandarizar los datos, comparando así los puntos de muestreo sin que las diferencias estacionales añadan una variabilidad que no es objeto de nuestro estudio. En cada época de muestreo se resta la media y se divide por la desviación típica encontrada en los cuatro puntos; esto permite comparar los puntos entre sí para todas las épocas de muestreo.

Mediante análisis de varianza sobre estos datos estandarizados se puede ver que existen diferencias significativas de densidad entre los puntos ( $F=6.01$ ;  $p=0.004$ ) aunque hay diferenciar los valores punto a punto.

Se puede observar que no existen diferencias significativas en la densidad de individuos entre el punto de referencia (E-1) y el punto más perturbado (G-4).

<sup>7</sup> Véase apartado de Materiales y métodos.

<sup>8</sup> Los datos proceden de las siguientes tablas: Tabla 3-LXXII; Tabla 3-LXXIII; Tabla 3-LXXIV; Tabla 3-LXXV.

Puntos	E1	E2	E3	G4
E1				
E2	0,0456 *			
E3	0,1057	0,6669		
G4	0,1117	0,0011 *	0,0031 *	

Tabla 3-LXXVII: Test LSD. Probabilidad de error de las diferencias significativas de Densidad entre puntos de muestreo.

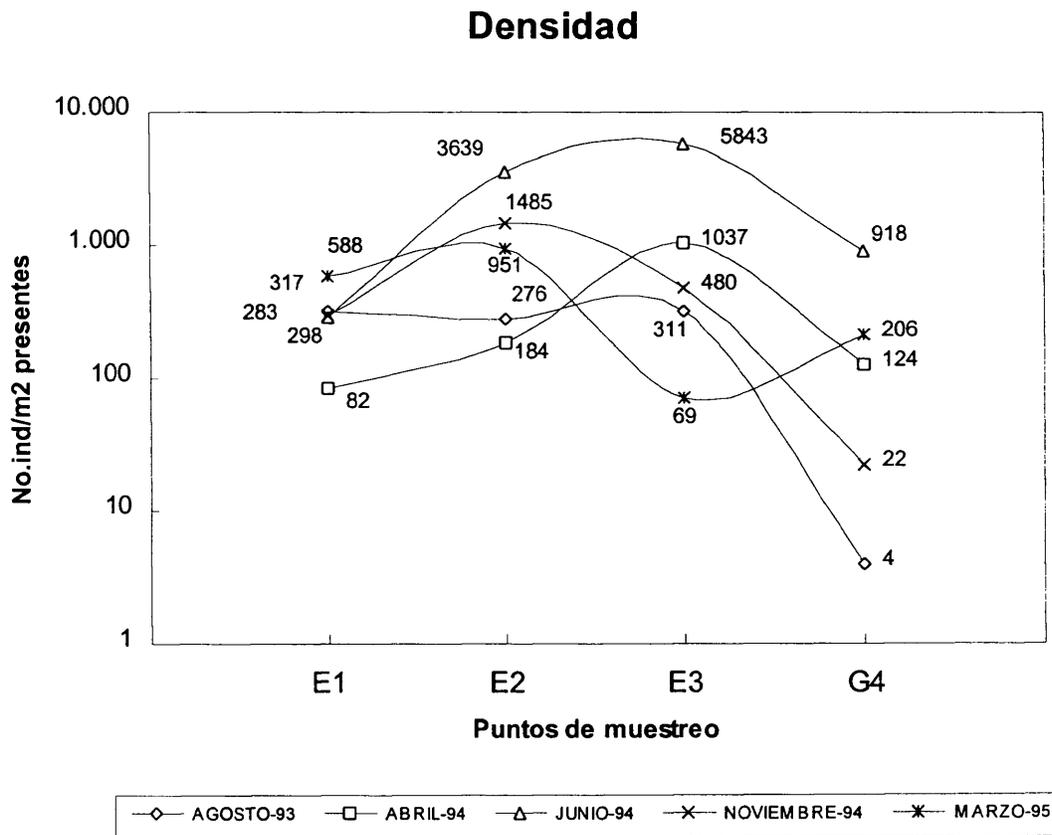


Gráfico 3-30: Densidad en los cuatro puntos de muestreo.

**3.8.1.1 Análisis de componentes principales. Variable: n° individuos por m<sup>2</sup> de cada Familia.**

Realizando un análisis de componentes principales con los datos transformados de la densidad, se puede observar que las variaciones que experimenta esta variable a este nivel taxonómico explican un 47 % de la varianza (Tabla 3-LXXVIII).

	Autovalores	% de varianza total explicada	% de varianza acumulada
Factor 1	14.94	20.19	20.19
Factor 2	13.57	18.34	38.53
Factor 3	6.29	8.50	47.03

Tabla 3-LXXVIII: Varianza explicada por la densidad en el análisis de componentes principales.

Los tres factores que se describen a continuación están constituidos por la contribución que aporta cada familia, que se resume en la siguiente tabla :

Familias	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	Familias (cont.)	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3
Aeschnidae	-0,33	-0,12	0,63	Hydraenidae	-0,54	0,69	-0,24
Ancylidae	-0,46	0,73 *	0,15	Hydrobiidae	0,10	-0,14	0,43
Asellidae	0,33	0,21	0,21	Hydrophilidae	0,57	0,50	0,16
Athericidae	-0,11	0,46	0,06	Hydropsychidae	0,11	0,33	0,50
Baetidae	0,75 *	0,18	0,37	Hydroptilidae	0,15	0,67	0,09
Beraeidae	0,63	0,14	0,03	Leptoceridae	-0,40	0,64	-0,04
Bithyniidae	0,29	-0,32	0,32	Leptophlebiidae	0,05	0,22	0,43
Bythinellidae	0,42	0,59	0,43	Leuctridae	0,15	0,53	0,27
Caenidae	0,45	0,21	0,54	Libellulidae	-0,16	0,16	0,23
Ceratopogonidae	-0,50	0,45	0,09	Limoniidae	-0,17	0,17	0,03
Chironomidae	0,23	0,13	0,81 *	Limnephilidae	0,03	0,56	0,25
Chrysomelidae	0,30	-0,06	0,59	Lumbricidae	-0,26	-0,25	0,43
Coenagrionidae	-0,12	-0,54	-0,06	Lumbriculidae	-0,66	0,44	-0,15
Cordulegasteridae	-0,40	0,64	-0,30	Mermothoidea (SF)	0,81 *	-0,06	0,16
Culicidae	0,73 *	-0,10	0,40	Mesoveliidae	0,18	-0,19	-0,35
Curculionidae	0,17	0,86 *	-0,02	Muscidae	0,03	0,03	-0,32
Dolichopodidae	0,64	0,18	0,13	Naididae	-0,44	-0,04	-0,02
Dryopidae	-0,06	-0,39	0,15	Nemouridae	0,17	0,83 *	0,05
Dytiscidae	0,30	-0,26	0,63	Odontoceridae	-0,86 *	0,05	-0,30
Elmidae	-0,14	0,44	0,59	Oribatidae	0,17	0,86 *	-0,02
Empididae	0,14	0,10	0,44	Perlidae	-0,38	0,54	-0,14
Ephemerellidae	-0,01	0,80 *	0,12	Planorbidae	0,65	-0,25	0,01
Ephemeridae	-0,32	0,22	0,08	Poduroidea	0,01	0,00	0,52
Ephydriidae	0,48	-0,15	-0,14	Polycentropodidae	0,01	-0,46	0,24
Erpobdellidae	0,47	0,12	-0,21	Potamanthidae	0,17	0,86 *	-0,02
Gammaridae	0,00	0,18	-0,07	Psychodidae	0,43	-0,04	0,52
Gerridae	-0,86 *	0,05	-0,30	Psychomyiidae	-0,22	-0,42	0,61
Glossiphonidae	0,13	-0,19	0,42	Rhyacophilidae	0,07	0,49	0,30
Glossosomatidae	-0,26	0,85 *	-0,16	Sericostomatidae	-0,36	-0,27	-0,25
Gyrinidae	0,12	0,39	0,09	Simuliidae	0,79 *	0,12	0,16
Halacaridae	-0,03	0,78 *	-0,05	Siphonuridae	-0,29	0,84 *	-0,17
Haliplidae	0,06	-0,05	0,68	Sphaeriidae	-0,43	-0,22	0,25
Helodidae	-0,41	0,79 *	-0,20	Stratiomyiidae	-0,09	-0,47	0,30
Helophoridae	-0,86 *	0,05	-0,30	Syrphidae	0,29	-0,13	-0,14
Heptageniidae	0,68	0,26	0,18	Tabanidae	0,23	0,58	0,24
Hydrachnellae (SF)	0,59	0,08	0,58	Tipulidae	0,30	-0,06	0,59
				Tubificidae	0,22	0,14	0,77 *

Tabla 3-LXXIX: Factores de carga del análisis de componentes principales (rotación equamax normalizada). Aquellos que presentan asterisco (\*), son significativos: > |0,7|



Se analizará a continuación la distribución espacial de cada uno de estos tres grupos y su importancia relativa en el conjunto de Familias.

- Aquellas agrupadas en el Factor 1 son las que podrían calificarse de oportunistas; ante una perturbación relativamente moderada como la que puede estar teniendo lugar en E-2, estos grupos proliferan, aunque cuando las condiciones se vuelven más severas (G-4 y E-3), no son capaces de mantener unas densidades significativamente mayores. Este grupo está constituido por las siguientes familias:

Baetidae, Culicidae, Gerridae, Helophoridae, Mermithoidea (rango taxonómico de Super Familia), Odontoceridae y Simuliidae.

En el siguiente gráfico se puede apreciar como existe un incremento relativo inicial de la densidad que posteriormente no se mantiene.

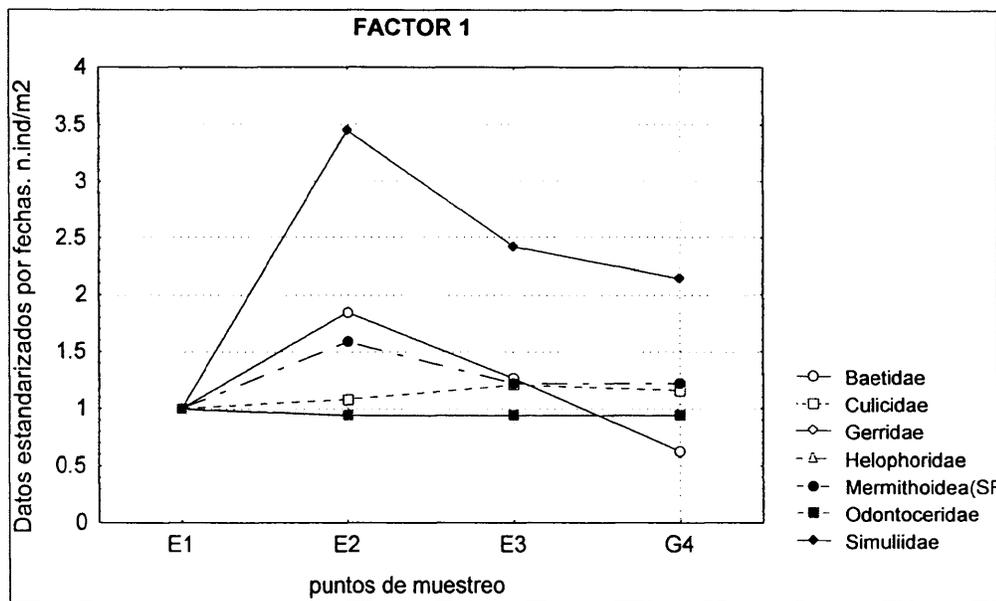


Gráfico 3-32: Familias que constituyen elementos significativos para el Factor 1 del análisis de componentes principales.

Este grupo está constituyendo el 27 % del total de individuos por metro cuadrado encontrados en el sistema (considerando el promedio corregido de todos los muestreos), pero repartidos en diferentes proporciones entre los puntos:

PUNTOS	E-1	E-2	E-3	G-4
% del nº de individuos comprendidos en estas Familias.	12%	49%	7%	32%

Numéricamente, las más importantes son las familias de Baetidae y Simuliidae, que por sí solas constituyen casi el 98 % de este grupo.

- Aquellas agrupadas en el Factor 2, que enseguida experimentan un descenso en la densidad de sus componentes, aunque las condiciones aún no sean muy severas; son los grupos sensibles a este tipo de perturbación. Está constituido por:

Ancylidae, Curculionidae, Glossosomatidae, Ephemerellidae, Halacaridae, Helodidae, Nemouridae, Oribatidae, Potamanthidae y Siphonuridae.

En el gráfico se aprecia que el descenso de la densidad de individuos es evidente a partir de la zona de influencia de la explotación minera.

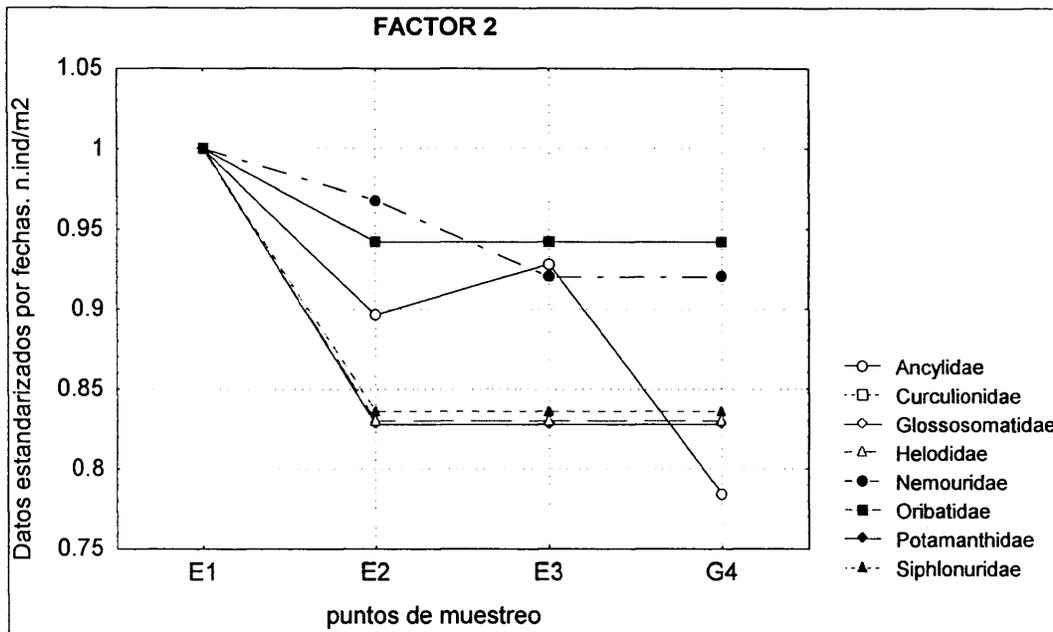


Gráfico 3-33: Familias que constituyen elementos significativos para la definición del Factor 2 del análisis de componentes principales.

Este grupo está constituyendo menos del 2% del total de individuos por metro cuadrado encontrados en el sistema, no obstante, tal como se puede apreciar en la Tabla 3-LXXVIII, representan un porcentaje importante de la varianza explicada (18%). El conjunto de estas familias está repartidas en diferentes proporciones entre los puntos, siendo lógicamente más abundantes en el punto control (E-1) y desapareciendo en el punto más intensamente perturbado (G-4):

PUNTOS	E-1	E-2	E-3	G-4
% del nº de individuos comprendidos en estas Familias.	84%	14%	2%	0%

Numéricamente, las más importantes son las familias de Ephemerellidae, Ancyliidae y Glossosomatidae, que por sí solos constituyen más del 85 % de este grupo.

- Por último, agrupadas en el Factor 3 están aquellas familias que experimentan un crecimiento neto al agudizarse la intensidad de la perturbación (E-3). Son grupos tolerantes, las familias representadas son:

Chironomidae y Tubificidae.

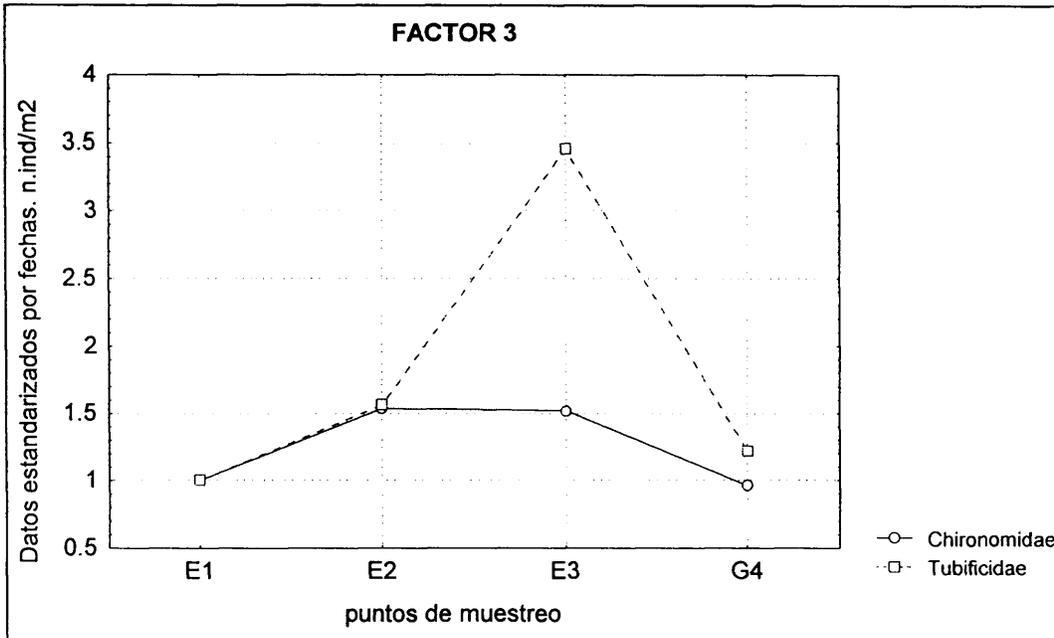


Gráfico 3-34: Familias que constituyen elementos significativos para la definición del Factor 3 del análisis de componentes principales

Este grupo, a pesar de estar formado únicamente por dos familias, representa el 51 % del total de individuos por metro cuadrado encontrados en el sistema (considerando el promedio corregido de todos los muestreos), su reparto entre los distintos puntos es como sigue :

PUNTOS	E-1	E-2	E-3	G-4
% del nº de individuos comprendidos en estas Familias.	12%	15%	47%	26%

Los Chironomidae constituyen el 32 % del total de individuos y los Tubificidae el 19%; siendo el primero y segundo grupos respectivamente por orden de abundancia que han aparecido en este trabajo.

Las familias que no aparecen como un elemento significativo en ninguno de los tres Factores considerados suponen el 21 % restante.

Su reparto proporcional entre los cuatro puntos es algo más homogéneo que el encontrado para los otros grupos de familias, tal como se ve en la tabla:

PUNTOS	E-1	E-2	E-3	G-4
% del nº de individuos comprendidos en estas Familias.	52%	19%	11%	19%

Numéricamente, las familias más importantes son las siguientes:

Familias más frecuentes	%
Elmidae	5,15%
Psychomyiidae	2,51%
Leptophlebiidae	1,78%
Hydrachnellae (SF)	1,34%
Leuctridae	1,00%
Bythinellidae	0,91%
Hydropsychidae	0,81%
Hydrobiidae	0,76%
Ephemeridae	0,67%
Psychodidae	0,61%
Tabanidae	0,54%
Athericidae	0,51%
Heptageniidae	0,36%
Empididae	0,30%
Hydrophilidae	0,29%
Leptoceridae	0,29%
Caenidae	0,27%
Rhyacophilidae	0,25%

Tabla 3-LXXX: Familias numéricamente más importantes que no influyen en la explicación de la varianza del sistema.

Si tenemos en cuenta que la media de la densidad de individuos recogidos por muestreo (suma del promedio de los cuatro puntos (Tabla 3-LXXVI)) es del orden de 3.500, estos organismos están presentes en la zona muestreada con densidades que oscilan entre 1.800 individuos por metro cuadrado (Elmidae (5,15%) y los 875 (Rhyacophilidae (0,25%)).

No se trata por tanto de Familias "raras" desde el punto de vista de su densidad relativa, son tanto o más frecuentes que otras que se han descrito en alguno de los tres Factores anteriores. El motivo por el cual no aportan explicación a la varianza del sistema es complejo y múltiple; incluso aunque tengan una distribución muy definida por su sensibilidad.

Por ejemplo, en este heterogéneo grupo se incluyen familias que sólo aparecen en el punto control o sólo aparecen en los puntos más contaminado. En la siguiente tabla (Tabla 3-LXXXI) se enumeran las Familias que aparecen de forma preponderante en alguno de los puntos "extremos" : E-1 como control y E-3 o G-4) como puntos impactados.

Familias en punto control	%	Familias en puntos impactados	%
Aeschnidae	75%	Crhysomelidae (E-3)	100%
Athericidae	89%	Tipulidae (E-3)	100%
Cordulegasteridae	89%	Coenagrionidae (G-4)	100%
Ephemeridae	96%	Mesoveliidae (G-4)	100%
Gyrinidae	75%	Muscidae (G-4)	100%
Heptageniidae	89%	Erpobdellidae (G-4)	84%
Hydraeniidae	100%	Hydrobiidae (G-4)	87%
Leptoceridae	92%	Poduroidea (G-4)	83%
Leptophlebiidae	85%	Psychodidae (G-4)	87%
Limnephilidae	85%	Syrphidae (G-4)	86%
Lumbriculidae	98%		
Perlidae	93%		
Sericostomatidae	93%		
Stratiomyidae	83%		

Tabla 3-LXXXI: Familias con una distribución irregular entre los puntos. Se han elegido aquellas cuya densidad en el punto considerado supera el 75 % del total encontrado.

Algunos de ellos no se encuentran en un número suficiente en todos los muestreos, o su densidad es demasiado variable .

Como se puede apreciar, la indeterminación de la densidad a la hora de valorar los efectos de la contaminación sobre las poblaciones de un sistema es debida a las distintas respuestas de los organismos. Es necesario utilizar otras variables que integren los cambios observados ; para ello consideraremos los dos puntos de vista opuestos: por un lado la dominancia y por otro la diversidad, con sus componentes: la riqueza y su distribución.

### 3.8.2 Dominancia

El estudio de la dominancia permite interpretar las diferencias existentes entre los puntos de muestreo considerando la distinta la forma en que se distribuyen los grupos elegidos.

Punto	Agosto-93	Abril-94	Junio-94	Noviembre-94	Marzo-95
E-1	0.23	0.18	0.10	0.16	0.12
E-2	0.26	0.22	0.28	0.32	0.20
E-3	0.22	0.71	0.37	0.29	0.15
G-4	1.00	0.16	0.36	0.33	0.26

Tabla 3-LXXXII: Resumen de dominancia en los distintos puntos y fechas de muestreo (Índice de Simpson).

Aunque existe cierto grado de variación debido a la influencia estacional, las oscilaciones de la media permiten establecer claras diferencias entre los puntos, ( $F=9.22$ ;  $p=0.0005$ ) observándose un aumento <sup>9</sup> de la Dominancia, tal como se observa en la siguiente tabla (Tabla 3-LXXXIII), en paralelo con un incremento del margen de variación.

Punto	Media	Límite inferior de la media	Límite superior de la media
E-1	0.16	0.12	0.20
E-2	0.26	0.23	0.29
E-3	0.35	0.19	0.51
G-4	0.42	0.18	0.66

Tabla 3-LXXXIII: Media y límites de confianza (90%) para la Dominancia entre puntos.

<sup>9</sup> En esto se diferencia fundamentalmente de la Regularidad, esta última puede sufrir un incremento debido a perturbaciones del sistema, mientras que el cambio que registra la Dominancia se mantiene en el mismo sentido.

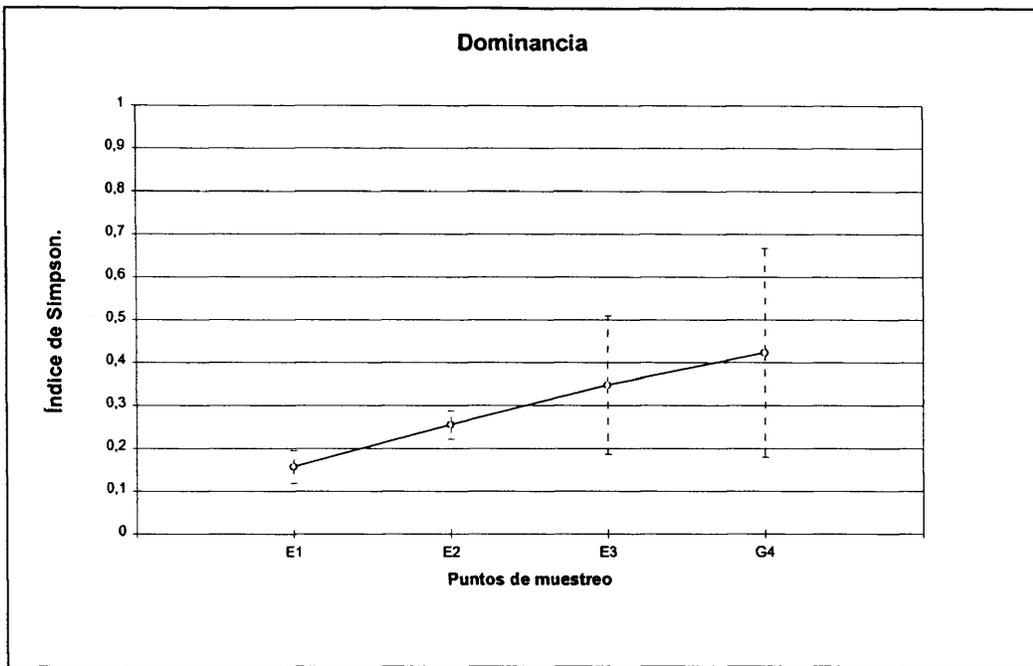


Gráfico 3-35: Medias y límites de confianza 90% de la Dominancia de los puntos de muestreo.

Puntos	E1	E2	E3	G4
E1				
E2	0,01 *			
E3	0,001 *	0,34		
G4	0,0001 *	0,03 *	0,19	

Tabla 3-LXXXIV: Test LSD. Probabilidad de error de las diferencias significativas de Dominancia entre puntos de muestreo.

La tabla anterior (Tabla 3-LXXXIV) permite comprobar que existen diferencias significativas entre el punto de referencia (E-1) y el resto, con un grado de significación progresivamente mayor, pero también entre el siguiente punto perturbado: E-2 y el de mayor grado de perturbación ( $p < 0.05$ ). No hay diferencias significativas entre los dos puntos más alterados: E-3 y G-4.

### 3.8.3 Diversidad de Shannon

Se han utilizado los datos transformados del número de individuos de cada Familia por metro cuadrado para hacer los cálculos de diversidad <sup>10</sup>.

La "estabilidad" de la variable debida a fenómenos de plasticidad de la taxocenosis, se pone de manifiesto en la tabla resumen de diversidades obtenidas en cada punto y muestreo.

Punto	Agosto-93	Abril-94	Junio-94	Noviembre-94	Marzo-95
E-1	2.72	2.74	3.89	3.21	3.88
E-2	2.43	3.08	2.44	2.28	2.91
E-3	2.43	1.13	1.93	2.14	3.20
G-4	0.00	3.00	1.91	2.20	2.67

Tabla 3-LXXXV: Resumen de diversidad de familias en los distintos puntos y fechas de muestreo (Índice de Shannon).

La media y sus límites de confianza (Tabla 3-LXXXVI) nos dan idea del margen en el que se mueve esta variable.

Punto	Media	Límite inferior de la media	Límite superior de la media
E-1	3.29	2.87	3.71
E-2	2.63	2.38	2.88
E-3	2.16	1.61	2.71
G-4	1.96	1.10	2.82

Tabla 3-LXXXVI: Media y límites de confianza (90%) para la diversidad entre puntos.

Se procede a la estandarización de los datos y asimismo, tras la comprobación de la normalidad se realiza un análisis de la varianza que arroja diferencias significativas para esta variable ( $F= 8.08$ ;  $p=0.001$ ).

Las diferencias significativas punto a punto que es capaz de establecer esta variable se recogen en la siguiente tabla.

<sup>10</sup> Tabla 3-LXXII; Tabla 3-LXXIII; Tabla 3-LXXIV; Tabla 3-LXXV

Puntos	E1	E2	E3	G4
E1				
E2	0,0290 *			
E3	0,0013 *	0,1838		
G4	0,0002 *	0,0353 *	0,3884	

Tabla 3-LXXXVII: Test LSD. Probabilidad de error de las diferencias significativas del Índice de Shannon entre puntos de muestreo.

### Índice de Diversidad de Shannon-Weaver

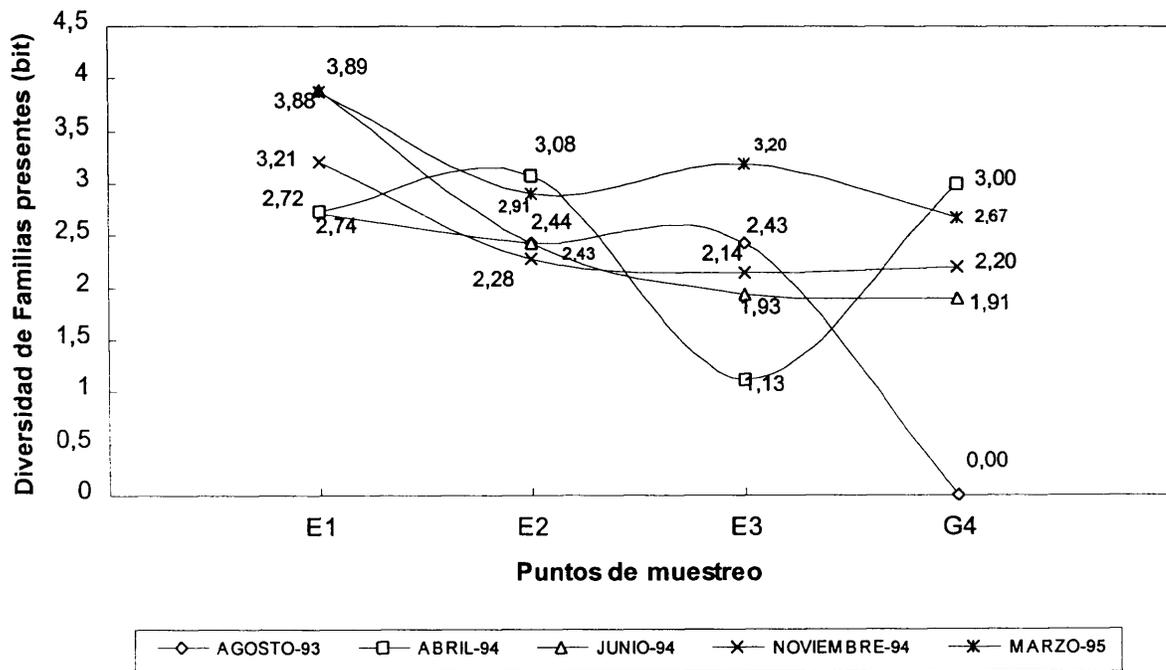


Gráfico 3-36: Diversidad en los cuatro puntos de muestreo.

### 3.8.4 Riqueza de Familias

Este parámetro está muy influenciado por los ciclos vitales de los organismos; la presencia o ausencia de una especie determinada (en este caso de una Familia), depende del tipo de "estrategia" utilizado en la colonización del entorno; así, tal como veíamos en la introducción, algunas de ellas están presentes durante todo el año, mientras que otras tienen sus máximos de abundancia en determinadas épocas del mismo.

A continuación se presenta una tabla resumen <sup>11</sup> de la riqueza de Familias encontrada en cada punto y cada época de muestreo.

Punto	Agosto-93	Abril-94	Junio-94	Noviembre-94	Marzo-95
E-1	21	9	33	20	40
E-2	15	22	32	24	31
E-3	11	27	34	12	15
G-4	1	14	17	8	16

Tabla 3-LXXXVIII: Resumen de riqueza de familias en los distintos puntos y fechas de muestreo.

Se puede comprobar que, al contrario de lo que ocurría con la densidad, a medida que la intensidad de la perturbación aumenta, la riqueza disminuye. No obstante, el cálculo de la media para estos muestreos arroja los siguientes márgenes de variación:

Punto	Media	Límite inferior de la media	Límite superior de la media
E-1	25	16	34
E-2	25	20	30
E-3	20	13	27
G-4	11	6	16

Tabla 3-LXXXIX: Media y límites de confianza (90%) para la Riqueza entre puntos.

Realizando una estandarización <sup>12</sup> de los datos en cada uno de los muestreos se consigue eliminar la variación debida a la época del año; tras comprobar la normalidad de los datos se lleva a cabo un análisis de varianza en el que se puede comprobar que este parámetro es capaz de establecer diferencias

<sup>11</sup> Tabla 3-LXXII; Tabla 3-LXXIII; Tabla 3-LXXIV; Tabla 3-LXXV

<sup>12</sup> A cada valor de la riqueza se le resta la media y se le divide por la desviación típica obtenidas para todos los puntos en el muestreo considerado.

estadísticamente significativas entre los puntos ( $F= 7.16$ ;  $p=0.002$ ). Las diferencias punto a punto se recogen a continuación.

Puntos	E1	E2	E3	G4
E1				
E2	0,8399			
E3	0,1261	0,1793		
G4	0,0005 *	0,0009 *	0,0206 *	

Tabla 3-XC: Test LSD. Probabilidad de error de las diferencias significativas de Riqueza entre puntos.

Las diferencias significativas se presentan entre el punto más perturbado (G-4) y el resto. No detecta una riqueza significativamente diferente entre E-1 (punto de referencia) y aquella presente aguas abajo, con distintos grados de alteración (E-2 y E-3).

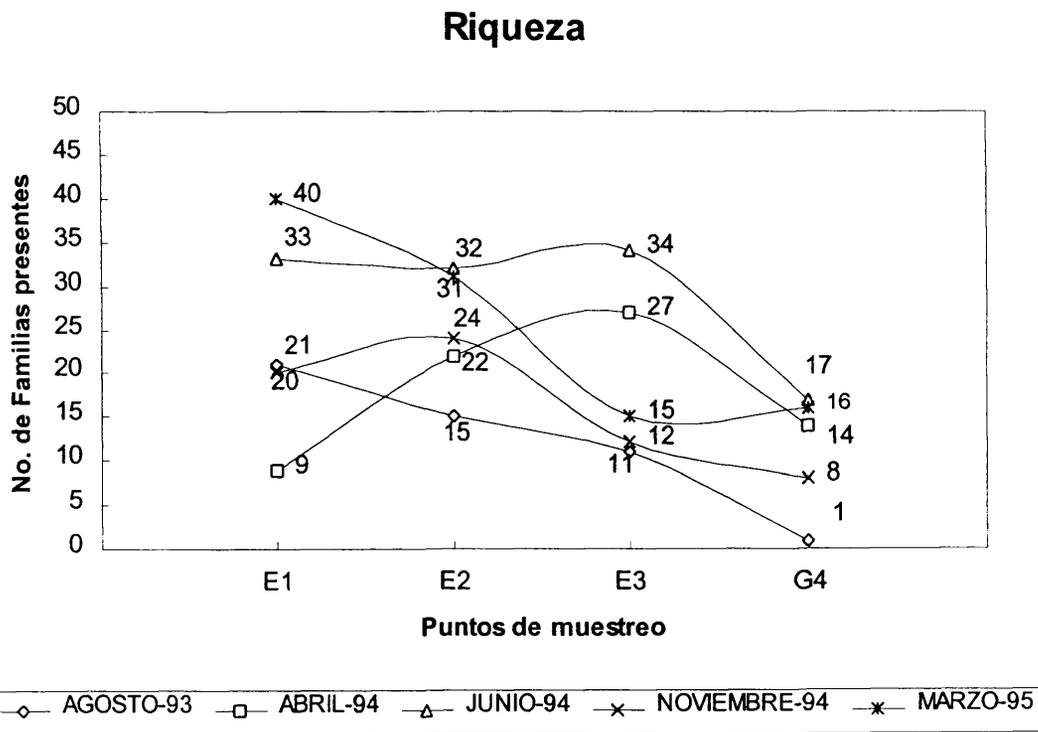


Gráfico 3-37: Riqueza en los cuatro puntos de muestreo.

### 3.8.5 Regularidad

Esta variable forma parte importante de la diversidad ya que representa la homogeneidad en el reparto de las familias en los distintos lugares y fechas estudiadas. Los valores obtenidos se representan a continuación.

Punto	Agosto-93	Abril-94	Junio-94	Noviembre-94	Marzo-95
E-1	62 %	86 %	77 %	74 %	73 %
E-2	62 %	69 %	50 %	50 %	59 %
E-3	70 %	24 %	60 %	60 %	82 %
G-4	0 %	79 %	73 %	73 %	67 %

Tabla 3-XCI: Resumen de la regularidad de familias en los distintos puntos y fechas de muestreo.

Es obvio que salvo en Agosto-93 <sup>13</sup>, este parámetro no disminuye como consecuencia de la perturbación, más bien aumenta. Este fenómeno ha sido ampliamente constatado en la bibliografía y se explica porque en los lugares alterados las escasas especies que son capaces de sobrevivir suelen disfrutar de un reparto óptimo de los recursos y el espacio que dejan las especies vacantes, esto se traduce en un aumento de la regularidad. De las variables bióticas elegidas esta es la única que presenta una variación intrapunto similar a la que hay entre los puntos ( $F=2.89$ ;  $p=0.06$ )

Puntos	E1	E2	E3	G4
E1				
E2	0,0133 *			
E3	0,0438 *	0,5789		
G4	0,0415 *	0,5972	0,9785	

Tabla 3-XCII: Test LSD. Probabilidad de error de las diferencias significativas de Regularidad entre puntos.

El test LSD realizado con los valores estandarizados de la regularidad ha mostrado que esta variable es capaz de detectar una diferencia entre el punto de referencia E-1 y el resto, pero no para los demás entre sí.

<sup>13</sup> No podemos descartar la posibilidad de que la ausencia de macroinvertebrados en este punto fuera en parte debida a la impericia inicial en la recogida de muestras, hecho este corroborado por los datos en general siempre más bajos en ese periodo de muestreo. No obstante, se ha mantenido el dato porque se añade la circunstancia de que en esta época es normal un descenso en la abundancia de larvas de macroinvertebrados que durante la primavera tardía y principio del verano llevan a cabo su última muda y abandonan el sistema fluvial.

## Regularidad

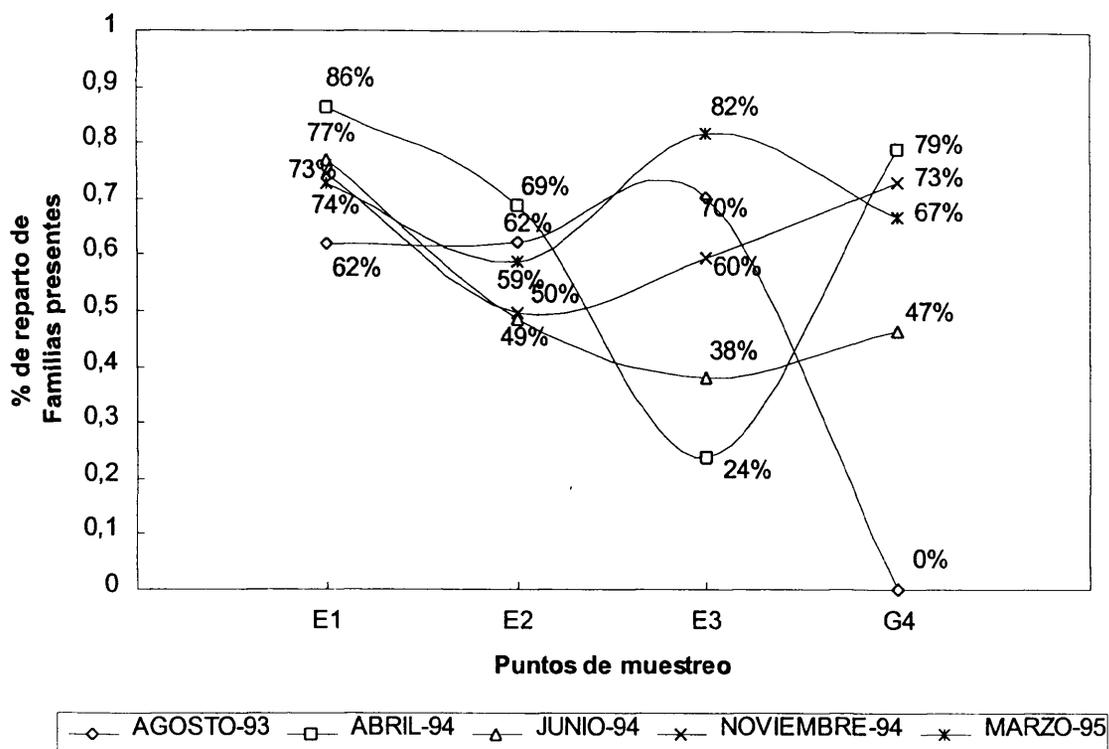


Gráfico 3-38: Regularidad en los cuatro puntos de muestreo

### 3.8.6 Coeficiente de Similitud

Como se ha venido apuntando anteriormente, los índices de similitud combinan características de abundancia y riqueza de forma que sus variaciones son capaces de detectar cambios cuantitativos y cualitativos en las poblaciones alteradas. Se ha utilizado el índice de de similitud de Beals y Burlington <sup>14</sup>, cuyos resultados se expresan a continuación.

Punto	Agosto-93	Abril-94	Junio-94	Noviembre-94	Marzo-95
E-1	1	1	1	1	1
E-2	0.42	0.39	0.11	0.20	0.53
E-3	0.45	0.02	0.05	0.17	0.23
G-4	0.04	0.13	0.13	0.34	0.03

Tabla 3-XCIII: Resumen de los valores del Índice de Similitud de Beals y Burlington en los distintos puntos y fechas de muestreo.

<sup>14</sup> Los cálculos necesarios se explican en el capítulo de Materiales y métodos y los resultados obtenidos en el proceso se adjuntan en el correspondiente Apéndice. Relación de datos. Cálculo de Índice de Similitud.

Como se puede apreciar, se trata de un parámetro que transforma los datos en referencia a un punto control.

El análisis de varianza realizado con esta variable arroja el mayor poder discriminante entre puntos:  $F=56.23$ ;  $p < 0.0001$ .

Puntos	E1	E2	E3	G4
E1				
E2	1,1E-08 *			
E3	3,5E-09 *	0,4981		
G4	1,6E-10 *	0,0154 *	0,0645	

Tabla 3-XCIV: Test LSD. Probabilidad de error de las diferencias significativas del Coeficiente de Similitud de Beals y Burlington entre puntos.

Existen diferencias significativas entre el punto control (E-1) y los otros tres. Pero también encuentra diferencias significativas entre el siguiente punto, levemente afectado E-2 y el que más lo está : G-4; sin embargo, no establece diferencias entre los dos puntos afectados dos a dos : E-2 y E-3 o E-3 y G-4.

### Índice Similitud

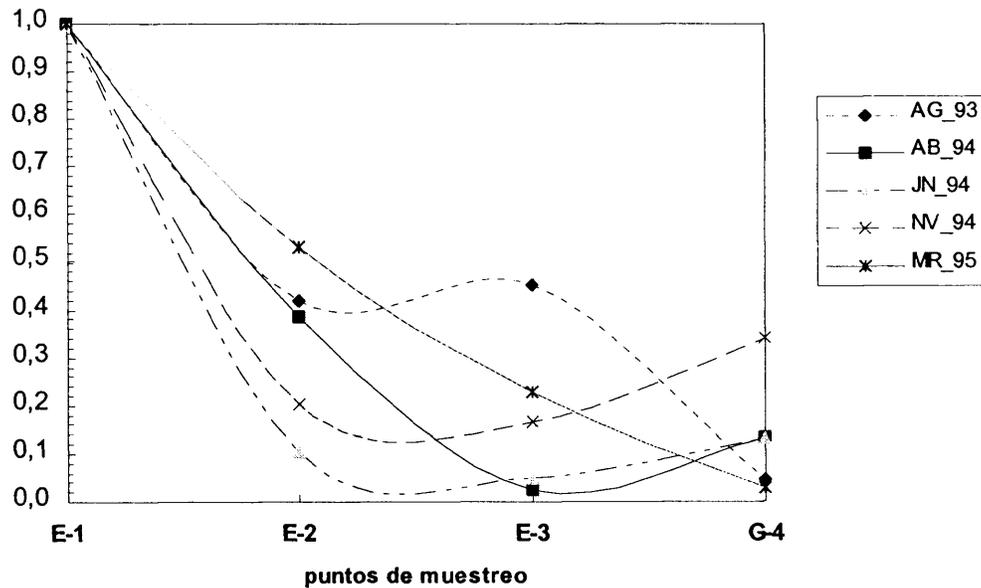


Gráfico 3-39: Índice de similitud en los cuatro puntos de muestreo.

A continuación se representan conjuntamente los valores medios y límites de diversidad, regularidad y riqueza.

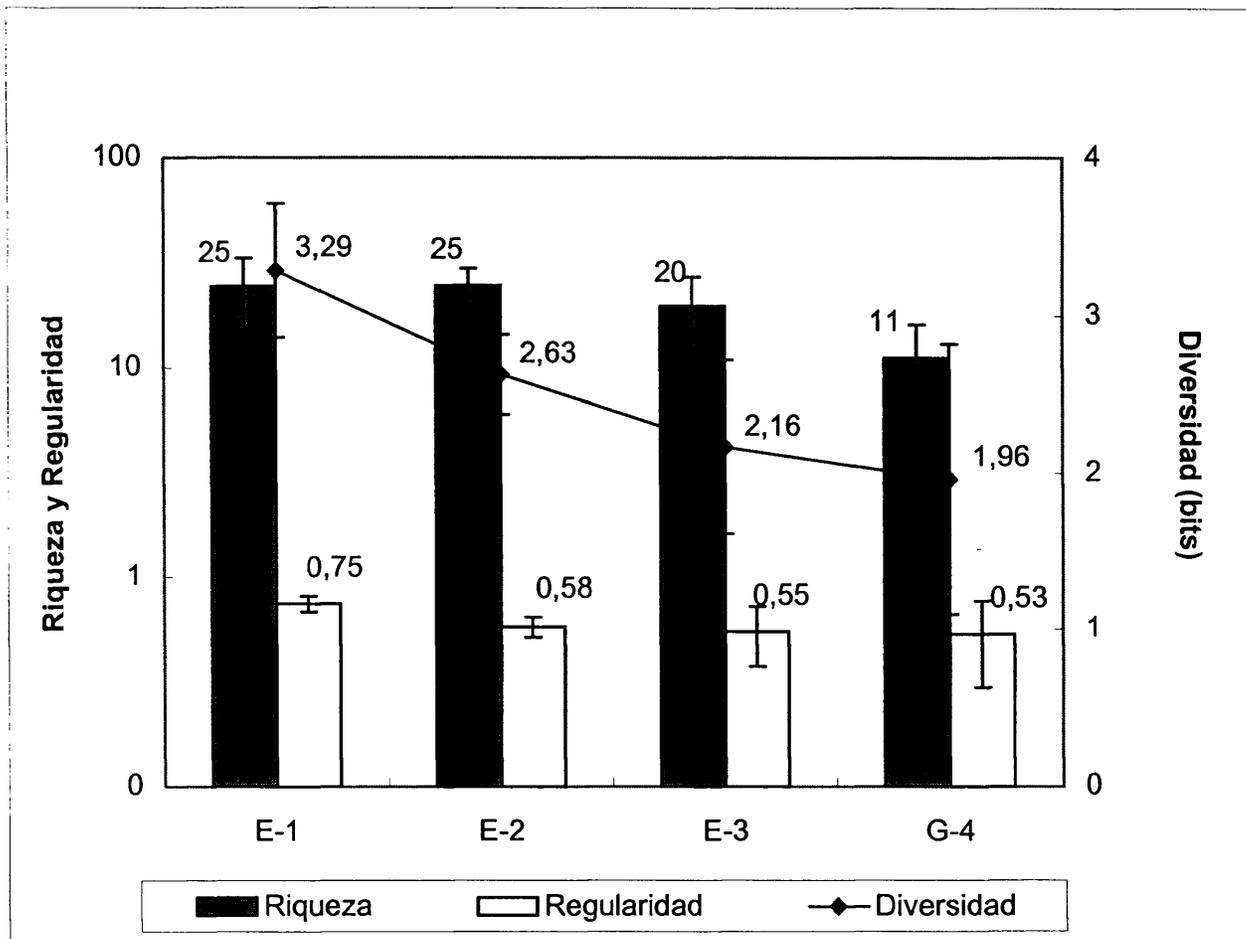


Gráfico 3-40: Promedios y límites: Diversidad de Shannon y sus componentes: Riqueza y Regularidad.

### 3.8.7 Géneros de organismos.

A continuación se expondrán las tablas de los géneros de insectos que han podido determinarse hasta ese nivel taxonómico. Se presentan una serie de tablas en las que se indica la densidad de cada género encontrada en cada punto de muestreo, así como el límite de confianza de la media (90%). La letra "P" indica que tiene una presencia inferior a 1 individuo por metro cuadrado.

ÓRDENES	GÉNEROS (n=30)	E-1		E-2		E-3		G-4	
		L.C.90%		L.C.90%		L.C.90%		L.C.90%	
Dipteros	<i>Apsectrotanypus</i>	P	20%	2	30%	10	60%	P	20%
	<i>Atherix</i>	11	21%	4	11%	1	22%	P	14%
	<i>Brillia</i>	P	16%	1	35%	1	28%	1	39%
	<i>C+O+P</i>	11	29%	48	44%	63	41%	8	38%
	<i>Chironomus</i>	5	52%	2	52%	35	61%	7	65%
	<i>Conchapelopia</i>	3	25%	17	41%	14	56%	P	24%
	<i>Cryptochironomus</i>	P	14%	0	-	0	-	0	-
	<i>Diamesa</i>	0	-	1	30%	0	-	0	-
	<i>Epoicocladius</i>	2	16%	0	-	0	-	0	-
	<i>Eukiefferiella</i>	P	14%	14	38%	5	36%	4	49%
	<i>Fannia</i>	0	-	0	-	0	-	P	14%
	<i>Heleniella</i>	0	-	P	14%	0	-	0	-
	<i>Hexatoma</i>	P	16%	P	14%	P	14%	P	16%
	<i>Krenopsectra</i>	0	-	P	14%	0	-	0	-
	<i>Lithotanytarsus</i>	0	-	P	14%	0	-	0	-
	<i>Macropelopia</i>	0	-	0	-	0	-	P	14%
	<i>Micropsectra</i>	0	-	7	33%	14	45%	3	40%
	<i>Microtendipes</i>	1	19%	0	-	1	22%	0	-
	<i>Paratrissocladius</i>	0	-	2	39%	0	-	P	20%
	<i>Polypedilum</i>	1	34%	2	25%	5	40%	P	22%
	<i>Procladius</i>	0	-	0	36%	1	42%	0	-
	<i>Prodiamesa</i>	P	20%	3	42%	17	56%	P	24%
	<i>Rheocricotopus</i>	P	27%	3	25%	P	16%	2	33%
	<i>Rheotanytarsus</i>	P	14%	0	-	0	-	0	-
	<i>Stictochironomus</i>	P	20%	0	-	P	20%	0	-
	<i>Synortocladius</i>	0	-	P	20%	0	-	0	-
	<i>Tanytarsus</i>	1	23%	3	39%	2	35%	P	20%
	<i>Thienemanniella</i>	0	-	P	14%	0	-	0	-
<i>Thienemannimyia</i>	0	-	0	-	P	27%	0	-	
<i>Virgatanytarsus</i>	P	20%	P	20%	0	-	0	-	

Tabla 3-XCV: Distribución de densidad de géneros de Dípteros entre los puntos (C+O+P= Cricotopus, Orthocladius, Paratrissocladius (P=menos de 1 ind/m<sup>2</sup>)).

ÓRDENES	GÉNEROS (n=30)	E-1		E-2		E-3		G-4	
		L.C.90%		L.C.90%		L.C.90%		L.C.90%	
Coleópteros	<i>Agabus</i>	4	24%	P	30%	P	25%	P	14%
	<i>Donacia</i>	0	-	0	-	P	14%	0	-
	<i>Dryops</i>	0	-	P	14%	0	-	0	-
	<i>Dupophilus</i>	P	33%	0	-	0	-	0	-
	<i>Elmis</i>	1	29%	2	24%	P	30%	0	-
	<i>Enochrus</i>	P	14%	1	34%	1	33%	P	16%
	<i>Esolus</i>	18	40%	P	37%	1	23%	0	-
	<i>Halipus</i>	P	14%	P	16%	P	14%	0	-
	<i>Helodes</i>	1	28%	0	-	0	-	0	-
	<i>Helophorus</i>	P	14%	0	-	0	-	0	-
	<i>Hydaticus</i>	0	-	0	-	0	-	P	14%
	<i>Hydraena</i>	P	22%	0	-	0	-	0	-
	<i>Hydroporus</i>	P	14%	P	14%	0	-	0	-
	<i>Laccobius</i>	P	24%	0	-	P	35%	0	-
	<i>Limnius</i>	1	30%	14	33%	1	30%	P	23%
	<i>Orectochilus</i>	P	24%	P	14%	0	-	P	14%
<i>Oulimnius</i>	2	38%	11	50%	3	29%	1	29%	
<i>Riolus</i>	P	14%	P	16%	0	-	0	-	

Tabla 3-XCVI: Distribución de densidad de géneros de coleópteros entre los puntos (P=menos de 1 ind/m<sup>2</sup>).

ÓRDENES	GÉNEROS (n=30)	E-1		E-2		E-3		G-4	
		L.C.90%		L.C.90%		L.C.90%		L.C.90%	
Efemerópteros	<i>Arthroplea</i>	P	16%	0	-	0	-	0	-
	<i>Baetis</i>	22	33%	157	37%	36	41%	1	43%
	<i>Brachicercus</i>	0	-	P	20%	0	-	0	-
	<i>Caenis</i>	P	14%	4	29%	1	30%	0	-
	<i>Centroptilum</i>	P	22%	1	43%	P	20%	0	-
	<i>Cloeon</i>	P	14%	0	-	0	-	0	-
	<i>Ecdyonurus</i>	3	27%	P	24%	P	14%	0	-
	<i>Ephemera</i>	23	10%	2	19%	P	14%	0	-
	<i>Ephemerella</i>	4	44%	3	46%	P	27%	0	-
	<i>Habrophlebia</i>	12	45%	3	47%	2	46%	P	24%
	<i>Heptagenia</i>	P	24%	1	26%	P	14%	0	-
	<i>Paraleptophlebia</i>	4	32%	2	27%	P	14%	P	20%
	<i>Potamanthus</i>	P	14%	0	-	0	-	0	-
	<i>Rhithrogena</i>	1	31%	0	-	P	14%	0	-
	<i>Siphonurus</i>	1	30%	0	-	0	-	0	-
<i>Torleya</i>	0	-	P	20%	0	-	0	-	

Tabla 3-XCVII: Distribución de densidad de géneros de Efemerópteros entre los puntos (P=menos de 1 ind/m<sup>2</sup>).

ÓRDENES	GÉNEROS (n=30)	E-1 L.C.90%	E-2 L.C.90%	E-3 L.C.90%	G-4 L.C.90%
Hemípteros	<i>Gerris</i>	P 14%	0 -	0 -	0 -
	<i>Mesovelgia</i>	0 -	0 -	0 -	2 29%
Odonatos	<i>Boyeria</i>	P 23%	0 -	1 24%	0 -
	<i>Cordulegaster</i>	P 16%	P 14%	0 -	0 -
	<i>Orthetrum</i>	0 -	P 14%	0 -	0 -
Plecópteros	<i>Amphinemura</i>	P 20%	P 14%	0 -	0 -
	<i>Leuctra</i>	3 30%	8 37%	3 45%	P 20%
	<i>Perla</i>	1 26%	P 20%	0 -	0 -
	<i>Perlodes</i>	P 33%	0 -	0 -	0 -
	<i>Protonemura</i>	P 14%	0 -	0 -	0 -

Tabla 3-XCVIII: Distribución de densidad de géneros de órdenes minoritarios: Hemípteros, Odonatos y Plecópteros entre los puntos (P=menos de 1 ind/m<sup>2</sup>).

ÓRDENES	GÉNEROS (n=30)	E-1 L.C.90%	E-2 L.C.90%	E-3 L.C.90%	G-4 L.C.90%
Tricópteros	<i>Athripsodes</i>	3 42%	1 29%	0 -	0 -
	<i>Beraea</i>	0 -	P 14%	0 -	0 -
	<i>Glossosoma</i>	P 20%	0 -	0 -	0 -
	<i>Halesus</i>	P 14%	0 -	0 -	0 -
	<i>Hydropsyche</i>	3 19%	12 25%	8 13%	P 20%
	<i>Hydroptila</i>	P 24%	P 24%	P 14%	0 -
	<i>Odontocerum</i>	P 14%	0 -	0 -	0 -
	<i>Plectrocnemia</i>	0 -	0 -	0 -	1 30%
	<i>Polycentropus</i>	P 27%	P 14%	0 -	0 -
	<i>Potamophylax</i>	P 16%	0 -	P 24%	0 -
	<i>Rhyacophila</i>	P 20%	5 24%	P 15%	P 14%
	<i>Sericostoma</i>	4 24%	1 22%	0 -	0 -
	<i>Synagapetus</i>	1 37%	0 -	0 -	0 -
<i>Tinodes</i>	3 27%	4 49%	23 48%	P 32%	

Tabla 3-XCIX: Distribución de densidad de géneros de Tricópteros entre los puntos (P=menos de 1 ind/m<sup>2</sup>).

Aquellos géneros que presenten diferencias significativas en su distribución espacial (Tabla 3-C) pueden ser considerados indicadores positivos o negativos de la perturbación que estamos estudiando.

Géneros	E-1 vs E-2	E-1 vs E-3	E-1 vs G-4	E-2 vs E-3	E-2 vs G-4	E-3 vs G-4
<i>Atherix</i>		•	•		•	
<i>Baetis</i>					•	
<i>Caenis</i>	•				•	
<i>Ecdyonurus</i>			•			
<i>Elmis</i>					•	
<i>Ephemera</i>	•	•	•	•	•	
<i>Epoicocladus</i>	•	•	•			
<i>Esolus</i>			•		•	
<i>Eukiefferiella</i>	•					
<i>Hydropsyche</i>			•		•	•
<i>Micropsectra</i>	•					
<i>Microtendipes</i>	•		•			
<i>Rhyacophila</i>					•	
<i>Sericostoma</i>		•	•			

Tabla 3-C: Test LSD. Géneros que presentan diferencias significativas de densidad entre los puntos ( $p < 0,05$ ).

Mención especial merece la Familia Chironomidae (Diptera), tal como se puede comprobar en el efecto sobre las Familias de macroinvertebrados, este grupo es bastante numeroso y suele ser utilizado como indicador positivo de alteraciones medioambientales. El cálculo de las siguientes variables bióticas utilizando estos géneros arroja los siguientes resultados:

Media $\pm$ L.C. 90% (n=30)	E1	E2	E3	G4	F	p
Nº.ind/m2	37 $\pm$ 19	262 $\pm$ 194	417 $\pm$ 585	68 $\pm$ 79	0.89	0.45
Riqueza	7 $\pm$ 3	9 $\pm$ 4	8 $\pm$ 2	5 $\pm$ 3	1.10	0.38
Div. Shannon	1.76 $\pm$ 0.49	1.76 $\pm$ 0.42	2.20 $\pm$ 0.31	1.36 $\pm$ 0.92	0.93	0.45
Regularidad	73% $\pm$ 10%	61% $\pm$ 15%	77% $\pm$ 15%	59% $\pm$ 30%	0.63	0.61
Dominancia	43% $\pm$ 11%	43% $\pm$ 10%	29% $\pm$ 9%	45% $\pm$ 27%	0.66	0.59

Tabla 3-CI: Variables bióticas de géneros de Chironomidae y significación de la variación entre puntos.

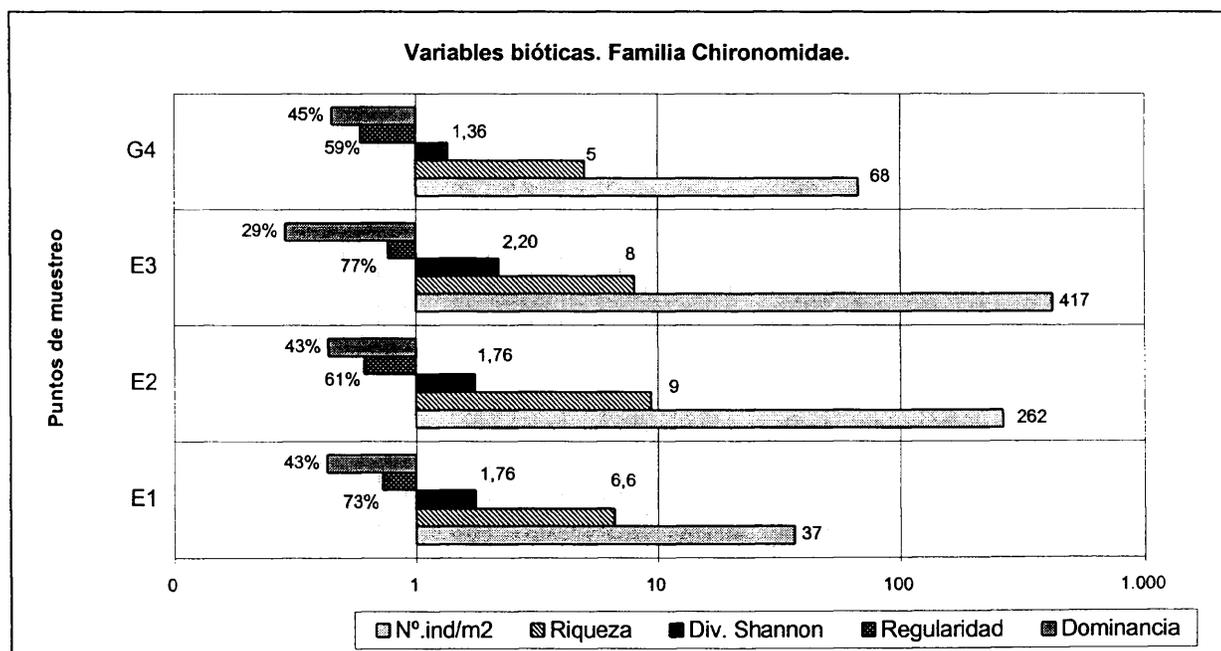


Gráfico 3-41: Variables bióticas de géneros de Chironomidae.

La comparación de estos valores punto a punto mediante un test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov se muestra a continuación, demostrándose que no existen diferencias significativas entre los puntos.

Puntos: E-1 vs E-2

	Max.Dif.	Max.Dif.		Media	Media	D.T.	D.T.	Valid N	Valid N
	Negativa	Positiva	nivel p	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2
Densidad	-.600000	0.000000	p = n.s.	36.66400	262.2480	25.66080	263.2261	5	5
Riqueza	-.400000	0.000000	p = n.s.	6.60000	9.4000	3.50714	4.8270	5	5
I.Shannon	-.400000	.200000	p = n.s.	1.76200	1.7560	.66657	.5764	5	5
Regularidad	0.000000	.400000	p = n.s.	.72600	.6100	.14223	.1984	5	5
Dominanci	-.200000	.200000	p = n.s.	.42780	.4328	.14289	.1322	5	5

Puntos E-1 vs E-3

	Max. Dif	Max.Dif.		Media	Media	D.T.	D.T.	Valid N	Valid N
	negativa	Positiva	nivel p	E-1	E-3	E-1	E-3	E-1	E-3
Densidad	-.600000	0.000000	p = n.s.	36.66400	416.9760	25.66080	795.75	5	5
Riqueza	-.400000	0.000000	p = n.s.	6.60000	8.0000	3.50714	2.92	5	5
I.Shannon	-.400000	.200000	p = n.s.	1.76200	2.1980	.66657	.42	5	5
Regularidad	-.200000	.200000	p = n.s.	.72600	.7660	.14223	.14	5	5
Dominancia	0.000000	.600000	p = n.s.	.42780	.2877	.14289	.12	5	5

Puntos E-1 vs G-4

	Max.Dif.	Max.Dif.		Media	Media	D.T.	D.T.	Valid N	Valid N
	Negativa	Positiva	nivel p	E-1	G-4	E-1	G-4	E-1	G-4
Densidad	-.400000	.400000	p = n.s.	36.66400	67.77000	25.66080	107.2811	5	5
Riqueza	0.000000	.400000	p = n.s.	6.60000	5.00000	3.50714	4.5277	5	5
I.Shannon	-.400000	.400000	p = n.s.	1.76200	1.36200	.66657	1.2468	5	5
Regularidad	-.250000	.250000	p = n.s.	.72600	.59250	.14223	.4092	5	4
Dominancia	-.250000	.550000	p = n.s.	.42780	.44917	.14289	.3689	5	4

Puntos E-2 vs E-3

	Max.Dif.	Max.Dif.		Media	Media	D.T.	D.T.	Valid N	Valid N
	Negativa	Positiva	nivel p	E-2	E-3	E-2	E-3	E-2	E-3
Densidad	-.200000	.400000	p = n.s.	262.2480	416.9760	263.2261	795.7533	5	5
Riqueza	-.200000	.400000	p = n.s.	9.4000	8.0000	4.8270	2.9155	5	5
I.Shannon	-.600000	0.000000	p = n.s.	1.7560	2.1980	.5764	.4232	5	5
Regularidad	-.400000	0.000000	p = n.s.	.6100	.7660	.1984	.1379	5	5
Dominancia	0.000000	.600000	p = n.s.	.4328	.2877	.1322	.1219	5	5

Puntos E-2 vs G-4

	Max.Dif.	Max.Dif.		Media	Media	D.T.	D.T.	Valid N	Valid N
	Negativa	Positiva	nivel p	E-2	G-4	E-2	G-4	E-2	G-4
Densidad	0.000000	.600000	p = n.s.	262.2480	67.77000	263.2261	107.2811	5	5
Riqueza	0.000000	.600000	p = n.s.	9.4000	5.00000	4.8270	4.5277	5	5
I.Shannon	-.400000	.400000	p = n.s.	1.7560	1.36200	.5764	1.2468	5	5
Regularidad	-.350000	.250000	p = n.s.	.6100	.59250	.1984	.4092	5	4
Dominancia	-.250000	.550000	p = n.s.	.4328	.44917	.1322	.3689	5	4

Puntos E-3 vs G-4

	Max.Dif.	Max.Dif.		Media	Media	D.T.	D.T.	Valid N	Valid N
	Negativa	Positiva	nivel p	E-3	G-4	E-3	G-4	E-3	G-4
Densidad	0.000000	.400000	p = n.s.	416.9760	67.77000	795.7533	107.2811	5	5
Riqueza	0.000000	.400000	p = n.s.	8.0000	5.00000	2.9155	4.5277	5	5
I.Shannon	0.000000	.400000	p = n.s.	2.1980	1.36200	.4232	1.2468	5	5
Regularidad	-.050000	.350000	p = n.s.	.7660	.59250	.1379	.4092	5	4
Dominancia	-.600000	0.000000	p = n.s.	.2877	.44917	.1219	.3689	5	4

Tabla 3-CII: Test K-S. Diferencias significativas de las variables bióticas de géneros de Chironomidae entre puntos de muestreo dos a dos.

### **3.9 Correlaciones entre variables abióticas y bióticas**

A continuación se presenta la tabla de correlaciones entre variables bióticas y abióticas.

Destaca el hecho de que la Densidad no presentan ninguna correlación significativa con los metales en sus distintas fracciones (a excepción del Cr en sedimentos). No obstante, se puede ver que la conductividad, que representa una integración de distintos factores debidos a la explotación sí establece correlaciones significativas con todas las variables bióticas, con excepción de la regularidad. El pH y el caudal, variables ambas similares entre los puntos de muestreo considerados ,tampoco presentan correlaciones significativas con las variables bióticas.

El amplio margen de concentraciones metálicas encontradas, la dinámica complicada que presentan y su dependencia de factores ambientales requiere hacer este tipo de interpretaciones utilizando otras técnicas estadísticas multivariantes, que se considerarán más adelante.

		Correlaciones de Pearson Datos transformados. (n=24)					
Variables		Diversidad Shannon	Riqueza Familias	Regularidad	Densidad	Índice Similitud.	Dominancia. Í. Simpson
Caudal		0,00	0,08	-0,15	0,11	-0,24	0,06
pH		-0,16	0,29	-0,31	0,34	-0,08	0,16
Conductividad		-0,53 *	-0,69 *	-0,16	-0,46 *	-0,67 *	0,56 *
Sedimentos	Cd	-0,54 *	-0,27	-0,40	0,06	-0,68 *	0,52 *
	Cr	-0,14	0,35	-0,29	0,53 *	-0,16	0,18
	Cu	-0,22	-0,23	0,03	0,10	-0,49 *	0,27
	Fe	-0,01	-0,14	0,14	-0,18	-0,34	0,02
	Mn	0,21	0,19	0,08	0,31	0,12	-0,13
	Zn	-0,62 *	-0,32	-0,46 *	0,05	-0,76 *	0,62
	Pb	-0,32	-0,18	-0,21	0,07	-0,59 *	0,33
Disuelta	Cd	-0,13	-0,23	0,01	-0,14	-0,33	0,14
	Cr	-0,22	-0,22	-0,10	0,01	-0,19	0,24
	Cu	-0,16	-0,34	-0,12	-0,19	-0,24	0,15
	Fe	0,02	-0,26	0,09	0,06	-0,19	0,08
	Mn	-0,24	-0,37	0,05	-0,13	-0,35	0,30
	Zn	-0,18	-0,33	0,09	-0,26	-0,37	0,20
	Pb	-0,54 *	-0,49 *	-0,27	-0,19	-0,69 *	0,57 *
Suspensión	Cd	-0,47 *	-0,24	-0,31	-0,05	-0,47 *	0,54 *
	Cr	-0,20	-0,18	-0,16	0,02	-0,19	0,27
	Cu	-0,40	-0,32	-0,26	-0,24	-0,47 *	0,41 *
	Fe	-0,12	-0,24	0,13	-0,28	-0,23	0,08
	Mn	-0,33	-0,42 *	0,02	-0,29	-0,45 *	0,27
	Zn	-0,21	-0,30	0,07	-0,26	-0,38	0,18
	Pb	-0,53 *	-0,26	-0,54 *	-0,01	-0,66 *	0,58 *
Total	Cd	-0,20	-0,25	-0,04	-0,13	-0,38	0,22
	Cr	-0,25	-0,28	-0,14	0,00	-0,25	0,31
	Cu	-0,41	-0,42 *	-0,24	-0,28	-0,46 *	0,41
	Fe	-0,12	-0,25	0,13	-0,28	-0,24	0,09
	Mn	-0,33	-0,51 *	0,06	-0,26	-0,49 *	0,31
	Zn	-0,22	-0,38	0,11	-0,30	-0,42 *	0,22
	Pb	-0,56 *	-0,50 *	-0,31	-0,18	-0,73 *	0,60 *

Tabla 3-CIII: Correlaciones de Pearson entre variables bióticas y abióticas consideradas (\* : significativas p<0.05).

	H'	Riq.	Reg.	Dens.	C.S.	Domin.
Í. De Shannon	1.00	.40	.73 *	-.04	.75 *	-.95 *
Riqueza	.40	1.00	-.07	.68 *	.46 *	-.36
Regularidad	.73 *	-.07	1.00	-.48 *	.57 *	-.78 *
Densidad	-.04	.68 *	-.48	1.00	.02	.10
Í. Similitud Beals y Burlington	.75 *	.46 *	.57 *	.02	1.00	-.77 *
Í. Simpson Dominancia	-.95 *	-.36	-.78 *	.10	-.77 *	1.00

Tabla 3-CIV: Correlaciones de Pearson entre variables bióticas consideradas (\* : significativas p<0.05)

### 3.10 Tratamientos estadísticos para valorar las relaciones entre las variables abióticas y bióticas.

Para evaluar las consecuencias que tienen los efectos de la explotación sobre la estructura de la taxocenosis elegida se emplea un análisis de correspondencias canónicas con dos conjuntos de variables que permitan explicar el mayor porcentaje de varianza con la mínima redundancia. Tras examinar el comportamiento de las variables utilizadas y habiendo comprobado la reiteración de la información aportada de algunas de ellas, se eligen dos conjuntos de variables:

Conjunto A: variables abióticas: la **conductividad**, que como hemos visto en las secciones anteriores es un efecto que integra todo un conjunto de consecuencias y que presenta correlaciones significativas con las variables bióticas (Tabla 3-CIII) ; representa la salida del sistema de aguas con elevada carga de solutos , entre ellos los metales disueltos, aunque también está muy correlacionada con los metales en suspensión, por tanto, está representando la carga total de metales y otros compuestos en agua; y los **metales contenidos en sedimentos** : Pb y Zn que representan a la explotación, y el Cu (la calcopirita constituye una de las menas de la zona) que representa a los metales liberados junto a ellos; para que la concentración tenga efectos significativos, la cantidad de sedimentos depositados debe ser elevada, pueden interpretarse como las consecuencias más a largo plazo, dado que los metales van acumulándose en el lecho del río y sus consecuencias se dejan sentir de forma permanente sobre la biota.

Conjunto B: variables bióticas: **Densidad, Riqueza de familias, Regularidad, Coeficiente de similitud** (índice de Beals y Burlington). Se han descartado la Diversidad de Shannon y la Dominancia debido a la gran redundancia que presenta la información que aportan con aquella proporcionada por el Coeficiente de Similitud, debido a que sus cambios están perfectamente representados por él (ver tablas de correlaciones de variables bióticas entre sí y con abióticas). Por otra parte, los dos componentes de la Diversidad de Shannon (Riqueza y Regularidad) por separado reflejan el sentido de los cambios.

	Conjunto A	Conjunto B
Varianza explicada	100%	100%
Redundancia	55%	49%
Variables:	Conductividad	Riqueza
	Cu en Sedimentos	Regularidad
	Zn en Sedimentos	Densidad
	Pb en Sedimentos	Índice Similitud

Tabla 3-CV: Resumen de variables utilizadas en el análisis canónica de variables bióticas y abióticas.

	r	r <sup>2</sup> canón.			
Raíces	Canónica	Autovalores	Chi 2	g.l.	p
0	.834995	.697217	43.65505	16	.000224 *
1	.700120	.490169	21.55241	9	.010429 *
2	.588814	.346702	9.08942	4	.058927 *
3	.251977	.063492	1.21356	1	.270637

Tabla 3-CVII: r canónica y significación estadística. Correlaciones canónicas, Autovalores y Test Chi<sup>2</sup>. Significación estadística de las correlaciones canónicas con eliminación sucesiva de raíces.

Conjunto B	Raíz 1	Raíz 2	Raíz 3	Raíz 4
Riqueza	-.741997	-.208843	-.471658	.428210
Regularidad	-.305473	-.251254	.900368	.181369
Densidad	-.394769	-.483952	-.763338	-.165116
Índice Similitud	-.917890	.133095	.371706	-.039972
% Varianza extraída	41	9	44	6
Redundancia	29	4	15	0

Conjunto A	Raíz 1	Raíz 2	Raíz 3	Raíz 4
Conductividad	.939087	.101103	.285592	-.162266
Cu en Sedimentos	.535456	-.844524	.002658	.007733
Zn en Sedimentos	.801935	-.246119	-.534982	.100596
Pb en Sedimentos	.607408	-.479328	-.327811	.542071
% Varianza extraída	55	25	12	8
Redundancia	38	12	4	0

Tabla 3-CVI: Contribución de las variables elegidas a las raíces del análisis de correspondencias canónicas y varianza explicada por cada uno de ellos.

La significación obtenida por las raíces canónicas permite interpretar hasta tres raíces tras la eliminación sucesiva de los dos más importantes.

La primera raíz representa la perturbación general producida por la mina: fuga de gran carga de solutos y partículas en el agua y acumulación de metales en sedimentos, dada la elevada correlación de las variables abióticas con la primera raíz canónica. (0.94; 0.53; 0.80; 0.61); paralelamente, el grupo de variables bióticas más correlacionadas con esta primera raíz son la riqueza y el coeficiente de similitud (-0.74 y -0.91). La varianza explicada por esta raíz es muy elevada en ambos grupos de variables (55 % y 41 % respectivamente).

La segunda raíz está más correlacionada con la densidad y con la variación en sedimentos: Se podría interpretar como la tendencia a aumentar la densidad de grupos tolerantes en aquellos puntos en los que permanece la perturbación en los sedimentos, ya sea un efecto subletal crónico o relativo a los cambios en el sustrato que constituye su hábitat.

La tercera raíz explica un 44 % de la varianza que presenta el grupo de variables bióticas y está muy correlacionada con un aumento simultáneo de la regularidad y un descenso de la densidad (0.90 y 0.76 respectivamente) y la riqueza, esto sólo ocurre en el punto G-4. La variable abiótica más correlacionada con la variación de cinc y plomo (éste en menor medida) en el sedimento y aumenta la relación con la carga de sustancias en agua.

La representación de estas raíces permiten distribuir en el espacio los puntos de muestreo en función de nuevas "variables" canónicas.

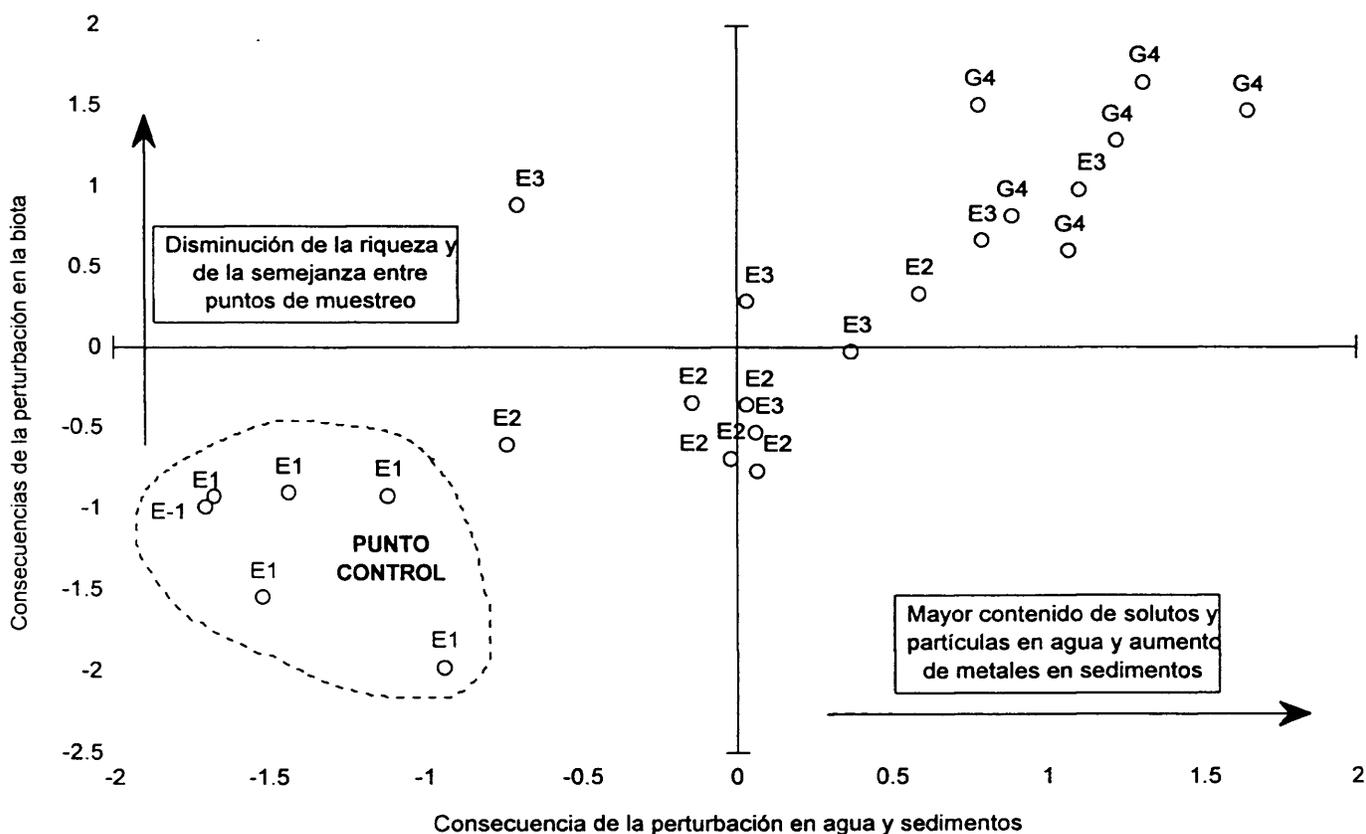


Gráfico 3-42: Representación de la distribución espacial de los puntos de muestreo según análisis de correspondencias canónicas.



#### 4. DISCUSIÓN

Esta explotación minera, de una extensión muy limitada tanto en el espacio como en el tiempo, ha producido una contaminación metálica comparable a la descrita en áreas mineras que son o han sido las primeras productoras de metales del mundo a lo largo, a veces, de varias decenas (o cientos) de años (Jones, 1986; C.W.Q.G., 1987; Mudroch, 1988; Kelly, 1988; Soldevilla, 1992; Poulton, 1995).

El origen principal del incremento de metales es la lixiviación ácida producida al entrar en contacto los minerales (sulfuros metálicos, principalmente de Fe) con el agua en medio aerobio. Este fenómeno tiene lugar en las galerías subterráneas y en las escombreras superficiales (donde en ocasiones se han registrado valores de pH de 2,5), sin olvidar las fugas periódicas de agua de la balsa de estériles. Tras la inicial liberación de cationes metálicos a la columna de agua, los metales se redistribuyen o intercambian entre los tres compartimentos dependiendo de múltiples factores: pH, potencial de óxido-reducción, cantidad de sólidos en suspensión, caudal, conductividad, etc.

La elevada reserva alcalina de las aguas de la zona neutraliza paulatinamente el pH, lo que da lugar a la formación de complejos insolubles que conducen a una nueva distribución de los metales en las tres fases, este fenómeno explica por qué en medios alcalinos los elementos son menos móviles que en medios ácidos. En cualquier caso, cada metal precipita en función de su pH de hidrólisis, pero también depende de otros factores como la concentración en que se encuentren en el medio, las concentraciones de otros metales y la cantidad y fuerza de los complejos que puedan formar con otros compuestos. Es por ello, que metales relativamente abundantes influyen en la dinámica de otros que están presentes en menor concentración.

Por orden de abundancia, se puede establecer una escala en nuestro sistema de aguas naturales de  $Fe > Zn > Mn > Pb \geq Cu > Cd \geq Cr$ . Cromo y Cadmio son muy minoritarios en la zona. El cromo, parece proceder de la balsa, debido al uso de dicromatos en el proceso de tratamiento. Este metal en la columna de agua está en forma de  $Cr^{6+}$ , dado el pH de la zona (Eary, 1987); la otra forma en la que puede encontrarse el cromo, es  $Cr^{3+}$  y tiene gran tendencia a unirse óxidos de Fe y Mn con los cuales tiende a precipitar (Young, 1987), este hecho queda patente en el incremento significativo que experimenta en los sedimentos tras recibir el aporte de la balsa. El cadmio,

también minoritario, tiene una dinámica paralela a la del Zn ya que lo acompaña en la mineralización. Dada su ambivalencia en la forma de viajar en la columna de agua, dependiente del pH y la presencia de óxidos de Fe y Mn, a pesar de que predomine la forma disuelta, se produce una tendencia al equilibrio con la fracción en suspensión, a medida que se produce la mezcla con aguas progresivamente más neutras y cada vez con más carga de sustancias en suspensión. El aumento de la cantidad circulante de cadmio, con respecto a la que había en E-1 es la tercera por orden de importancia, circulando 9 veces más por E-3 que por el punto control. El cobre es también relativamente poco abundante, en comparación con los más mayoritarios, también presenta gran afinidad por complejos de Fe y Mn y partículas en general, es por ello que antes de entrar en contacto con las aguas procedentes de las instalaciones, se encuentra predominantemente en disolución; al aumentar la concentración de metales en suspensión por el aporte procedente de la explotación, invierte sus concentraciones en la columna de agua, pasando a estar predominantemente en forma particulada.

Las correlaciones entre metales en los tres compartimentos analizados (en disolución, suspensión y sedimentos), que siempre se establecen con los metales explotados y señalan a la mina como el agente causante de las perturbaciones del sistema, este fenómeno es frecuente en estudios que abordan impactos antrópicos sobre aguas e indican un origen común (Rovira, 1993).

Son tantos los factores interrelacionados que influyen en el destino de los metales que es necesario llevar a cabo un tratamiento multivariante que integre la información disponible. La interpretación del análisis de componentes principales permite distinguir ciertos "comportamientos" paralelos: todos los metales tienen tendencia a incrementar su concentración en suspensión, pero hay tres de ellos que tienen una dinámica conjunta: Fe, Mn y Zn.

En cuanto a la precipitación, un grupo está constituido por Fe y Pb en sedimentos, que probablemente estén formando sulfatos amorfos "in situ" que se depositan sobre el lecho fluvial en cuanto que se produce la neutralización de las aguas, junto a Cr y Cu (todos ellos tienen pHs de hidrólisis aproximadamente iguales: Pb:6; Fe:5,5; Cu:5,3 y Cr:5,3). El Cd y el Zn en sedimentos parecen tener relación con el Mn; los dos primeros metales tienen una gran tendencia a asociarse a complejos en suspensión de Fe-Mn (Moore, 1991), esto les mantiene en concentraciones importantes en la columna de agua (sus pH de hidrólisis son Cd:6,7; Zn:7 y Mn:8,7).

Teniendo en cuenta la varianza explicada por este análisis, se puede decir que el efecto más claro que produce la explotación es la deposición de metales en sedimentos (la suma de las varianzas explicadas por los ejes 1 y 3 supera el 54 % del total). Se ha podido establecer en el último punto de muestreo un orden de deposición de los distintos metales, es el siguiente: Cd > Zn > Cu > Mn > Pb > Cr > Fe.

El segundo efecto sería la formación de complejos en suspensión liderados por los hidróxidos hidratados de Fe y Mn, en paralelo al gran incremento de conductividad, característicos de los drenajes ácidos de minas (Pereira, 1993) sus consecuencias se dejan sentir en la dinámica conjunta del resto de los metales contenidos en la columna de agua .

También queda patente el aumento de concentración en disolución de metales, pero, la varianza explicada es la menor, debido a las grandes oscilaciones características de los metales disueltos en aguas. (Förstner, 1981).

Las consecuencias globales sobre la biota no son únicamente las debidas a la toxicidad propia de los metales en disolución o a los contenidos en los alimentos (limos o depredación de organismos que concentran metales en sus tejidos (Tessier, 1984; De March, 1988; V.-Balog, 1988), o a los efectos negativos sobre el sistema respiratorio (Smith, 1985), también existe una modificación del sustrato en el sentido puramente físico, con formación de flóculos, turbidez, sedimentación, etc, que concluyen en la destrucción de la heterogeneidad de su hábitat. Todos estos cambios se reflejan en la estructura de la taxocenosis considerada que se ha abordado desde dos perspectivas simultáneas:

- La primera de ellas alude a las variaciones en la distribución taxonómica. Las variaciones observadas en la densidad permiten hacer un análisis más minucioso de la respuesta de distintos grupos de Familias de macroinvertebrados ante la perturbación. Mediante un análisis de componentes principales, se pueden distinguir cuatro grupos. Por orden de magnitud de varianza explicada, el primero de ellos está constituido por organismos que admiten un cierto grado de impacto y son capaces de mantener o incrementar su densidad en relación a la que tenían en el punto de referencia, pero que disminuyen sus efectivos cuando la perturbación se intensifica; este grupo está constituido por las Familias: Baetidae, Culicidae, Gerridae, Helophoridae, Mermithoidea (SF), Odontoceridae y Simuliidae. Supone un 27 % del total de individuos

recogidos, de los cuales los más importantes numéricamente son Baetidae y Simuliidae. Lógicamente, estos grupos se encuentran preferentemente en un punto que hemos caracterizado como de perturbación intermedia (E-2) desde el punto de vista físico-químico.

El segundo grupo, lo constituyen los organismos sensibles a las consecuencias de la explotación, pues experimentan un descenso rápido de la densidad ya en el punto intermedio antes mencionado. Son un porcentaje muy pequeño del total de individuos recogidos: 2%, pero explican prácticamente la misma cantidad de varianza que el grupo anterior. Lo constituyen las Familias: Ancyliidae, Curculionidae, Glossosomatidae, Ephemerellidae, Halacaridae, Helodidae, Nemouridae, Oribatidae, Potamanthidae y Siphonuridae. Nunca aparecen en el punto más perturbado (G-4) y se localizan predominantemente en el punto de referencia (84% en E-1).

El tercer grupo de Familias que tiene un comportamiento definido ante la perturbación es el más mayoritario: 51% del total de individuos recogidos, y está constituido únicamente por dos familias: Tubificidae y Chironomidae. Están repartidos por igual en los puntos E-1 y E-2, donde su número se mantiene bajo por fenómenos de competencia y depredación, pero cuando éstas faltan proliferan significativamente, sobre todo en E-3.

Queda un importante grupo de familias que suponen aproximadamente el 21 % restante, con densidades y distribución heterogéneas, hasta el punto de que algunas de las familias que lo constituyen están casi exclusivamente en alguno de los puntos extremos del gradiente de perturbación:

En el punto control se encuentran en una proporción superior al 75% las siguientes Familias: Aeschnidae, Athericidae, Cordulegasteridae, Ephemeridae, Gyrinidae, Heptageniidae, Leptoceridae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Lumbriculidae, Perlidae, Sericostomatidae y Stratiomyidae. En el punto más impactado (G-4) se encuentran en una proporción mayor al 80% las siguientes Familias: Coenagrionidae, Mesoveliidae, Muscidae, Erpobdellidae, Hydrobiidae, Poduroidea (SF), Psychodidae y Syrphidae.

En el análisis de componentes principales este cuarto grupo no aporta una explicación suficiente de la varianza, a pesar del comportamiento definido de algunos de sus constituyentes, esto puede ser debido a que no se han encontrado en un número representativo en todos los muestreos, a que su

densidad es demasiado variable debido a sus circunstancias vitales, o a la eventualidad de su distribución contagiosa.

La determinación de Géneros de insectos es un paso más en la estructura de la taxocenosis y permiten establecer indicadores positivos o negativos más certeros de la contaminación que las Familias. Los negativos serían aquellos que desaparecen o experimentan un descenso significativo de densidad entre los puntos de muestreo: *Epoicocladius*, *Atherix*, *Ecdyonurus*, *Ephemera*, *Esolus* y *Sericostoma*. Los positivos serían los que incrementan su densidad o aparecen sólo en los puntos perturbados: *Baetis*, *Caenis*, *Elmis*, *Eukiefferiella*, *Hydropsyche*, *Micropsectra*, *Microtendipes* y *Rhyacophila*.

La determinación hasta el nivel de Género, ha permitido también establecer cuales son aquellas Familias de insectos que podrían producir una minusvaloración de los resultados de riqueza y diversidad: La más importante es Chironomidae, para la cual se han determinado 27 Géneros diferentes, aunque su distribución entre los puntos de muestreo es bastante homogénea, tanto que los índices bióticos calculados para estos géneros no suponen diferencias significativas entre los puntos (test de Kolmogorov-Smirnov) . Otras Familias que podrían incorporar riqueza o diversidad al sistema son: Elmidae (6 Géneros distintos); Heptageniidae (5); Baetidae (3); Hydrophilidae (2); Caenidae (2); Ephemerellidae (2); Leptophlebiidae (2); Glossosomatidae (2); Limnephilidae (2); Polycentropodidae (2); Nymphidae (2); Perlidae (2). El resto de las 27 Familias únicamente están representadas por un género. Estos datos parecen indicar que la profundización en el estudio taxonómico no añade un incremento sustancial en el poder discriminante de las diferencias estructurales que tienen las Familias.

El punto de vista taxonómico de la estructura permite establecer la sensibilidad o la tolerancia de los organismos, pero tiene algunos inconvenientes, uno de ellos ha quedado patente: necesita de un gran número de muestras para determinar significativamente los cambios. Otro inconveniente, es el esfuerzo que exige en la determinación taxonómica. Y el inconveniente de más peso: hay muchos factores que intervienen en la distribución de los organismos además de la perturbación ; unos intrínsecos a los individuos como la edad, tamaño, sexo, estado reproductivo, etc (Slobodchikoff, 1977; Friberg, 1977) que les dotan de diferente sensibilidad y capacidad de respuesta, y otros debidos a múltiples circunstancias en sus relaciones con el medio biótico y abiótico que pueden dar lugar a ventajas competitivas. Esto se traduce en fenómenos de sustitución de unas especies por otras que obligan a la prudencia a la hora de valorar los cambios de

densidad o la desaparición de especies, sobre todo en una taxocenosis tan dinámica a fuerza de haberse adaptado a vivir en un medio sometido a un cambio permanente.

- Este tipo de inconvenientes no tiene tanta incidencia sobre la otra perspectiva empleada para abordar los cambios en la estructura: se trata de cambios puramente cuantitativos de índices que aluden a las variaciones de abundancia, de distribución y de riqueza, con independencia del conocimiento de los organismos que están ocasionando dichos cambios. Se han elegido 5 parámetros alusivos a la estructura : El índice de similitud de Burlington, el índice de dominancia de Simpson, el índice de diversidad de Shannon, la riqueza y la regularidad o equitabilidad.

Todos ellos son capaces -de forma complementaria- de establecer diferencias con significación estadística entre los puntos de muestreo, pero además, presentan elevadas correlaciones significativas de uno u otro signo con las variables abióticas que se han considerado anteriormente. El índice de similitud, el de Shannon y la Riqueza, disminuyen a medida que se agudiza el impacto, es por ello que todas las correlaciones con las variables abióticas son negativas, lo contrario ocurre con la Dominancia, que crece en paralelo a la perturbación y por ello, las correlaciones son positivas.

Las variables bióticas que menor número de correlaciones presentan con las abióticas son la regularidad y la densidad. Esto no quiere decir que representen peor los cambios, simplemente exponen el hecho de que estos cambios no tienen lugar en una dirección fija sino que son oscilantes: existe una intensidad creciente de la perturbación en el sentido:  $E1 < E2 < E3 < G4$ , mientras que los puntos máximos para la regularidad son E1 y G4, y el punto máximo de densidad es E2.

Estos hechos, unido a que se trata de una información relativamente puntual, obliga a recurrir a otro tipo de análisis matemático que relacione los cambios de estas variables con sus posibles causas. En cualquier caso, merece la pena destacar que las correlaciones más patentes se manifiestan con los metales que están siendo objeto de explotación (Zn y Pb), lo que supone una evidencia más de la relación directa entre la actividad minera y el cambio en la estructura de la taxocenosis.

Otra variable abiótica está correlacionada con todos los índices bióticos: la conductividad , por ello será considerada con atención al avanzar en la interpretación de los datos.

Las correlaciones existentes entre las propias variables bióticas permiten interpretar su complementariedad o su redundancia en la información aportada para la valoración de las diferencias entre puntos.

Existen correlaciones muy fuertes entre la diversidad y los índices de similitud y de dominancia ( $r$  Pearson = 0,75 y -0,95 respectivamente), esto indica que las tres variables pueden representar de forma análoga el cambio estructural: el descenso de la diversidad es debido a un aumento de la densidad de las especies dominantes y este cambio está perfectamente representado por la progresiva disimilitud entre los puntos de muestreo, no olvidemos que el punto de comparación utilizado por este índice es el E-1, en el cual se dan la máxima diversidad y la mínima dominancia.

La otra variable más correlacionada con la diversidad es la regularidad ( $r$  Pearson = 0,73), lo que indica una vez más que de los dos componentes fundamentales de la diversidad, la distribución influye más decisivamente que la riqueza en nuestro sistema.

Precisamente la riqueza presenta la mayor correlación con la densidad ( $r$  Pearson = 0,68). Este dato resulta algo paradójico, dado que en principio no tienen variaciones de magnitud directamente proporcionales. La explicación es debida a que son las dos únicas variables que son capaces de establecer diferencias estructurales significativas entre los dos puntos más perturbados: E-3 y G-4, siendo ambas significativamente menores en G-4 que en E-3.

El índice de similitud está manifestando el mayor número de correlaciones y de mayor intensidad con los metales en distintas fracciones. Por las propias características del índice, está siempre referido al punto control y por ello es el que mejor representa el cambio en la estructura a través de la disimilitud en este caso, entre los puntos de muestreo con condiciones del hábitat progresivamente más deterioradas.

Con el fin de cumplir con el tercer objetivo de este trabajo se ha realizado un análisis de correspondencias porque permite separar dos grupos de variables: los parámetros abióticos que representan la perturbación y los parámetros bióticos que representan la desestructuración de la taxocenosis. Los resultados muestran relaciones más directas entre unos y otros.

A la vista de los resultados obtenidos: nivel de significación de los cambios entre puntos, correlaciones y análisis multivariantes, se ha llegado a la conclusión de que las variables más significativas capaces de explicar la

mayor varianza producida por la explotación con la menor redundancia posible son la conductividad y los metales que incrementan su concentración significativamente en los sedimentos: Zn y Pb (los dos explotados) y Cu que también es mineral de mena (calcopirita) aunque no se explota, y representa a otros metales minoritarios liberados en la explotación. (El Cd también presenta un incremento significativo, no se ha elegido porque su evolución está tan relacionada con el Zn ( $r$  Pearson  $> 0,9$ ) que no aporta una información adicional y sí redundancia en el análisis).

Las variables bióticas elegidas representan todos los cambios estructurales que están teniendo lugar en un sentido u otro entre los puntos de muestreo son los componentes que separadamente integran la diversidad: cambios de densidad, de riqueza y de regularidad, a los que se une el parámetro que mejor detecta el cambio: el índice de similitud. El índice de Shannon y la Dominancia se han descartado del análisis porque sus variaciones están bien representadas por el índice de similitud, tal como se ha discutido anteriormente, e igualmente añaden redundancia al tratamiento estadístico.

De este tipo de análisis surgen 4 nuevas variables canónicas ortogonales - independientes- con las que las variables bióticas y abióticas establecen correlaciones. Cada variable canónica puede interpretarse como la relación existente entre un aspecto determinado de la perturbación y una manifestación concreta de la desestructuración. El nivel de significación permite hacer interpretaciones únicamente con las 3 primeras variables canónicas.

La primera de ellas reflejaría el efecto de la perturbación globalmente (todas las variables abióticas tienen una elevada correlación con esta primera variable canónica) y es la que mayor varianza explica. Su manifestación en la estructura de la taxocenosis es la disparidad entre los puntos (el índice de similitud) y los cambios de riqueza (correlaciones:  $-0,92$  y  $-0,71$  respectivamente).

La segunda variable canónica de este análisis es prácticamente independiente de la carga de sustancias en solución o suspensión en el agua pero tiene como componente abiótico más significativo el Cu en sedimentos; por las circunstancias de relativa abundancia de este metal, está representando no la toxicidad, sino la acumulación de metales acompañantes, no mayoritarios, que sólo se manifiesta cuando la deposición es muy tangible con la consiguiente uniformización del sustrato que constituye en entorno vital de nuestra taxocenosis. El componente biótico que más se correlaciona con esta variable canónica es la densidad. Los incrementos de densidad son debidos a la dominancia de especies oportunistas y tolerantes, principalmente Tubificidae y Chironomidae, que son precisamente aquellas que se ven favorecidas por un sustrato limoso. Otros trabajos podrían apoyar este resultado (Thomas, 1987 y Lamberti, 1995).

La tercera variable canónica tiene como componentes bióticos la coincidencia de la máxima regularidad, menor densidad y menor riqueza; está describiendo el punto de mayor impacto (G-4). De hecho es la asociación de cambios bióticos que más porcentaje de la varianza explica (44%). El componente abiótico de esta tercera variable canónica es una correlación negativa con el contenido de Zn en sedimentos. Es arriesgado establecer una relación, sobre todo porque esta variable explica únicamente un 12% de la varianza del conjunto abiótico, aunque el signo negativo podría interpretarse como una resuspensión y/o resolubilización de metales hacia la columna de agua (la relación de la conductividad con esta variable canónica es algo mayor), que produciría efectos tóxicos sobre los organismos con las consecuencias anteriormente mencionadas.

## **5. CONCLUSIONES**

1. Una explotación minera siempre implica una liberación de contaminantes, bien metales que acompañan a los explotados en el proceso de mineralización, bien compuestos que forman parte del conjunto heterogéneo de sustancias empleadas en el proceso de obtención de concentrados. Se han identificado y cuantificado los dos metales correspondientes a la explotación: Zn y Pb, y otros metales acompañantes: Fe, Mn, Cu, Cd y Cr.

Las concentraciones halladas para Zn, Pb, Fe y Cu obedecen al primer apartado, aunque sólo se hayan beneficiado los dos primeros. La puesta en circulación de Fe y Cu se debe a la presencia de piritita y calcopiritita, que han sido arrojadas con una granulometría muy fina a la balsa de estériles, tras decidir su no explotación por cuestiones de rentabilidad. El Cd, acompaña al Zn en su mineralización y en menor medida también al Pb. El Cr, tendría su origen en el dicromato potásico utilizado como reactivo en la planta de tratamiento.

El incremento relativo (cantidad de metal que aparece en E-3 con respecto al que había en E-1) de todas las fracciones es más patente en disolución que en suspensión y es muy variable para los distintos metales:

En disolución: Zn: 8,8; Pb: 6; Fe: 2,6; Mn:1,5; Cu: 1,1; Cd: 5,8 y Cr: 2

En suspensión: Zn: 20; Pb: 4,6; Fe: 2,3; Mn:4,5; Cu: 3,2; Cd: 4,4 y Cr: 2,8

En sedimentos los incrementos se mueven en un margen más estrecho:

Zn: 5,8; Pb: 5,8; Fe: 1,9; Mn: 1,3; Cu: 5,4; Cd: 9,8 y Cr: 3,3.

2. El segundo objetivo de este trabajo es conocer la distribución de los metales en la columna de agua y sedimentos para poder establecer su permanencia o salida del sistema. Podemos distinguir dos grandes grupos de metales: los acompañantes: Cr, Cd, Cu, Fe y Mn ; y los explotados: Zn y Pb.

La procedencia del cromo en este sistema acuático es debida a su utilización como reactivo en la planta de tratamiento y tiene su entrada por el aliviadero de la balsa, duplicándose la cantidad de este metal en sedimentos entre los dos puntos del arroyo Gesala entre los que se ubica la balsa. Su distribución en la columna de agua es fundamentalmente en disolución ( $\text{Cr}^{6+}$ ), su movilidad de intercambio es baja, cuando llega a E-3, las dos fracciones están prácticamente equilibradas.

La movilidad del cadmio se considera media (Levinson, 1980), predominando la fase disuelta. Es en el compartimento de los sedimentos donde se aprecia un incremento significativo con respecto al punto control (E-1). Este dato es relevante dado que es un metal no explotado y de probada toxicidad. Por lo demás, la cantidad circulante de este metal se incrementa 9,6 veces en relación a dicho punto control.

El cobre sufre una clara inversión en la distribución disuelta-suspensión en la columna de agua en el momento en el cual las aguas procedentes de la explotación aportan óxidos e hidróxidos de Fe y Mn, a los que se asocia y con los cuales sufre fenómenos de co-precipitación.

El hierro y el manganeso, dado que son muy mayoritarios en la zona, son los que menor incremento relativo tienen en sedimentos con respecto al punto control (inferior a 2), no obstante, debido su extraordinaria dinámica de solubilización-precipitación son los motores de la distribución de metales, tanto en la columna de agua como en el sedimento. El hierro se encuentra predominantemente en suspensión, no así el Mn, que prevalece en disolución (debido a sus respectivos pHs de hidrólisis).

El cinc, es el primero de los dos metales explotados. Sus concentraciones en sedimentos son máximas en el punto más cercano a la salida del criadero por la boca Norte, sin obviar la fuerte sedimentación que sufre a pocos centenas de metros de la salida, a medida que aumenta el pH. También se manifiesta claramente el efecto del almacén de concentrados de Zn sobre el punto E-2, donde casi se cuadruplica la concentración de este metal en

sedimentos, antes de recibir aguas procedentes del foco principal. La relativa movilidad del cinc se manifiesta en una dinámica predominantemente en disolución (pH de hidrólisis:7). Su contenido en la masa circulante en aguas en el último punto de muestreo es el que más aumenta: 14,8 veces con respecto al E-1.

En cuanto al plomo, tiene menor movilidad, y aunque viaja fundamentalmente en disolución, sedimenta a lo largo de su recorrido y alcanza el máximo de concentración en el último punto (E-3). La cantidad de este metal en la masa circulante es la segunda por orden de magnitud, aumentando 12 veces con respecto a la existente en el control.

Por tanto, independientemente de su tendencia a sedimentar (momentáneamente) o a ir aguas abajo en disolución o suspensión, la zona se ha convertido en un foco de liberación de metales cuyo alcance en el espacio y en el tiempo es difícil de valorar, aunque si tenemos en cuenta otros casos, el potencial emisor se mantendrá durante decenas de años.

3. Los cambios en la estructura de la comunidad se manifiestan para todas las variables elegidas.

El índice de similitud empleado, aunque por sí mismo no aporta información sobre el tipo de desestructuración, sí manifiesta inequívocamente una progresiva disparidad entre los puntos de muestreo en el mismo sentido que la intensidad de la perturbación ( $F = 56,23$ ;  $p < 0,0001$ ).

Se producen dos circunstancias que hacen más conveniente valorar por separado las variaciones de abundancia, de riqueza y de distribución que su integración conjunta en índices de diversidad para este tipo de perturbaciones:

La diversidad está muy condicionada por la distribución de los organismos, este fenómeno está corroborado por su gran correlación con la dominancia y la regularidad. Ambas variables tienen una tendencia contraria en los distintos puntos de nuestro sistema - que representan un gradiente de impacto- y por tanto ejercen efectos opuestos en la cuantificación del índice. Por otra parte, la gran plasticidad adaptativa de esta taxocenosis, permite en cada época del año la existencia de fenómenos de sustitución cuantitativa y cualitativa de especies para aprovechar al máximo los recursos disponibles y disminuir en lo posible la competencia intra e interespecíficas, y esto también se traduce en una estabilización de la diversidad.

4. Las variables físico-químicas como testimonio de una perturbación, son datos puntuales. El estudio de los seres vivos sujetos permanentemente a la alteración son capaces de reflejar mejor en el tiempo los cambios cuantitativos y cualitativos que se han producido. Es por esto que se propone para este sistema el uso de variables bióticas en su seguimiento y evolución.

El índice de similitud ha resultado ser el de mayor poder discriminante. La coincidencia en el espacio de valores mínimos de densidad y riqueza junto a valores máximos de regularidad, indican la mayor intensidad del impacto.

Un crecimiento simultáneo de 3 variables: riqueza, regularidad e índice de similitud en los puntos afectados proporcionarán un síntoma seguro de recuperación.

En este trabajo se ha podido constatar qué familias o géneros se encuentran preferentemente en el punto control o en el punto más impactado, lo que permite la elección de uno o varios grupos taxonómicos como indicadores positivos o negativos del impacto, tienen los inconvenientes mencionados de la influencia de factores ambientales ajenos a la perturbación y la necesidad de un mayor número de muestras, pero también las ventajas de un menor esfuerzo de determinación taxonómica, que se reduce a los grupos elegidos. Como candidatos a indicadores en nuestro sistema, por su facilidad de identificación y por la abundancia en la que se encuentran, se puede utilizar la valoración del porcentaje con respecto al total de las siguientes familias: Ephemerellidae y Nemouridae (indicadores negativos de perturbación) y Tubificidae y Chironomidae (indicadores positivos de perturbación).



## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- ABEL, P. D.(1996).Source and Effects of Water Pollutants IN : WATER POLLUTION BIOLOGY.TAYLOR & FRANCIS. LTD. LONDON. pp: 29-66
- AGEMIAN, H. & CHAU A.S.Y.(1977).A Study of Different Analytical Extraction Methods for Nondetrtral Heavy Metals in Aquatic Sediments. ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL CONTAM. TOXICOL, 6: 69-82
- AGEMIAN, H. & CHAU A.S.Y.(1976).Evaluation of Extraction Techniques for tje Determination of Metals in Aquatic Sediments. THE ANALYST, VOL 101 No. 1207: 761-767
- ALLAN, D.J. (1995).Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. J.DAVID ALLAN (Eds.) CHAPMAN & HALL. LONDON. 388 pp.
- AMOROS,C. ET PETTS, G.E. (1993).Hydrosystèmes Fluviaux. MASSON (Eds.).PARIS. 300 pp.
- ANSORENA, J.; MARINO, N. & LEGORBURU, I.(1995).Agricultural Use of Metal Polluted Soil Near an Old Lead-Zinc Mine in Oiartzun (Basque Country, SPAIN). ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY, VOL .16: 213-222
- APHA-AWWA-WPCF (1980).Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 15th. Edition. WASHINGTON D.C. 1134 pp.
- AUSTIN, M.P.(1977).Use of Ordination and other Multivariate Descriptive Methods to Study Succession. VEGETATIO, VOL.35: 165-175
- AYALA CARCEDO, F.J. Y VADILLO FERNANDEZ, L.(1996).Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería. INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. MADRID. 332 pp.
- BARBERO, R.; FARRÉ, R. Y ROIG, M.J.(1990).Evaluación de un Método para la Determinación de Cadmio y Plomo en Vegetales por Espectrofotometría de Absorción Atómica con LLama ANALES DE BROMATOLOGIA, XLII-2: 345-352
- BARGOS, D. Y MESANZA, J.M. (1988).Variaciones Estacionales de los Grandes Grupos Taxonomicos de Macroinvertebrados Benticos en la Red Hidrografica de Bizkaia. COMUNICACION A CONGRESO: 43-54
- BARGOS,T.; MESANZA,M<sup>a</sup>J.; BASAGUREN,A. & ORIVE,E.(1990).Aseesing River Water Quality by Means of Multifactorial Methods Using Macroinvertebrates. A Comparative Study of Main Water Courses of Biscay. WAT.RES.VOL. 24: 1-10
- BARRADO ESTEBAN,E.; PARDO ALMUDI,R. Y REY LOSADA, F.J.(1992).Especiación : Un Problema Químico. QUIMICA INDUSTRIAL , 38 (4): 298-303
- BARRETT,G.W., VAN DYNE, G.M. & ODUM, E.P. (1976).Stress Ecology BIOSCIENCE,26 No.3: 192-194
- BASAGUREN, A. (1988).Tricópteros como Indicadores de la Calidad de las Aguas de Bizkaia. COMUNICACION A CONGRESO: 57-65

- BATTEGAZZORE, M. AND RENOLDI, M. (1994). Integrated Chemical and Biological Evaluation of the Quality of the River Lambro (ITALY). WATER AIR AND SOIL POLLUTION 83: 375-390
- BAZZANTI, M. & SEMINARA, M. (1986). Profundal Macrobenthos Structure as a Measure of Long-term Environmental Stress in a Polluted Lake. WATER, AIR AND SOIL POLLUTION, 33:435-442
- BEAUVAIS, S.L.; WIENER, J.G. & ATCHINSON, G.J. (1995). Cadmium and Mercury in Sediments and Burrowing Mayfly Nymphs (Hexagenia) in the Upper Mississippi River, USA. ARCH. ENVIRON. CONTAM. TOXICOL., 28: 178-83
- BECKETT, D.C. (1978). Ordination of Macroinvertebrate Communities in a Multistressed River System. IN: THORP, J.H. & GIBBONS, J.W. (Eds.) ENERGY AND ENVIRONMENTAL STRESS IN AQUATIC SYSTEMS, U.S. DEP. ENERGY, CONF-771114 SPRINGFIELD, pp: 748-770
- BENDER, J. & PHILLIPS, P. (1996). Biotratamiento de Desagües de Mina MINNING. EDICION EN ESPAÑOL . ABRIL-96:31-41
- BERGER, W.H. & PARKER F.L. (1970). Diversity of planktonic Foraminifera in deep sea sediments. SCIENCE, 168:1345-7
- BERRY, G. & DAY, N.E. (1973). The Statistical Analysis of the Results of Sampling an Environment for a Contaminant when Most Samples Contain an Undetectable Level AMERICAN JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY , VOL.97, No.3: 160-166
- BEUKEMA, A. A.; HEKSTRA, G. P. & VENEMA, C. (1986). The Netherland's Environmental Policy for the North Sea and Wadden Sea. ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT, 7: 117-55
- BOGGESE, W.R. & WIXSON, B.G. (1979). Lead in the Environment. CASTLE HOUSE PUBLICATIONS LTD. 272 pp.
- BOURASSA, N & MORIN, A. (1995). Relationships Between Size Structure of Invertebrate Assemblages and Trophy and Substrate Composition in Streams J.N.AM.BENTHOL.SOC., 14(3): 393-403
- BRAAK, CAJO J.F. & VERDONSCHOT, PIET F.M. (1995). Canonical Correspondence Analysis and Related Multivariate Methods in Aquatic Ecology. AQUATIC SCIENCES, 57;3: 1015-1621
- BRAY, J. R. & CURTIS, J.T. (1957). An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. ECOL. MONOGR. 27: 325-349
- BREWER, P.G. & SPENCER, D.W. (1975). Minor Element Models in Coastal Waters. AM.CHEM. SOC. SYMP. SER., 18:80-96
- BRILLOUIN, L. (1951). Maxwells Demon cannot operate: Information and Entropy. I and II. J. APPL. PHYS. 22:334-43
- BURLINGTON, R. F. (1962). Quantitative Biological Assessment of Pollution. J. WAT. POLLUT. CONTROL FED. 36: 2488-2494

- BURLINGTON, R.F.(1962).Quantitative Biological Assessment of Pollution. J.WAT. POLLUT CONTROL FED., 36: 650-53
- CAIRNS J. Jr. & DICKSON, K.L.(1977).Recovery of Streams and Spills of Hazardous Materials. IN RECOVERY AND RESTORATION OF DAMAGED ECOSYSTEMS. J.Jr.; DICKSON, K.L. & HERRICKS, E.E. (Eds.) CHARLOTTESVILLE. pp: 24-42
- CAIRNS, J.Jr & DICKSON,K.L.(1971).A Simple Method for the Biological Assessment of the Effects of Waste Discharge on Aquatic Bottom-Dwelling Organisms. JOURNAL WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. May 1971: 755-771
- CAIRNS, J.Jr. & PRATT, J.R.(1986).Developing a Sampling Strategy.Rationale for Sampling and Interpretation of Ecological Data in the Assessment of Fresh-water Ecosystems, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. PHILADELPHIA. pp: 168-186
- CAIRNS, JOHN Jr.(1983).The Case for Simultaneous Toxicity Testing at Different Levels of Biological Organization. AQUATIC TOXICOLOGY AND HAZARD ASSESSMENT: Sixth Symposium. ASTM STP 802. PHILADELPHIA. pp: 111-127
- CALOW, P. & PETTS, G.E.(1994).The Rivers Handbook. vols I & II CALOW,P. & PETTS G.E. (Eds) BLACKWELL SCIENTIFIC PUBLICATIONS. LONDON.
- CÁMARA, C.(1991).Certificación del Contenido en As, Cd, Cr, Ce, Hg, Ni, Pb, Sc, Se, y Zn en Tres Sedimentos de Estuario, Lago y Río por la Oficina de Referencia (BCR) de la Comunidad Europea. QUÍMICA ANALÍTICA, VOL 10 (1): 65-72
- CAMARGO, J.A. (1990).Performance of a new Ecotoxicological Index to Assess Environmental Impacts on Freshwater Communities. BULLETIN OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY, 44:529-34
- CAMPANELLA, L.; CARDARELLI, E.; FERRI, T.; PETRONIA, B. M. & PUPELLA, A. (1987).Evaluation of Heavy Metals Speciation in an Urban Sludge.I. Batch Method. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 61: 217-228
- CANADIAN WATER QUALITY GUIDELINES. (1987). CANADIAN COUNCIL OF RESOURCE AND ENVIRONMENTAL MINISTERS. ENVIRONMENT CANADA. OTTAWA.
- CARLSON-GUNNOE, N. E.; LAW, C. B.& BISSONNETTE, G. K. (1983).Macroinvertebrate Community Structure as an Indicator of Acid Mine Pollution. ENVIRONMENTAL POLLUTION, 6: 239-62
- CARPENTER, K.E. (1928).Life in Inland Waters. SIDGWICK-JACKSON (Eds.) LONDON. 267 pp.
- CARRERAS SUAREZ, F.; SOLESIO LILLO, J.; BADIELLA ABRIL, P. Y DEL POZO GOMEZ, M. (1983).Síntesis de la Investigación Hidrogeológica Básica en El País Vasco. III SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGIA: 599-605
- CASAS SABATA, J.M. Y PUIG COBO, M.J.(1995).Reducción de la Salinidad y otros Parámetros Físicoquímicos en el Río Cardener. TECNOLOGIA DEL AGUA, 15 (139): 31-37
- CASAS SABATA, J.Ma.(1990).Estudio de la Calidad Química de las Aguas y de la Contaminación por Metales Pesados en El Río Cardener. TECNOLOGIA DEL AGUA: 51-60

CASAS, J.Mª ; RUBIO R. Y RAURET, G.(1993).Estudio de los Sedimentos del Río Cardener II TECNOLOGIA DEL AGUA, 74: 17-24

CELLOT, B. & BOURNAUD. M.(1986).Modifications Faunistiques Engendrées par une Faible Variation du Débit dans une Grande Rivière. HYDROBIOLOGIA, 135: 223-232

CELLOT, B. ET BOURNAUD, M.(1988).Dynamique Spatio-Temporelle des Déplacements de Macroinvertébrés dans une Grande Rivière. CAN.J.ZOOL., 66: 352-363

CELLOT, B.(1989).Macroinvertebrate Movements in a Large European River. FRESHWATER BIOLOGY, 22: 45-55

CHADWICK,JAMES W. ; CANTON,STEVEN P. & DENT, ROBERT L.(1986).Recovery of Benthic Invertebrate Communities in Silver Bow Creek, Montana, Following Improved Metal Mine Wastewater Treatment. WATER, AIR AND SOIL POLLUTION, 28: 427-438

CHANDLER, J.R. (1970).A Biological Approach to Water Quality Management. WATER POLLUT. CONTROL 69:415-21

CHUTTER, F. M. (1972).An Empirical Biotic Index of the Quality of Water in South African Streams and Rivers. WATER RES. 6: 19-30

CHUTTER,F.M. (1972).An Empirical Biotic Index of the Quality of Water in South African Streams and Rivers. WATER RES. 6:19-30

CLAVER FARIAS, IGNACIO. (1991).Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología. Secretaría General Técnica. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES. MADRID. 572 pp.

CLEMENTS, W.H.; CHERRY D.S. & CAIRNS, J.Jr.(1988).Impact of Heavy Metals on Insect Communities in Streams: A Comparison of Observational and Experimental Results. CANADIAN JOURNAL FISH. AQUAT. SCI. VOL.4. 2017-25

CUMMINS, K.W. (1974).Structure and Function of Stream Ecosystems. BIOSCIENCE,24:631-41

CUMMINS, KENNETH W.(1973).Trophic Relations of Aquatic Insects. ANN.REV. ENTOMOL. VOL.18: 183-206

CUMMINS,KENNETH W.(1979).Feeding Ecology of Stream Invertebrates. ANN REV. ECOL. SYST. VOL 10: 147-172

CUSHING, C.E.; CUMMINS, K.W. & MINSHALL, G.W.(1995).Introduction: An Overview of Stream Ecosystems IN RIVER AND STREAM ECOSYSTEMS.ELSEVIER AMSTERDAM. pp: 1-8

DAVIS, J.B. & GEORGE, J.J. (1987).Benthic Invertebrates as Indicators of Urban and Motorway Discharges. THE SCIENCE OF TOTAL ENVIRONMENT, 59 :291-302

- DE LEON, I. R.; BYRNE, C. J.; PEULER, E. A.; ANTOINE, S. R.; SCHAEFLER, J. & MURPHY, R. C. (1986). Trace Organic and Heavy Metal Pollutants in the Mississippi River. CHEMOSPHERE, 15: 795-805
- DE MARCH, B.G.E. (1988). Acute Toxicity of Binary Mixtures of Five Cations (Cu<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, and K<sup>+</sup>) to the Freshwater Amphipod *Gammarus lacustris* (Sars): Alternative Descriptive Models. CANADIAN JOURNAL OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES, 45: 625-33
- DEAN, J. M. & BURLINTONG, R. F. (1963). A Quantitative Evaluation of Pollution Effects on Stream Communities. HYDROBIOLOGIA, 21: 193-199
- DEAN, J.M. & BURLINGTON, R.F.(1963). A Quantitative Evaluation of Pollution Effects on Stream Communities. HYDROBIOLOGIA, 21: 193-99
- DECAMPS H. ; NAIMAN R.J (1989). La Ecología de los Ríos. MUNDO CIENTÍFICO, 91. MAYO 1989: 470-479
- DELGADO, M.; BIGERIEGO, M. & GUARDIOLA, E.(1993). Uptake of Zn, Cr And Cd by Water Hyacinths. WAT.RES.VOL.27: 269-272
- DÍAZ PINEDA, F.(1985). Impactos Ambientales sobre Biocenosis y Ecosistemas EN EVALUACIONES DEL IMPACTO AMBIENTAL. UD.16. M<sup>o</sup> OBRAS PUBLICAS MADRID. 22 pp.
- DILLS, G. & ROGERS, D.T. (1974). Macroinvertebrate Community Structure as an Indicator of Acid Mine Pollution. ENVIRON.POLLUT., 6:239-62
- DOCAMPO, L. & DE BIKUÑA, B.G.(1991). Analysis of the Physico-Chemical Variables of the Stream Waters of Vizcaya (Basque Country): 1. Mathematical Model of Conductivity. ARCH HYDROBIOL. 122: 351-72
- EARY, L. E. & RAL, D. (1987). Kinetics of Chromium (III) Oxidation to Chromium (VI) by Reaction with Manganese Dioxide. ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 21: 1187-93
- EHRlich, H.L. & FOX, S.J.(1967). Copper Sulfide Precipitation by Yeasts from Acid Minewaters. APPL.MICROBIOL., 15: 135-139
- ELLIOT, J.M.(1977). Some Methods for the Statistical Analysis of Samples of Benthic Invertebrates. 2nd. edn. FRESHWATER BIOLOGICAL ASSOCIATION SCIENTIFIC PUBLICATION, No.25 CUMBRIA. UK. 156 pp.
- ELORRIETA, J.I. (1981). Biología de la Contaminación en el Sistema Sorbe-Henares. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Tesis Doctoral. MADRID, 459 pp.
- EPSTEIN, M.S.; CARNRICK, G.R. & SLAVIN, W.(1989). Automated Slurry Sample Introduction for Analysis of a River Sediment by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry. ANAL. CHEM., 61: 1414-19
- FERNANDEZ MARTINEZ, J.; ARDANAZ, F. Y OJEMBARRENA, L. (1992). La Mineralización De Pb-Zn De Mina Troya (Guipuzcoa) EN: G<sup>a</sup> GUINEA Y MARTINEZ FRIAS, J.; RECURSOS MINERALES DE ESPAÑA. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS MADRID. pp: 985-998

- FERNANDEZ-RUBIO, R.; BOTIN, J.A.; LAVANDEIRA, A.; CASTILLO MARTÍN, A.; FERNANDEZ-LORCA, S. Y FDEZ-LORCA, J. (1983a). Equipamiento de Drenaje de la Mina de La Troya (Guipúzcoa) III SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGIA: 125-133
- FERNANDEZ-RUBIO, R.; FDEZ GUTIERREZ, R.; BOTÍN, J.A. Y LAVANDEIRA, A. (1983b). Investigación Hidrogeológica Preliminar en la Mina de La Troya (Guipúzcoa) III SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGIA: 115-123
- FISHER, R.A.; CORBER, A.S. & WILLIAMS, C.B. (1943). The relation between the Number of Species and the Number of Individuals in a Random Sample of an Animal Population. J. ANIM. ECOL. 12:42-58
- FOLGER, H.W. (1994). Geology and Mineralization of The Idaho Springs and Central City Mining Districts . U.S. GEOLOGICAL SURVEY. CIRCULAR 1097 \*\*. 33-55
- FÖRSTNER, U & G. WITTMANN, T.W. (1981). Toxic Metals IN: METAL POLLUTION IN THE AQUATIC ENVIRONMENT. SPRINGER-VERLAG. BERLIN. pp: 4-70
- FRANCIS, A. J.; DODGE, C. J.; ROSE, A. W. & RAMIREZ, A. J. (1989). Aerobic and Anaerobic Microbial Dissolution of Toxic Metals from Coal Wastes: Mechanism of Action. ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 23: 435-41
- FRIBERG, F; OTTO, C. & SVENSSON, B.S. (1980). Effects of acidification on the Dynamics of Allochthonous leaf material and Benthic Invertebrate Communities in Running Waters. IN: DRABLOS, D. & TOLLAN A. (Eds.) ECOLOGICAL IMPACT OF ACID PRECIPITATION- Proceedings of an International Conference. SANDEFJORD. NORWAY. pp.: 304-305
- FRONTIER, S. ET PICHOD-VIALE, D (1993). Ecosystèmes. Structure. Fonctionnement. Évolution. MASSON (Eds.). PARIS 447 pp.
- GARCÍA DE JALÓN, D. (1979). Bases Biológicas para la Ordenación y Manejo de los Ríos. Aplicación al Río Lozoya.
- GARCIA DE JALÓN, D. Y GONZALEZ DEL TANAGO, M. (1982). Introducción a una Zoosociología del Macrobentos en los Ríos de la Sierra de Guadarrama. BOLETIN DE LA ESTACION CENTRAL DE ECOLOGIA. PP:63-71
- GARCÍA GUINEA J. Y MARTÍNEZ FRÍAS, J. (1992). Recursos Minerales de España CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS. MADRID.
- GARCÍA SANCHEZ, A.; ANTONA, J.F. Y GRACIA, A. (1991). Contaminación de Suelos con Arsénico y Actividad Minera INDUSTRIA MINERA, 312: 57-61
- GLEASON, H.A. (1922). On the Relation between Species and Area. ECOLOGY, 3:158
- GODED, JUAN CARLOS (1994). Solución para una Amplia Gama de Controles de Vertido en Industrias e Instalaciones INNOVACION QUIMICA, 1 (5): 59-65
- GOLDBERG, E.D. (1971). River-ocean interactions. IN: COSTLOW, J.D. (Eds.) FERTILITY OF THE SEA. VOL I. NEW YORK. pp:143-156

GONÇALVES PEREIRA, E.; MOURA, F; MOURA, I; RIBEIRO DA COSTA, J. & MAHONY, J.D.(1993).Mina de S. Domingos: Contaminação por Metais Pesados na Albufeira do Chança pela Descarga de uma Antiga Mina de Pirites de Ferro Cupríferas GAIA, 7: 18-27

GONÇALVES PEREIRA, E.; MOURA, I.; RIBEIRO DA COSTA, J. & MAHONY, J.D.(1993).Mina de S. Domingos: Contaminação por Metais Pesados na Albufeira do Chança pela Descarga de uma Antiga Mina de Pirites de Ferro Cupríferas GAIA, 7: 18-27

GONZÁLEZ, G.; MILLET, X.; PRAT, N & PUIG, A. (1985).Patterns of Macroinvertebrate distribution in the Llobregat River Basin (NE Spain). VERH. INTERNAT. VEREIN.LIMNOL, 22:2081-2086

GOODMAN, D. (1975).The Theory of Diversity-Stability Relationships in Ecology. Q. REV. BIOL. 50: 237-266

GREEN, R.H. & VASCOTTO, G.L. (1978).A Method for the Analysis of Environmental Factors controlling Patterns of Species Composition in Aquatic Communities. WATER RES.,12:583-90

HACH. (1989).Water Analysis Handbook. LOVELAND COLORADO. 691 pp.

HANNAFORD, M.J. & RESH, V.H. (1995).Variability in macroinvertebrate rapid-bioassessment survey and habitat assessment in a northern California Stream. J.N.ASO. BENTHOL. SOC. 14 (3): 430-439

HARRIS, S. C.; MARTIN T.H. & CUMMINS K.W. (1995).A Model for Aquatic Invertebrate Response to Kissimmee River Restoration. RESTORATION ECOLOGY, VOL 3 No.3: 181-194

HARRISON, F. L., LAM, J. R. & NOVACEK, J. (1988).Partotioning of Metals Among Metal Binding Proteins in the Bay Mussel, Mytilus Edulis. ENVIRONMENTAL RESEARCH, 24: 167-170

HAWKINS, C.P. & SEDELL, J.R.(1981).Longitudinal and Seasonal Changes in Functional Organization of Macroinvertebrate Communities in Four Oregon Streams ECOLOGY, 62: 387-97

HELGEN, S.O. & MOORE, J.N. (1996).Natural Background Determination and Impact Quantification in Trace Metal-Contaminated River Sediments. ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY. 129-35

HERRERO, J.M. Y VELASCO, F.(1985).Rasgos Geológicos y Metalogénicos del Extremo Oeste de la Cadena Pirenaica EN YACIMIENTOS DE Zn,Fe Y Mg ASOCIADOS..DEP.DE CRISTALOGRAFIA Y MINERALOGIA. UNIV. P. VASCO. pp:13-33

HILL, M.O.(1973).Diversity and Evenness: a unifying notion and its Consequences. ECOLOGY,54: 427-432

HILSENHOFF, W.L. (1977).Use of Arthropods to Evaluate Water Quality of Streams. TECHNICAL BULLETIN No.100.U.S. DEPARTMENT OF NATURE RESEARCH. 16 pp.

HUDSON-EDWARDS, K.A.; MACKLIN, M.G.; CURTIS, CH.D. & VAUGHAN, D.J.(1996).Processes of Formation and Distribution of Pb-, Zn-, Cd-, and Cu- Bearing Minerals in the Tyne Basin, Northeast England: Implications for Metal-Contaminated River System ENVIRON.SCI.TECHNOL. VOL.30 No.1: 72-80

- HUECK-VAN DER PLAS, E.H. & HUECK, H.J. (1979). The Prospective Assessment of Environmental Effects of Chemicals DRUG DESIGN. VOL. VIII: 311-353
- HUGHES, B. D. (1978). The Influence of Factors other than Pollution on the Value of Shannon's Diversity Index for Benthic Macroinvertebrates in Streams. WATER RES. 12:359-364
- HUMMON, W.D.; EVANS, W.A.; HUMMON, M.R.; DOHERTY, F.G.; WAINBERG, R.H. & STANLEY, W.S. (1978). Meiofaunal Abundance in Sandbars of Acid Mine Polluted Reclaimed, and Unpolluted Streams in Southeastern Ohio. IN: THORP, J.H. & GIBBONS, J.W. (Eds.) ENERGY AND ENVIRONMENTAL STRESS IN AQUATIC SYSTEMS, U.S. DEP. ENERGY, CONF-771114 SPRINGFIELD, pp: 188-203
- HUNGSPREUS, M.; UTOOMPONKORN, W.; DHARMUANIJ, S. & SAMOPONGCHAIYAKUL (1989). The Present Status of the Aquatic Environment of Thailand. MARINE POLLUTION BULLETIN, 20: 327-32
- HURLBERT, S.H. (1984). Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments ECOLOGICAL MONOGRAPHS, 54(2): 187-211
- HYNES, H.B. (1970). The Ecology of Stream Insects. ANN.REV. ENTOMOL., 15: 25-42
- HYNES, H.B.N. (1961). The Invertebrate Fauna of a Welsh Mountain Stream. ARCH. HYDROBIOL., 57: 344-88
- I.W.D. INLAND WATERS DIRECTORATE (1981). Analytical Methods Manual (1979) and Analytical Methods Manual update (1981). ENVIRONMENT CANADA. WATER QUALITY BRANCH. ONTARIO
- INFORME EXMINESA. Focotopia del Capitulo de Hidrologia , Caudales, Parámetros Medidos SERELAND. S.A.: 30-40
- IRABIEN, J.J. Y VELASCO, F. (1991). Contenido en Metales Pesados de los Sedimentos Actuales Río Nervión. BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MINERIA. 145-150
- JACCARD, P. (1908). Nouvelles Recherches sur la Distribution Florale. BULL. SOC. VAUD. SCI. NAT. XLIV, 163: 223-69
- JONES, K. C. (1986). The distribution and Partitioning of Silver and Other Heavy Metals in Sediments Associated with and Acid Mine Drainage Stream. ENVIRONMENTAL POLLUTION, 12: 249-263
- KARR, J.R. (1991). Biological Integrity: a long neglected aspect of Water Resource Management. ECOLOGICAL APPLICATIONS, 1: 66-85
- KELLY, M. (1988). Acid Mine Drainage in the Aquatic Environment. IN MINING AND THE FRESHWATER ENVIRONMENT. KELLY MARTIN, -Ed. ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS NEW YORK. pp: 33-42
- KEMPTON, R.A. & TAYLOR, L.R. (1978). The Q-statistic and the diversity of floras. NATURE, 275:252-3

KOBAYASHI, J.(1971).Relation between the "Itai-Itai" Disease and the Pollution of River Water by Cadmium from a Mine. Adv. Water Pollut. Res., Proc,5th Int. pp:1-7

KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1908).Ökologie der tierische Saprobien VER.DT.BOT.GES. 26:505-19

KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1909).Ökologie der tierische Saprobien. Beitrage zur Lehre von der Biologische Gewässerberteitung. INT. REVUE HYDROBIOL.HYDROGR. 2:126-52

KRIEGER, K.A. (1984).Benthic Macroinvertebrates as Indicators of Environmental Degradation in the Southern Nearshore Zone of the Central Basin of Lake Erie. J. GREAT LAKES RES. 10(2): 197-209

KULEZNSKI, S. (1927).Zespoly róslin w. Pieninach (Die Pflanzenassoziation der Pieninen) INT. ACAD. POLON.SCI. LETT.BULL.CLASSE SCI. MATH.NAT.SER B. SCI. NAT. SUPPL.2: 57-203

LADERO,T.E.; DIAZ, RIVAS MARTÍNEZ Y VALLE, C. (1987).Las Unidades Ecológicas y Corológicas Consideradas en la Península EN .: 37-56

LAFUENTE, M.P.; ALONSO,E.;QUIJANO, M.A. Y BUSTOS,A.(1990).Aplicación de Técnicas Espectrofotométricas al Análisis de Agua y Sedimento en el Estudio de la Calidad del Agua del Río Henares BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO, VOL 101-5: 775-9

LAMBERTI, G. A. & MARTIN B.B.(1995).Invertebrates and Other Benthic Features as Indicators of Environmental Change in Juday Creek, Indiana. NATURAL AREAS JOURNAL, 15 (3): 249-258

LaPOINT, T.W. ; MELANCON, S.M. & MORRIS, M.K.(1984).Relationships among Observed Metal Concentrations, Criteria, and Benthic Community Structural Responses in 15 Streams. JOURNAL WPCF, VOL 56, No.9: 1030-1038

LENAT, D.R. & BARBOUR M.T. (1994).Using Benthic Macroinvertebrate Community Structure for Rapid, Cost-Effective, Water Quality Monitoring: Rapid Bioassessment. IN: LOEB, S.L. & SPACIE, A. (Eds.). MONITORING AQUATIC SYSTEMS. pp.:187-215

LETTERMAN, R.D. & MITSCH, W.J.(1978).Impact of Mine Drainage in a Mountain Stream in Pennsylvania. ENVIRONMENTAL POLLUTION, 17: 53-74

LEVINSON, A.A. (1980).Introduction to Exploration Geochemistry. THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRINTING DEPARTMENT. CHICAGO. ILLINOIS. 924 pp.

LLAMAS BORRAJO,J.F.; DEL BARRIO MARTÍN, S. Y DE MIGUEL GARCÍA, E.(1990).Toma de Muestras en el Estudio Geoquímico de un Area Urbana . Aplicación al Caso de Metales Pesados Aerotransportados BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO. VOL. 101-6:919-31

LLAMAS-BORRAJO, J.F.; CHACÓN OREJA, E. Y DE MIGUEL GARCÍA, E. (1991).Cartografía de Metales Pesados en Suelos. Estudio Previo: Diseño del Muestreo y Primeras Conclusiones. IV CONGRESO DE GEOQUÍMICA DE ESPAÑA. TOMO I: pp: 749-759

LOPEZ UNZU, F. (1986).Hidrología Torrencial del País Vasco. EUSKO JAULARITZAREN ARGITALPEN-ZERBITZU NAGUSIA. VITORIA. 244 pp.

MACAN, T.T. (1978).Freshwater Ecology.2nd Edition. LONGMAN GROUP LIMITED. LONDON. 343 pp.

MACÍAS,F.; BARRAL, M.T.; MONTERROSO, C. Y CALVO, R.M.(1992).Metales Pesados en las Escombreras de la Mina Puentes (La Coruña): Influencia de la Condiciones Eh-pH SUELO Y PLANTA , 2 (1): 139-150

MAGURRAN A.E. (1988).Ecological Diversity and Its Measurement. CHAPMAN AND HALL LONDON. 179 pp.

MALOUF, E.E. & PRATER, J.D.(1961).Role of Bacteria in the Alteration of Sulphide Minerals. J.MET (N.Y.), 13: 353-356

MANERA BASSA, A.(1987).El Yacimiento Píritco-Polimetalico, Mina Troya. BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO. T. XCVIII-II. 177-789

MARGALEF, R. (1951).Diversidad de Especies en las Comunidades Naturales. P.INST. BIOL. APPL., 9:15-27

MARGALEF, R. (1956).Información y Diversidad Especifica en las Comunidades de Organismos. INVESTIGACIÓN PESQ. 3:99-106

MARGALEF, R. (1958).Information Theory in Ecology. GEN.SYSTE.3:36-71

MARGALEF, R. (1968).Perspectives in Ecological Theory. THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS. CHICAGO. 111 pp.

MARGALEF, R. (1969).Diversity and Stability in Ecological Systems. BROOKHAVEN SYMP.BIOL. 22:25-37

MARGALEF, R. (1972).Homage to Evelyn Hutchinson, or why there is an upper Limit to Diversity. CONN. ACAD. ARTS SCI. TRANS. 44:214-35

MARGALEF, R. (1983).Limnologia. OMEGA BARCELONA. 1010 pp.

MARSHALL, J.S. & MELLINGER O.L. (1980).Dynamics of Cadmium Stressed Plankton Communities. CAN.J.FISH.AQUAT.SCI.,37:403-414

MARTIN, T. R. & HOLDICH, D. M. (1986).The Acute Lethal Toxicity of Some Heavy Metals to Peracarid Crustaceans (with Particular Reference to Freshwater Asellids and Gammarids). WATER RESEARCH, 20:1137-47

MARTÍNEZ-CONDE, E. Y ROVIRA, J.V. (1993).Estudio Preliminar para detectar la Contaminación Producida por la Mina "La Troya" (en posesión del Gobierno Vasco).

- MAY, R.M. (1975). Patterns of Species Abundance and Diversity. IN: CODY M.L. & DIAMOND J.M.(Eds.) ECOLOGY AND EVOLUTION OF COMMUNITIES. HARVARD UNIVERSITY.CAMBRIDGE. pp: 81-120
- McINTOSH R.P. (1967). An Index of Diversity and the Relation of Certain Concepts to Diversity. ECOLOGY, 48:392-404
- MENHINICK, E.P. (1964). A comparison of some Species-Individuals Diversity Indices Applied to Samples of Field Insects. ECOLOGY, 45: 859-861
- METCALFE-SMITH, J.L. (1994). Biological Water-Quality Assessment of Rivers: Use of Macroinvertebrate Communities. IN: THE RIVERS HANDBOOK . VOL II: 144-171 CALOW, P. & PETTS G.E. (Eds) BLACKWELL SCIENTIFIC PUBLICATIONS. LONDON pp: 144-171.
- MILLET, X. Y PRAT, N. (1984). Las Comunidades de Macroinvertebrados a lo largo del Río Llobregat. LIMNÉTICA, 1: 222-33
- MINSHALL, G.; PETERSEN, R.; CUMMINS, K.; BOTT, T.; SEDELL, J.; CUSHING, C. & VANNOTE, R. (1983). Interbiome Comparison of Stream Ecosystem Dynamics. ECOLOGICAL MONOGRAPHS, 53 (1): 1-25
- MOFFETT, J. W. & ZIKA, R. G. (1987). Reaction Kinetics of Hydrogen Peroxide with Copper and Iron in Seawater. ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 21: 804-810
- MOHAPATRA, S. P. (1988). Distribution of Heavy Metals in Polluted Creek Sediments. ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT, 10: 157-63
- MOORE, J. W. (1991). Inorganic Contaminants of Surface Water. RESEARCH & MONITORING PRIORITIES. SPRINGER-VERLAG. NEW YORK. 334 pp.
- MOORE, J.W. (1979). Diversity as an Indicator Species as Measures of Water Pollution in a Subarctic Lake. HYDROBIOLOGIA, 66, 73-80
- MORIN, A. (1985). Variability of Density Estimates and the Optimization of Sampling Programs for Stream Benthos CAN. J. FISH. AQUAT. SCI. VOL. 42: 1530-34
- MORO PUEBLA, P. Y FERNANDEZ LEBORANS, G. (1990). Metales Pesados por Espectroscopía ICP en Aguas Residuales Urbanas INGENIERÍA QUÍMICA, 22 (255): 147-152
- MUDROCH, A.; ARAZIN, L. & LOMAS, T. (1988). Summary of Surface and Background Concentrations of Selected Elements in the Great Lakes Sediments. JOURNAL OF GREAT LAKES RESEARCH, 14: 241-251
- NAVARRO, A. Y FONT, X. (1993). Contaminación de los Acuíferos a partir de Vertederos Enterrados: Procesos Hidrogeoquímicos e Hidrodinámicos TECNOLOGÍA DEL AGUA, N. 106: 49-61
- NOIKE, T.; NAKAMURA, K. & MATSUMOTO, J. (1983). Oxidation of Ferrous Iron by Acidophilic Iron-Oxidizing Bacteria from a Stream Receiving Acid Mine Waste. WATER RESEARCH, 17: 21-27

- NRIAGU, J. O. & RAO, S.S.(1987).Response of Lake Sediments to Changes in Trace Metal Emission from the Smelters at Sudbury, Ontario. ENVIRONMENTAL POLLUTION, 44: 211-218
- NRIAGU, J.O.; LAWSON, G.; WONG, H.K.T. & CHEAM, V. (1996).Dissolved Trace Metals in Lakes Superior, Erie, And Ontario. ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY. 178-87
- ODUM, E.P. (1971).Fundamentals of Ecology. W.B. SAUNDERS. PHILADELPHIA.
- ORDOÑEZ, S. Y MARTÍNEZ-CONDE,E.(1995).Dictamen sobre el estado actual de la Balsa de Estériles. Mina Troya.(Guipúzcoa)
- ORTIZ, M.I.; IBAÑEZ, R.; IBARIEN, M.J.; VELASCO,F.;SAIZ SALINAS,J.I.;RUIZ DE LA ROSA,J.M.Y IRABIEN,J.(1992).Evaluación del Impacto de los Metales Pesados en Sedimentos e Indices Biológicos en el Estuario del Urdaibai. REVISTA TÉCNICA DE MEDIO AMBIENTE, XI. 99-105
- OSBORNE, L.L.; DAVIS, R.W. & LINTON, K.J. (1979).Effects of Limestone Strip Mining on Benhitc Macroinvertebrate Communities. WATER RES. , 13:1285-90
- PALANQUET, A. Y DIAZ, J.I.(1990).Contaminación de Metales Pesados en los Sedimentos Superficiales de la Plataforma Continental de Barcelona (Mediterráneo Noroccidental) REV. SOC. GEOL. ESPAÑA, 3 (3-4): 357-371
- PARDO, R.L; BARRADO, E.; PÉREZ, L. & VEGA, M. (1990).Determination and Speciation of Heavy Metals in Sediments of The Pisuerga River. WATER RESEARCH, 24, No.3: 373-379
- PASCAL,A.(1982).Variations Biosedimentaires dans les Systemes Urganis Basco-Cantabriques (Espagne). CRETACEOUS RESEARCH: 83-89
- PATRICK, R. (1951).A proposed Biological Measure of Stream Conditions. VERH. INT. VEREIN. THEOR.ANGEW.LIMNOL.11:299-307
- PEREIRA,E.G.; MOURA,I.; COSTA, J.R.; MAHONY, J.D. & THOMANN,R.V.(1995).The S. Domingos Mine: A Study of Heavy Metal Contamination in the Water Column and Sediments of The Chança River Basin by Discharge from an Ancient Cupriferous Pyrite Mine (Portugal) MAR.FRESHWATER RES , 46: 145-51
- PÉREZ PEÑA, J.; HERNÁNDEZ-BRITO, J.J. Y SUÁREZ DE TANGIL, M. (1990).Aspectos Físicoquímicos del Comportamiento de Cu,Zn,Cd,Ni y Pb en la Zona de Mezcla de un Vertido Urbano. STVDIA CHEMICA, VOL.15: 83-90
- PERKINS,J. L.(1983).Bioassay Evaluation of Diversity and Community Comparison Indexes. JOURNAL WPCF, VOL 55, No.5: 522-530
- PETTERSON, C.; HAKANSSON, K.; KARLSSON, S. & ALLARD, B.(1993).Metal Speciation in a Humic Surface Water System Polluted by Acidic Leachates from a Mine Deposit in Sweden. WAT.RES.VOL.27: 863-871
- PIELOU, E.C. (1969).An introduction to Mathematical Ecology. WILEY. NEW YORK.

PIELOU, E.C. (1975). *Ecological Diversity*. WILEY. NEW YORK. 165 pp.

PIELOU, E.C. (1966). Species-Diversity and Pattern Diversity in the Study of Ecological Succession. *J. THEORET. BIOL.*, 10: 370-83

PLATTS, W.S. MEGAHAN, W.F., & MINSHALL, G.W. (1983). *Methods for Evaluating Stream, Riparian and Biotic Conditions*. U.S. DEP. OF AGRICULTURE. GENERAL TECHNICAL REPORT INT-138. 71 pp.

POULTON, C.P.; MONDA, D.P.; WOODWARD, D.F., WILDHABER, M.L. & BRUMBAUGH, W.G. (1995). Relations between Benthic Community Structure and Metal Concentrations in Aquatic Macroinvertebrates: Clark Fork River, Montana. *JOURNAL OF FRESHWATER ECOLOGY*, 10 (3) 277-93

RAABE, E.W. (1952). *Über den Affinitätswert in der Pflanzensoziologie*. *VEGETATIO*, 4:53-68

RAMADE, F. (1992). *Monitoring des Changements Produits par les Polluants*. IN *PRÉCIS D'ÉCOTOXICOLOGIE*. MASSON (Eds.) PARIS. pp: 197-215

RAMOS, A.; LEGORBURU, I. Y MILLAN, E. (1990). *Impacto Ambiental por Metales Pesados en Sedimentos Superficiales de los Estuarios Exteriores de Guipúzcoa* LURRALDE, 13: 157-164

RASMUSSEN, K. & LINDEGAARD, C. (1988). *Effects of Iron Compounds on Macroinvertebrate Communities in a Danish Lowland River System*. *WATER RESEARCH*, VOL. 22: 1101-08

RAVINDRACHAN, S. (1987). *Water Quality Studies on Buckingham Canal (Madras, India)- A Discriminant Analysis*. *HYDROBIOLOGIA*, 154: 121-126

RAY, S. & MC LEESE, D. W. (1987). *Biological Cycling of Cadmium in Marine Environment*. (Eds.) J.O. NRIAGU & J.B. SPRAGUE. WILEY. NEW YORK. pp: 199-229

REES, H.L. (1984). *A Note on Mesh Selection and Sampling Efficiency in Benthic Studies* *MARINE POLLUTION BULLETIN*, 5: 225-229

REQUENA, A.A.; CLAUS, F.L. Y FERNANDEZ-CALIANI, J.C. (1991). *Mineralogía y Aspectos Geoquímicos de los Sedimentos Actuales del Río Odiel (Huelva)* CUADERNO LAB. XEOLOXICO DE LAXE. A CORUÑA. pp: 135-144

REYNOLDSON, T.B. & ZARULL, M.A. (1989). *The Biological Assessment of Contaminated Sediments- The Detroit River Example*. *HYDROBIOLOGÍA* 188/189: 463-476

REYNOLDSON, T.B. (1987). *Interaction Between Sediment Contaminants and Benthic Organisms* *HYDROBIOLOGIA*, 149: 53-66

RICHARDSON, L.L. & NEALSON, K. H. (1989). *Distributions of manganese Iron and Manganese-Oxidizing Bacteria in Lake Superior Sediments of Different Organic Carbon Content*. *JOURNAL OF GREAT LAKES RESEARCH*, 15: 123-32

- RICHARDSON, R.E. (1928).The Bottom Fauna of the Middle Illinois River, 1913-1925. Its Distribution, Abundance, Valuation, and Index Value in the Studi of Stream Pollution. BULL.ILL.ST.NAT.HIST.SURV.17:387-475
- ROSSI, L.& FARO, A. E. (1970).Role of Fungi in the Trophic Niche of The Congeneric Detritirorous Asellus Aquaticus and A. Coxalis (Isopoda). OIKOS, 31: 380-385
- ROVIRA, J.V. (1993).Contaminación por Metales Pesados en los Sedimentos del Río Jarama y su Bioasimilación por Tubificidos (Annelida:Oligochaeta, Tubificidae). UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Tesis Doctoral. MADRID, 358 pp.
- RUBIÑO RODRIGUEZ, J. (1985).Mecanismos de ajuste del ecosistema río (corrientes de orden 2 y 3). UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES. Tesis Doctoral. 351 pp.
- RUBIO,R.; LOPEZ-SANCHEZ, J.F. Y RAURET, G.(1991).La Especiación Sólida de Trazas de Metales en Sedimentos . Aplicación a Sedimentos muy Contaminados ANALES DE QUÍMICA, 87: 599-605
- RUIZ,E. Y ROMERO, F.(1991).Composición y Características de Sedimentos de Ríos del País Vasco: El Río Lea como Nivel de Fonfo de Contaminantes TECNOLOGIA DEL AGUA, 81: 56-64
- SABATER,F.;GUASCH,H.;MARTÍ, E; ARMENGOL, J. & SABATER, S.(1995).The Ter: A Mediterranean River Case-Study in Spain IN RIVER AND STREAM ECOSYSTEMS.ELSEVIER AMSTERDAM. pp: 419-38
- SAHW,D.W. & MINSHALL, G.W.(1980).Colonization of an Introduced Substrate by Stream Macroinvertebrates. OIKOS, 34: 259-271
- SAIKIA, D. K.; MATHUR, R. P. & SRIVASTAVA, S. K. (1987).Adsorption of Copper, Zinc and Lead by Bed Sediments of River Ganges in India. ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY LETTERS, 8: 149-152
- SAMANIDOU, V. & FYTIANOS, K. (1987).Partitioning of Heavy Metals into Selective Chemical Fractions in Sediments from Rivers in Northern Greece. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMEN, 67: 279-85
- SATHYANATHAN,B.; NAIR, S.M.; CHACKO, J. & NAMOISAN, P.N.K. (1988).Sublethal Effects of Copper and Mercury of some Biochemical Constituents of the Estuarine clam Villorita cyprinoides var cochinchensis (Hanley). BULLETIN OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY, 40:510-16
- SCOULLOS, M. J. & HATZIANESTIS, J. (1989).Dissolved and Particulate Trace Metals in a Wetland of International Importance: Lake Mikr, Prespa, Greece. WATER, AIR AND SOIL POLLUTION, 44: 307-320
- SEDELL, J.R.; RICHEY, J.E. & SWANSON, F.J.(1989).The River Continuum Concept: A Basis for the Expected Ecosystem Behavior of Very Large Rivers?. CAN.SPEC. PUBL.FISH. AQUAT. SCI. , 106:49-55
- SERRANO AGUILAR, J.(1994).Contaminación por Aguas Acidas Procedentes de Minas.Proyecto De Regeneración de los Ríos Tinto Y Odiel. REVISTA TÉCNICA DE MEDIO AMBIENTE. MARZO. pp: 9-15
- SERVIA GARCÍA, M.J.(1996).Contribución al estudio de las deformidades larvarias en Quironómidos (Diptera, Chironomidae) y su relación con el estrés ambiental en aguas dulces de Galicia (N.O. de España) Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. 147 pp.

- SHANNON, E.C. & WEAVER, W. (1949).The Matematical Theory of Communication. UNIVERSITY OF ILLINOIS PRESS. URBANA. USA. pp: 82-83, 104-107
- SHEEHAN,P.J. & WINNER, R.W. (1984).Comparison Gradient of Studies in Heavy-Metal Polluted Streams. IN: EFFECTS OF POLLUTANTS AT THE ECOSYSTEM LEVELSHEEHAN, P.J.; MILLER, D.R.; BUTLER, G.C. & BOURDEAU, P. (Eds.) CHICHESTER.pp: 255-271
- SIMES, G.F. & HARRINGTON, J.S.(1993).The Measurement of Contamination in Environmental Samples. AIR & WASTE VOL 42: 1155-60
- SIMPSON, E.H. (1949).Measurement of Diversity. NATURE, 163 (4148) 688
- SINGER, P.C. & STUMM, W.(1970).Acidic Mine Drainage: The Rate-Determining Step. SCIENCE , 167: 1121-3
- SLOBODCHIKOFF, C.N. & PARROT, J.E. (1977).Seasonal Diversity in Aquatic Insect Communities in an all-yea Stream System. HYDROBIOLOGIA, 52:143-151
- SMITH, J. R. (1985).Copper Exposure and Ciliary Funtion in Gill Tissue of Mytilus Californianus. BULLETIN OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY, 35: 556-63
- SOKAL, R.R. Y RHOLF, F.J. (1969).Biometría. Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica. BLUME (ed.) 832 pp.
- SOLA, M.J.; CANTON, L. Y MILLAN, E.(1990).Contaminación por Metales Pesados en Sedimentos Superficiales de los Ríos de Guipúzcoa. LURRALDE, 13: 165-172
- SOLA, M.J.; CANTON, L.; MILLAN, E.(1990).Contaminación por Metales Pesados en Sedimentos Superficiales de los Ríos de Guipúzcoa. LURRALDE, 13: 165-172
- SOLDEVILLA, M., MARAÑÓN, T. & CABRERA, F.(1992).Heavy Metal Content in Soil and Plants from a Pyrite Minning Area in Southwest Spain. COMMUN. SOIL SCI.PLANT ANAL. 23(1): 1301-19
- SORENSEN, T. (1948).A Method of Establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of Species Content and its Application to Analysis of the Vegetation on Danish Commons. BIOL. SKR. 5: 1-34
- SORIANO, O. (1995).Los Quironómidos (Diptera, Chironomidae) de Madrid. Efecto de la Regulación Ejercida por el Embalse del Vado (Guadalajara, España) Sobre una Comunidad de Quironómidos. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Tesis Doctoral. MADRID, 434 pp.
- SOUTHWOOD, T.R.E. (1978).Ecological Methods with Particular Reference to the Study of Insect Populations. CHAPMAN AND HALL. LONDON. 455 pp.
- STEDNICK, J.D. (1991).Wildland Water Quality Sampling and Analysis. ACADEMIC PRESS INC. SAN DIEGO. 217 pp.

- STULL, J. K. & BAIRD, R. B. (1985). Trace Metals in Marine Surface Sediments of the Palos Verdes Shelf, 1974-1980. JOURNAL OF THE WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, 57: 833-40
- STUMM, W. & MORGAN, J.J. (1981). Aquatic Chemistry. An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters. HOHN WILEY AND SONS. (Eds.). NEW YORK. 748 pp.
- SUTTON, J.A. & CORRICK, J.D. (1964). Leaching of Copper Sulfide Minerals with Selected Autotrophic Bacteria. U.S. BUREAU OF MINES. WASHINGTON, D.C.
- SZEFER, P. (1986). Some Metals in Benthic Invertebrates in Gdansk Bay. MARINE POLLUTION BULLETIN, 17: 503-7
- TARUTIS, W.J. & UNZ, R.F. (1994). Soil Color Variations Along an Iron Oxide Gradient in a Mine Drainage Treatment Wetland. WETLANDS, VOL. 14: 243-246
- TESSIER, A.; CAMPBELL, P. G. C.; ANCLAIR, I. C. & BISSON, M. (1984). Relationships Between the Partitioning of Trace Metals in Sediments and their Accumulation in the Tissues of the Freshwater Mollusc *Elliptio Complanata* in a Mining Area. CANADIAN JOURNAL OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES, 41: 1463-72
- THOMAS, R.; EVANS, R.; HAMILTON, A.; MUNAWAR, M.; REYNOLDS, T. & SADAR, H. (1987). Interactions between sediment contaminants and Benthic Organisms. HYDROBIOLOGIA, 149:53-66
- TORTAJADA, R.; ELORRIETA, J.I.; RUBIÑO, J.L. Y SANTESMASES, J.M. (1983). Formulación de un nuevo Coeficiente Recíproco de Similitud basado en la Teoría de la Información. EN: II CONGRESO ESPAÑOL DE LIMNOLOGÍA. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LIMNOLOGÍA UNIVERSIDAD DE MURCIA.
- TUFFERY, G. ET VERNEUAX, J. (1967). Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Exploitation codifiée des inventaires de la faune de fond. TR. SECT. TECH. P. ET P. CERAFER. PARIS.
- USEPA (US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) (1985). Ambient Water Quality Criteria for Lead-1984. EPA 440/5-84-027 WASHINGTON, D.C. 81 pp
- USEPA, ENVIRONMENTAL MONITORING AND SUPPORT LABORATORY. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (1983). Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes CINCINNATI. 430 pp.
- V.-BALOGH, FERNANDEZ, D.S. & SALANKI, J. (1988). Heavy Metal Concentrations of *Lyminaea Stagualis* L. in the Environs of Lake Balaton (Hungary). WATER RESEARCH, 22: 1205-10
- VAN HATTUM, B.; STRAALLEN, N.M. & GOVERS, H.A.J. (1996). Trace Metals in Populations of Freshwater Isopods: Influence of Biotic and Abiotic Variables. ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY. 31:303-318
- VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R. & CUSHING, C.D. (1980). The River Continuum Concept. CAN. J. RISH. AQUAT. SCI. 37: 130-137
- VERRIOPOULOS, G. & HARDOUVELIS, D. (1988). Effects of Sublethal Concentration of Zinc on Survival and Fertility in Four Successive Generations of *Tisbe*. MARINE POLLUTION BULLETIN, 19: 162-166

- WALLACE, J.B. & MERRIT, R.W. (1980). Filter-feeding Ecology of Aquatic Insects. ANN.REV. ENTOMOL., 25: 103-32
- WARNICK, S. L. & BELL, H. L. (1969). The Acute Toxicity of Some Heavy Metals to Different Species of Aquatic Insect. JOURNAL OF THE WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, 4: 280-84
- WASHINGTON, H.G. (1984). Diversity, Biotic and Similarity Indices. A review with Special Relevance to Aquatic Ecosystem. WATER RESEARCH VOL. 18 No. 6: 653-694
- WENTSEL, R.; McINTOSH, A. & ATCHISON, G. (1978). Evidence of Resistance to Metals in Larvae of the Gudge Chironomus tentans in a Metal Contaminated Lake. BULL. ENVIRONM. CONTAM. TOXICOL. 20: 451-55
- WESTMAN, W.E. (1978). Measuring the Inertia and Resilience of Ecosystems. BIOSCIENCE, 28: 705-10
- WETZEL, ROBERT, G. (1981). Limnología (Limnology, W.B. Saunders Company, Philadelphia). OMEGA. BARCELONA.
- WEVERS, M.J. & WARREN, Ch.E. (1986). A Perspective on Stream Community Organization, Structure, and Development. ARCH HYDROBIOL, 108 (2): 213-233
- WHITE, J. R. & DRISCOLL, C. T. (1985). Lead Cycling in a Acidic Adirondack Lake. ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 19: 1182-87
- WHITEHEAD, N. E.; HUYNH-NGOE, L. & ASTON, R. (1988). Trace Metals in Two North Mediterranean Rivers. WATER, AIR AND SOIL POLLUTION, 42: 7-18
- WHITTAKER, R.H. (1965). Dominance and Diversity in Land Plant Communities. SCIENCE, 147: 250-60
- WHITTAKER, R.H. (1972). Evolution and measurement of Species Diversity. TAXON, 21: 213-51
- WIENER, N. (1948). Cybernetics, of Control and Communication in the Animal and the Machine. THE M.I.T. PRESS CAMBRIDGE MA. pp: 10-11, 60-65
- WILHM, J. L. (1967). Comparison of some Diversity Indices Applied to Populations of Benthic Macroinvertebrates in a Stream Receiving Organic Wastes. J. WAT. POLLUT. CONTROL FED. 39: 1673-1683
- WILHM, J. (1972). Graphic and Mathematical Analyses of Biotic Communities in Polluted Streams. ANN.REV. ENTOMOL., 17: 223-52
- WILHM, J.L. (1967). Comparison of some Diversity Indices applied to Populations of Benthic Macroinvertebrates in a Stream receiving Organic Wastes. J.WAT. POLLUT.CONTROL. FED. 39, 1673-1683

WINNER, R.W.; BOESEL, M.W. & FARREL, M.P.(1980).Insect Community Structure as an Index of Heavy-Metal Pollution in Lotic Ecosystems. CANADIAN JOURNAL OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES., 37:647-55

WINNER, R.W.; SOCTT VAN DYKE, J.; CARIS, N. & FARRELL, M.P. (1975).Responses of the Macroinvertebrate Fauna to a Copper Gradient in an Experimentally-polluted Stream. VERR. INT. VEREIN. LIMNOL., 19:2121-2127

WOODIWISS, F. S.(1960).Trent Biotic Index Pollution. 2nd. QUINQUENNIAL ABSTRACT OF STATISTICS RELATING TO THE TRENT WATERSHED. TRENT RIVER AUTHORITY.

WOODIWISS, F. S.(1964).The Biological System of Stream Classification used by the Trent River Board. CHEM INDUST. 11:443-447

YOUNG, T. C.; DE PINTO, J. V.& KIPP, T. W.(1987).Adsorption and Desorption of Zn, Cu and Cr by Sediments from the Raisin River (Michigan). JOURNAL OF GREAT LAKES RESEARCH, 13: 353-66

ZYCZYNSKA-BALONIAK, I; SZPAKOWSKA, B.; RYSZKOWSKI, L. & PEMPKOWIAK, J.(1993).Role of Meadow Strips for Migration of Dissolved Organic Compounds and Heavy Metals with Groundwater- HYDROBIOLOGIA, 251: 249-256



## **7. APÉNDICES**

### **7.1 Apéndice I : Relación de datos. Análisis de metales**

- La ausencia de muestras en G-3 y X-2 se debe a la imposibilidad de acceder al interior de las instalaciones de la mina durante la campaña de muestreo, o a las intervenciones realizadas (dragados).
- La ausencia de datos en algunos metales de 1993 se debe a que las concentraciones se encontraban por debajo del límite de detección. (ver Material y Métodos).
- La muestra de sedimentos del punto E-2 de Noviembre-1994, resultó extraviada.

mg/l Zn Filtrable

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)				E-2 (antes de la confluencia con G-4)				E-3 (tras confluencia con G-4)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,07	< 10 %	2	0,05	0,02	0,01	< 10 %	2	0,02	0,01	0,05	< 10 %	2	0,06	0,01
	2	0,04	< 10 %				0,02	< 10 %				0,06	< 10 %			
Ago-93	1	0,04	< 10 %	1	0,04	-	0,03	< 10 %	1	0,03	-	0,06	< 10 %	2	0,09	0,01
	2	< L.D.	< 10 %				< L.D.	< 10 %				0,10	< 10 %			
Abr-94	1	0,04	< 10 %	2	0,04	0,00	0,06	< 10 %	2	0,04	0,02	0,89	< 10 %	2	0,83	0,08
	2	0,04	< 10 %				0,02	< 10 %				0,77	< 10 %			
Jun-94	1	0,03	< 10 %	2	0,03	0,00	0,03	< 10 %	2	0,03	0,00	0,08	< 10 %	2	0,08	0,01
	2	0,03	< 10 %				0,03	< 10 %				0,07	< 10 %			
Nov-94	1	0,03	< 10 %	2	0,03	0,00	0,08	< 10 %	2	0,11	0,04	0,39	< 10 %	2	0,37	0,04
	2	0,03	< 10 %				0,14	< 10 %				0,34	< 10 %			
Mar-95	1	0,01	< 10 %	2	0,02	0,01	0,03	< 10 %	2	0,03	0,00	0,63	< 10 %	2	0,63	0,00
	2	0,03	< 10 %				0,03	< 10 %				0,63	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )				G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)				X-2 ( balsa de estériles)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	14,93	< 10 %	1	14,9	-	0,31	< 10 %	2	0,4	0,14	1,1	< 10 %	2	2,5	1,87
	2	-	-				0,50	< 10 %				3,8	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	0,04	< 10 %	2	0,03	0,01	-	-	-	-	-
	2	-	-				0,03	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	18,6	< 10 %	2	19,3	1,04	18,45	< 10 %	2	16,1	0,51	14,1	< 10 %	2	14,1	0,07
	2	20,0	< 10 %				15,73	< 10 %				14,0	< 10 %			
Jun-94	1	0,49	< 10 %	2	0,6	0,10	0,26	< 10 %	2	0,2	0,02	11,6	< 10 %	2	11,8	0,21
	2	0,62	< 10 %				0,24	< 10 %				11,9	< 10 %			
Nov-94	1	8,0	< 10 %	2	6,4	2,19	3,62	< 10 %	2	3,4	0,33	11,6	< 10 %	2	12,6	1,34
	2	4,9	< 10 %				3,18	< 10 %				13,5	< 10 %			
Mar-95	1	8,2	< 10 %	2	8,1	0,20	5,08	< 10 %	2	4,6	0,74	14,5	< 10 %	5	14,7	0,97
	2	7,9	< 10 %				4,03	< 10 %				14,3	< 10 %			
	3											14,1	< 10 %			
	4											14,0	< 10 %			
	5											16,4	< 10 %			

ug/l Pb Filtrable

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,22	< 10 %	2	0,22	0,01	2,45	< 10 %	2	3	0,08	5,2	< 10 %	2	5,3	0,1
	2	0,21	< 10 %				2,58	< 10 %				5,4	< 10 %			
Ago-93	1	2,30	< 10 %	2	1,8	0,69	14,8	< 10 %	2	11	5,80	25,4		2	21	6,4
	2	1,32	< 10 %				6,60	< 10 %				16,4				
Abr-94	1	8,00	< 10 %	2	7,0	1,41	25,0	< 10 %	2	29	4,95	38,0	< 10 %	2	43	6,4
	2	6,00	< 10 %				32,0	< 10 %				47,0	< 10 %			
Jun-94	1	4,00	< 10 %	2	4,5	0,71	14,0	< 10 %	2	16	2,12	26,0	< 10 %	2	27	1,4
	2	5,00	< 10 %				17,0	< 10 %				26,0	< 10 %			
Nov-94	1	4,81	< 10 %	2	6,1	1,83	7,7	< 10 %	2	8	0,92	11,0		2	7,5	5,0
	2	7,40	< 10 %				9,0	< 10 %				3,9				
Mar-95	1	6,48	< 10 %	2	5,2	1,75	15,0	< 10 %	2	13	2,83	64,0	< 10 %	2	64	0,7
	2	4,00	< 10 %				11,0	< 10 %				63,0	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de estériles)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	63	< 10 %	2	65	2,83	14	< 10 %	2	15	0,35	31	< 10 %	2	31	0,1
	2	67	< 10 %				15	< 10 %				31	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	21	< 10 %	2	24	4,34	-	-	-	-	-
	2	-	-				27	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	23	< 10 %	2	30	9,19	41	< 10 %	2	44	3,54	19	< 10 %	2	19	0,0
	2	36	< 10 %				46	< 10 %				19	< 10 %			
Jun-94	1	21	< 10 %	2	28	9,90	56	< 10 %	2	54	3,54	20	< 10 %	2	20	0,0
	2	35	< 10 %				51	< 10 %				20	< 10 %			
Nov-94	1	47	< 10 %	2	42	6,65	38	< 10 %	2	30	11,31	< L.D.	< 10 %	-	-	-
	2	38	< 10 %				22	< 10 %				< L.D.	< 10 %			
Mar-95	1	114	< 10 %	2	115	1,41	137	< 10 %	2	120	24,75	57	< 10 %	2	65	10,61
	2	116	< 10 %				102	< 10 %				72,0	< 10 %			

mg/l Fe Filtrable

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,09	< 10 %	2	0,06	0,04	0,09	< 10 %	2	0,09	0,00	0,40	< 10 %	2	0,34	0,09
	2	0,03	< 10 %				0,09	< 10 %				0,27	< 10 %			
Ago-93	1	0,03	< 10 %	2	0,03	0,01	0,12	< 10 %	2	0,10	0,03	0,22	< 10 %	2	0,24	0,03
	2	0,02	< 10 %				0,08	< 10 %				0,28	< 10 %			
Abr-94	1	0,08	< 10 %	2	0,06	0,01	0,02	< 10 %	2	0,02	0,00	0,02	< 10 %	2	0,02	0,00
	2	0,05	< 10 %				0,03	< 10 %				0,02	< 10 %			
Jun-94	1	0,05	< 10 %	2	0,04	0,02	0,09	< 10 %	2	0,07	0,02	0,11	< 10 %	2	0,08	0,03
	2	0,03	< 10 %				0,06	< 10 %				0,06	< 10 %			
Nov-94	1	0,06	< 10 %	2	0,07	0,01	0,05	< 10 %	2	0,05	0,01	0,08	< 10 %	2	0,06	0,03
	2	0,08	< 10 %				0,04	< 10 %				0,04	< 10 %			
Mar-95	1	0,04	< 10 %	2	0,11	0,09	0,01	< 10 %	2	0,02	0,00	0,08	< 10 %	2	0,08	0,01
	2	0,18	< 10 %				0,02	< 10 %				0,09	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de estériles)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,11	< 10 %	2	0,13	0,02	0,07	< 10 %	2	0,13	0,08	0,10	< 10 %	2	0,19	0,13
	2	0,14	< 10 %				0,18	< 10 %				0,28	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	0,04	< 10 %	2	0,04	0,04	-	-	-	-	-
	2	-	-				0,04	-				-	-			
Abr-94	1	0,02	< 10 %	2	0,02	0,01	0,06	< 10 %	2	0,05	0,01	0,52	< 10 %	2	0,46	0,08
	2	0,02	< 10 %				0,05	< 10 %				0,41	< 10 %			
Jun-94	1	0,09	< 10 %	2	0,09	0,01	0,12	< 10 %	2	0,12	0,00	0,10	< 10 %	2	0,10	0,00
	2	0,09	< 10 %				0,12	< 10 %				0,10	< 10 %			
Nov-94	1	0,04	< 10 %	2	0,05	0,01	0,06	< 10 %	2	0,07	0,00	0,09	< 10 %	2	0,09	0,00
	2	0,05	< 10 %				0,07	< 10 %				0,09	< 10 %			
Mar-95	1	0,11	< 10 %	2	0,11	0,00	0,17	< 10 %	2	0,14	0,04	0,06	< 10 %	2	0,06	0,01
	2	0,11	< 10 %				0,11	< 10 %				0,05	< 10 %			

ug/l Mn Filtrable

Puntos de muestreo																
		E-1 (punto control)				E-2 (antes de la confluencia con G-4)				E-3 (tras confluencia con G-4)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	21	< 10 %	2	18	3,9	28	< 10 %	2	25	0,9	28	< 10 %	2	28	0,6
	2	15	< 10 %				25	< 10 %				28	< 10 %			
Ago-93	1	25	< 10 %	2	26	1,9	28	< 10 %	2	27	1,2	34	< 10 %	2	35	1,7
	2	28	< 10 %				28	< 10 %				37	< 10 %			
Abr-94	1	20	< 10 %	2	20	0,9	8	< 10 %	2	8	0,4	24	< 10 %	2	21	4,2
	2	19	< 10 %				7	< 10 %				18	< 10 %			
Jun-94	1	17	< 10 %	2	16	0,5	14	< 10 %	2	15	0,9	74	< 10 %	2	70	5,9
	2	16	< 10 %				15	< 10 %				66	< 10 %			
Nov-94	1	3,7	< 10 %	2	3,8	0,1	5,8	< 10 %	2	7,3	2,1	6,4	< 10 %	2	5,2	1,7
	2	3,8	< 10 %				8,8	< 10 %				4,0	< 10 %			
Mar-95	1	17	< 10 %	1	17	-	17	< 10 %	2	18	1,0	55	< 10 %	2	48	10,0
	2	-	-				19	< 10 %				41	< 10 %			

Puntos de muestreo																
		G-3 ( canal artificial )				G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)				X-2 ( balsa de estériles)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	< L.D.	< 10 %	-	-	-	18	< 10 %	2	20	5,4	30	< 10 %	2	56	36,8
	2	< L.D.	< 10 %				24	< 10 %				82	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	11	< 10 %	2	10	0,8	-	-	-	-	-
	2	-	-				9	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	393	< 10 %	2	369	34,6	560	< 10 %	2	560	0,7	982	< 10 %	2	982	0,0
	2	344	< 10 %				559	< 10 %				982	< 10 %			
Jun-94	1	252	< 10 %	2	232	28,6	129	< 10 %	2	100	40,9	917	< 10 %	2	930	17,7
	2	212	< 10 %				71	< 10 %				942	< 10 %			
Nov-94	1	536	< 10 %	2	532	5,7	190	< 10 %	2	190	0,7	1000	< 10 %	2	1000	0,0
	2	528	< 10 %				191	< 10 %				1000	< 10 %			
Mar-95	1	2190	< 10 %	2	2195	7,8	1389	< 10 %	2	1273	164,0	1578	< 10 %	7	1660	60,6
	2											1579	< 10 %			
	3											1713	< 10 %			
	4											1735	< 10 %			
	5											1673	< 10 %			
	6											1675	< 10 %			
	7											1666	< 10 %			

ug/l Cu Filtrable

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-
	2	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-
Ago-93	1	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-
	2	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-
Abr-94	1	3,879	< 10 %	2	3,12	1,07	1,150	< 10 %	2	1,13	0,04	2,120	< 10 %	2	2,24	0,16
	2	2,380	< 10 %	-	-	-	1,100	< 10 %	-	-	-	2,350	< 10 %	-	-	-
Jun-94	1	1,020	< 10 %	2	1,00	0,03	1,080	< 10 %	2	1,19	0,15	2,900	< 10 %	2	2,89	0,02
	2	0,980	< 10 %	-	-	-	1,290	< 10 %	-	-	-	2,870	< 10 %	-	-	-
Nov-94	1	3,168	< 10 %	2	3,41	0,35	5,240	< 10 %	2	4,72	0,74	4,700	< 10 %	2	4,14	0,80
	2	3,660	< 10 %	-	-	-	4,190	< 10 %	-	-	-	3,570	< 10 %	-	-	-
Mar-95	1	2,235	< 10 %	2	2,16	0,11	2,320	< 10 %	2	3,27	1,34	1,600	< 10 %	2	1,52	0,12
	2	2,085	< 10 %	-	-	-	4,220	< 10 %	-	-	-	1,430	< 10 %	-	-	-

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de estériles)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	32,000	< 10 %	1	32,00	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	51,000	< 10 %	2	80,50	41,72
	2	-	-	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	110,000	< 10 %	-	-	-
Ago-93	1	-	-	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr-94	1	3,850	< 10 %	2	5,14	1,68	32,105	< 10 %	2	30,89	1,71	8,000	< 10 %	2	7,50	0,71
	2	6,320	< 10 %	-	-	-	29,884	< 10 %	-	-	-	7,000	< 10 %	-	-	-
Jun-94	1	3,000	< 10 %	2	2,53	0,67	3,350	< 10 %	2	2,73	0,88	2,778	< 10 %	2	3,00	0,32
	2	2,050	< 10 %	-	-	-	2,100	< 10 %	-	-	-	3,231	< 10 %	-	-	-
Nov-94	1	7,430	< 10 %	2	6,76	0,95	2,890	< 10 %	2	3,30	0,57	2,558	< 10 %	2	2,97	0,58
	2	6,083	< 10 %	-	-	-	3,700	< 10 %	-	-	-	3,385	< 10 %	-	-	-
Mar-95	1	2,590	< 10 %	2	3,67	1,52	4,775	< 10 %	2	3,77	1,42	4,940	< 10 %	5	2,82	1,26
	2	4,740	< 10 %	-	-	-	2,765	< 10 %	-	-	-	1,750	< 10 %	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,965	< 10 %	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,115	< 10 %	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,340	< 10 %	-	-	-

ug/l Cadmio Filtrable

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,050	< 10 %	2	0,05	0,00	0,020	< 10 %	2	0,03	0,01	0,290	< 10 %	2	0,30	0,01
	2	0,05	< 10 %				0,030	< 10 %				0,300	< 10 %			
Ago-93	1	0,150	< 10 %	2	0,16	0,01	0,070	< 10 %	2	0,08	0,01	0,620	< 10 %	2	0,66	0,06
	2	0,16	< 10 %				0,080	< 10 %				0,700	< 10 %			
Abr-94	1	0,173	< 10 %	2	0,15	0,03	0,179	< 10 %	2	0,16	0,03	2,477	< 10 %	2	2,27	0,29
	2	0,133	< 10 %				0,143	< 10 %				2,067	< 10 %			
Jun-94	1	0,061	< 10 %	2	0,06	0,01	0,060	< 10 %	2	0,06	0,01	0,150	< 10 %	2	0,12	0,05
	2	0,052	< 10 %				0,052	< 10 %				0,081	< 10 %			
Nov-94	1	0,060	< 10 %	2	0,04	0,03	0,070	< 10 %	2	0,06	0,01	0,100	< 10 %	2	0,11	0,01
	2	0,02	< 10 %				0,050	< 10 %				0,110	< 10 %			
Mar-95	1	0,134	< 10 %	2	0,11	0,03	0,200	< 10 %	2	0,16	0,06	0,384	< 10 %	2	0,49	0,15
	2	0,091	< 10 %				0,121	< 10 %				0,592	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de estériles)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,400	< 10 %	2	0,41	0,01	0,480	< 10 %	2	0,49	0,01	7,670	< 10 %	2	7,71	0,06
	2	0,410	< 10 %				0,500	< 10 %				7,750	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	0,720	< 10 %	2	0,76	0,05	0,000	-	-	-	-
	2	-	-				0,790	< 10 %				0,000	-			
Abr-94	1	42,91	< 10 %	2	44,16	1,77	32,757	< 10 %	2	32,84	0,11	24,000	< 10 %	2	23,00	1,41
	2	45,42	< 10 %				32,917	< 10 %				22,000	< 10 %			
Jun-94	1	0,916	< 10 %	2	0,95	0,05	0,375	< 10 %	2	0,39	0,02	15,000	< 10 %	2	17,00	2,83
	2	0,98	< 10 %				0,398	< 10 %				19,000	< 10 %			
Nov-94	1	4,310	< 10 %	2	4,33	0,03	2,340	< 10 %	2	2,35	0,01	21,000	< 10 %	2	19,44	2,21
	2	4,35	< 10 %				2,350	< 10 %				17,880	< 10 %			
Mar-95	1	0,240	< 10 %	2	0,27	0,05	0,638	< 10 %	2	0,53	0,16	27,498	< 10 %	9	28,05	1,05
	2	0,304	< 10 %				0,416	< 10 %				29,50	< 10 %			
	3											29,05	< 10 %			
	4											29,04	< 10 %			
	5											27,73	< 10 %			
	6											26,20	< 10 %			
	7											27,16	< 10 %			
	8											27,94	< 10 %			
	9											28,320	< 10 %			

ug/l Cr Filtrable

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,030	< 10 %	2	0,04	0,01	0,180	< 10 %	2	0,17	0,01	4,800	< 10 %	2	5,70	1,27
	2	0,040	< 10 %				0,180	< 10 %				6,600	< 10 %			
Ago-93	1	0,100	< 10 %	2	0,11	0,01	0,130	< 10 %	2	0,15	0,02	0,310	< 10 %	2	0,48	0,24
	2	0,120	< 10 %				0,160	< 10 %				0,650	< 10 %			
Abr-94	1	6,570	< 10 %	2	8,27	2,40	0,530	< 10 %	2	0,55	0,02	9,833	< 10 %	2	7,12	3,84
	2	9,980	< 10 %				0,561	< 10 %				4,400	< 10 %			
Jun-94	1	0,460	< 10 %	2	0,73	0,38	0,360	< 10 %	2	0,53	0,24	1,220	< 10 %	2	1,18	0,06
	2	1,000	< 10 %				0,700	< 10 %				1,140	< 10 %			
Nov-94	1	0,210	< 10 %	2	0,27	0,08	0,595	< 10 %	2	1,00	0,57	1,055	< 10 %	2	1,35	0,41
	2	0,320	< 10 %				1,395	< 10 %				1,635	< 10 %			
Mar-95	1	10,600	< 10 %	2	10,00	0,85	8,800	< 10 %	2	6,70	2,97	9,333	< 10 %	2	11,67	3,30
	2	9,400	< 10 %				4,600	< 10 %				14,000	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de esténies)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	2,420	< 10 %	2	2,54	0,17	2,930	< 10 %	2	3,07	0,20	13,58	< 10 %	2	14,56	1,38
	2	2,680	< 10 %				3,210	< 10 %				15,53	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	0,120	< 10 %	2	0,18	0,08	-	-	-	-	-
	2	-	-				0,240	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	4,760	< 10 %	2	4,30	0,65	8,210	< 10 %	2	7,35	1,22	-	-	-	-	-
	2	3,840	< 10 %				6,490	< 10 %				-	-			
Jun-94	1	1,620	< 10 %	2	1,30	0,45	1,740	< 10 %	2	1,87	0,18	-	-	-	-	-
	2	0,980	< 10 %				2,000	< 10 %				-	-			
Nov-94	1	0,785	< 10 %	2	0,70	0,13	0,745	< 10 %	2	0,86	0,16	< L.D.	< 10 %	-	-	-
	2	0,605	< 10 %				0,975	< 10 %				< L.D.	< 10 %			
Mar-95	1	9,600	< 10 %	2	9,00	0,85	25,800	< 10 %	2	17,00	12,45	8,800	< 10 %	2	14,30	7,78
	2	8,400	< 10 %				8,200	< 10 %				19,800	< 10 %			

mg/l Zn en Suspensión

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)			E-2 (antes de la confluencia con G-4)			E-3 (tras confluencia con G-4)								
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,03	< 10 %	2	0,03	0,01	0,09	< 10 %	2	0,07	0,03	0,04	< 10 %	2	0,05	0,01
	2	0,02	< 10 %				0,04	< 10 %				0,05	< 10 %			
Ago-93	1	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	0,03	< 10 %	2	0,03	0,01
	2	< L.D.	< 10 %				< L.D.	< 10 %				0,02	< 10 %			
Abr-94	1	0,01	< 10 %	2	0,01	0,00	0,04	< 10 %	2	0,03	0,01	0,38	< 10 %	2	0,37	0,02
	2	0,01	< 10 %				0,03	< 10 %				0,36	< 10 %			
Jun-94	1	0,01	< 10 %	2	0,02	0,01	0,01	< 10 %	1	0,01	-	0,02	< 10 %	2	0,02	0,00
	2	0,02	< 10 %				-	< 10 %				0,02	< 10 %			
Nov-94	1	0,02	< 10 %	2	0,02	0,00	0,13	< 10 %	2	0,14	0,01	0,43	< 10 %	2	0,40	0,04
	2	0,03	< 10 %				0,15	< 10 %				0,37	< 10 %			
Mar-95	1	0,02	< 10 %	2	0,02	0,01	0,03	< 10 %	2	0,03	0,01	3,86	< 10 %	2	3,84	0,04
	2	0,01	< 10 %				0,02	< 10 %				3,81	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )			G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)			X-2 ( balsa de estériles)								
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	1,24	< 10 %	1	1,24	-	0,06	< 10 %	2	0,09	0,05	0,06	< 10 %	2	0,08	0,03
	2	-	-				0,13	< 10 %				0,10	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	0,04	< 10 %	2	0,03	0,01	-	-	-	-	-
	2	-	-				0,03	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	3,38	< 10 %	2	3,42	0,06	1,69	< 10 %	2	1,53	0,24	0,59	< 10 %	2	0,59	0,00
	2	3,46	< 10 %				1,36	< 10 %				0,58	< 10 %			
Jun-94	1	0,25	< 10 %	2	0,32	0,09	0,01	< 10 %	2	0,01	0,00	0,24	< 10 %	2	0,25	0,02
	2	0,36	< 10 %				0,01	< 10 %				0,26	< 10 %			
Nov-94	1	0,23	< 10 %	2	0,33	0,14	0,02	< 10 %	2	0,02	0,00	0,42	< 10 %	2	0,40	0,02
	2	0,42	< 10 %				0,02	< 10 %				0,38	< 10 %			
Mar-95	1	6,85	< 10 %	2	6,70	0,21	8,89	< 10 %	2	8,94	0,08	0,05	< 10 %	5	0,04	0,01
	2	6,55	< 10 %				9,00	< 10 %				0,03	< 10 %			
	3											0,04	< 10 %			
	4											0,04	< 10 %			
	5											0,05	< 10 %			

ug/l Pb en Suspensión

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)				E-2 (antes de la confluencia con G-4)				E-3 (tras confluencia con G-4)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,09	< 10 %	2	0,09	0,00	1,05	< 10 %	2	1,07	0,03	2,23	< 10 %	2	2,3	0,1
	2	0,09	< 10 %				1,10	< 10 %				2,31	< 10 %			
Ago-93	1	0,99	< 10 %	2	0,78	0,30	2,83	< 10 %	2	1,82	1,42	10,7	< 10 %	2	8,9	2,6
	2	0,57	< 10 %				0,81	< 10 %				7,0	< 10 %			
Abr-94	1	0,82	< 10 %	2	0,81	0,16	5,99	< 10 %	2	6,05	0,08	7,0	< 10 %	2	7,9	1,3
	2	0,70	< 10 %				6,11	< 10 %				8,8	< 10 %			
Jun-94	1	2,50	< 10 %	2	2,15	0,49	4,80	< 10 %	2	4,95	0,21	9,7	< 10 %	2	8,1	2,3
	2	1,80	< 10 %				5,10	< 10 %				8,4	< 10 %			
Nov-94	1	1,30	< 10 %	2	1,65	0,49	0,40	< 10 %	2	0,25	0,21	8,30	< 10 %	2	9,0	0,9
	2	2,00	< 10 %				0,10	< 10 %				9,80	< 10 %			
Mar-95	1	1,70	< 10 %	2	1,85	0,21	3,00	< 10 %	2	3,10	0,14	1,00	< 10 %	2	0,9	0,2
	2	2,00	< 10 %				3,2	< 10 %				0,7	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )				G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)				X-2 ( balsa de estériles)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	27,0	< 10 %	2	27,9	1,21	6,2	< 10 %	2	6,3	0,15	13	< 10 %	2	13,4	0,1
	2	28,7	< 10 %				8,4	< 10 %				13	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	9,1	< 10 %	2	10,4	1,86	-	-	-	-	-
	2	-	-				11,7	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	3,1	< 10 %	2	2,8	0,42	14,0	< 10 %	2	11,0	4,24	120	< 10 %	2	112,5	10,6
	2	2,5	< 10 %				8,0	< 10 %				105	< 10 %			
Jun-94	1	7,1	< 10 %	2	9,6	3,54	7,8	< 10 %	2	7,3	0,78	68	< 10 %	2	80,0	17,0
	2	12,1	< 10 %				8,7	< 10 %				92	< 10 %			
Nov-94	1	1,0	< 10 %	2	0,9	0,14	0,80	< 10 %	2	0,60	0,29	181	< 10 %	2	160,5	0,7
	2	0,8	< 10 %				0,39	< 10 %				160	< 10 %			
Mar-95	1	9,4	< 10 %	2	8,2	1,70	34,5	< 10 %	2	31,7	3,96	1,50	< 10 %	2	1,8	0,4
	2	7,00	< 10 %				28,9	< 10 %				2,0	< 10 %			

mg/l Fe en Suspensión

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)				E-2 (antes de la confluencia con G-4)				E-3 (tras confluencia con G-4)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,80	< 10 %	2	0,80	0,01	0,38	< 10 %	2	0,52	0,20	0,39	< 10 %	2	0,38	0,01
	2	0,79	< 10 %				0,67	< 10 %				0,37	< 10 %			
Ago-93	1	1,18	< 10 %	2	1,07	0,14	0,59	< 10 %	2	0,38	0,29	0,22	< 10 %	2	0,23	0,01
	2	0,97	< 10 %				0,18	< 10 %				0,24	< 10 %			
Abr-94	1	0,63	< 10 %	2	0,58	0,08	0,57	< 10 %	2	0,51	0,08	0,68	< 10 %	2	0,62	0,08
	2	0,52	< 10 %				0,45	< 10 %				0,57	< 10 %			
Jun-94	1	0,26	< 10 %	2	0,23	0,04	0,07	< 10 %	2	0,07	0,00	0,05	< 10 %	2	0,04	0,01
	2	0,20	< 10 %				0,07	< 10 %				0,03	< 10 %			
Nov-94	1	1,33	< 10 %	2	1,19	0,19	0,58	< 10 %	2	0,62	0,05	2,07	< 10 %	2	1,68	0,56
	2	1,06	< 10 %				0,65	< 10 %				1,28	< 10 %			
Mar-95	1	0,89	< 10 %	2	0,69	0,28	0,51	< 10 %	2	0,38	0,19	39,54	< 10 %	2	39,32	0,31
	2	0,49	< 10 %				0,24	< 10 %				39,10	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )				G-4 ( arroyo tras recibir G-3 y X-2)				X-2 ( balsa de estériles)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,25	< 10 %	2	0,32	0,10	0,14	< 10 %	2	0,20	0,08	0,73	< 10 %	2	0,69	0,05
	2	0,39	< 10 %				0,28	< 10 %				0,65	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	0,56	< 10 %	2	0,54	0,02	-	-	-	-	-
	2	-	-				0,53	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	5,27	< 10 %	2	5,02	0,36	1,91	< 10 %	2	1,96	0,08	3,98	< 10 %	2	3,56	0,59
	2	4,76	< 10 %				2,01	< 10 %				3,14	< 10 %			
Jun-94	1	0,07	< 10 %	2	0,07	0,01	0,02	< 10 %	2	0,02	0,01	0,69	< 10 %	2	0,68	0,01
	2	0,06	< 10 %				0,03	< 10 %				0,67	< 10 %			
Nov-94	1	0,17	< 10 %	2	0,16	0,02	0,09	< 10 %	2	0,10	0,01	1,32	< 10 %	2	1,25	0,10
	2	0,14	< 10 %				0,11	< 10 %				1,18	< 10 %			
Mar-95	1	124	< 10 %	2	122,78	1,70	125,82	< 10 %	2	134	11,73	0,79	< 10 %	4	0,53	0,28
	2	122	< 10 %				142,41	< 10 %				0,75	< 10 %			

ug/l Mn en Suspensión

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)				E-2 (antes de la confluencia con G-4)				E-3 (tras confluencia con G-4)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	8,12	< 10 %	2	7,06	1,50	10,58	< 10 %	2	11,48	1,30	14,01	< 10 %	2	14	0,3
	2	6,00	< 10 %				12,40	< 10 %				14,40	< 10 %			
Ago-93	1	17,20	< 10 %	2	15,40	2,55	11,20	< 10 %	2	10,20	1,41	22,80	< 10 %	2	24	1,1
	2	13,60	< 10 %				9,20	< 10 %				24,40	< 10 %			
Abr-94	1	4,80	< 10 %	2	3,80	1,13	6,70	< 10 %	2	5,85	1,20	6,00	< 10 %	2	7	0,9
	2	3,00	< 10 %				5,00	< 10 %				6,70	< 10 %			
Jun-94	1	7,85	< 10 %	2	6,95	1,27	4,05	< 10 %	2	3,80	0,35	4,45	< 10 %	2	4	0,4
	2	6,05	< 10 %				3,55	< 10 %				3,95	< 10 %			
Nov-94	1	4,41	< 10 %	2	4,49	0,11	18,05	< 10 %	2	19,65	2,26	67,95	< 10 %	2	70	2,8
	2	4,57	< 10 %				21,25	< 10 %				71,95	< 10 %			
Mar-95	1	3,05	< 10 %	1	3,05	-	9,35	< 10 %	2	9,00	0,49	356,63	< 10 %	2	342	20,3
	2	-	-				9	< 10 %				328	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )				G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)				X-2 ( balsa de estériles )						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	7,88	< 10 %	2	6,74	1,61	16,09	< 10 %	2	13,55	3,60	2,80	< 10 %	2	3	0,0
	2	5,60	< 10 %				11,00	< 10 %				2,80	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	21,20	< 10 %	2	20,00	1,70	-	-	-	-	-
	2	-	-				18,80	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	8,20	< 10 %	2	8,30	0,14	6,30	< 10 %	2	6,70	0,57	14,00	< 10 %	2	15	0,7
	2	8,40	< 10 %				7,10	< 10 %				15,00	< 10 %			
Jun-94	1	3,75	< 10 %	2	3,65	0,14	6,45	< 10 %	2	8,40	2,76	17,00	< 10 %	2	19	2,1
	2	3,55	< 10 %				10,35	< 10 %				20,00	< 10 %			
Nov-94	1	5,35	< 10 %	2	5,90	0,78	10,35	< 10 %	2	10,35	0,00	22,00	< 10 %	2	22	0,7
	2	6,45	< 10 %				10,35	< 10 %				21,00	< 10 %			
Mar-95	1	87,25	< 10 %	2	89,35	2,97	551,45	< 10 %	2	520,85	43,27	3,25	< 10 %	7	3,8	0,9
	2	91,45	< 10 %				490,25	< 10 %				4,55	< 10 %			
	3											3,43	< 10 %			
	4											3,48	< 10 %			
	5											5,03	< 10 %			
	6											4,20	< 10 %			
	7											3	< 10 %			

ug/l Cu enSuspensión

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-
	2	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-
Ago-93	1	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-
	2	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-
Abr-94	1	1,829	< 10 %	2	1,28	0,78	1,423	< 10 %	2	1,29	0,18	2,949	< 10 %	2	3,25	0,43
	2	0,728	< 10 %	-	-	-	1,184	< 10 %	-	-	-	3,581	< 10 %	-	-	-
Jun-94	1	1,408	< 10 %	2	1,46	0,07	0,821	< 10 %	2	1,04	0,59	10,50	< 10 %	2	10,45	0,08
	2	1,502	< 10 %	-	-	-	1,457	< 10 %	-	-	-	10,39	< 10 %	-	-	-
Nov-94	1	1,450	< 10 %	2	1,56	0,16	0,800	< 10 %	2	0,90	0,14	1,550	< 10 %	2	1,70	0,21
	2	1,675	< 10 %	-	-	-	1,000	< 10 %	-	-	-	1,850	< 10 %	-	-	-
Mar-95	1	2,021	< 10 %	2	2,03	0,01	1,173	< 10 %	2	1,46	0,41	8,02	< 10 %	2	9,82	2,55
	2	2,035	< 10 %	-	-	-	1,753	< 10 %	-	-	-	11,82	< 10 %	-	-	-

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de estériles)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	8,4	< 10 %	1	8,40	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	17,2	< 10 %	2	25,60	11,88
	2	-	-	-	-	-	< L.D.	< 10 %	-	-	-	34,0	< 10 %	-	-	-
Ago-93	1	-	-	-	-	-	26,00	< 10 %	1	26,00	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr-94	1	47,4	< 10 %	2	49,92	3,56	22,84	< 10 %	2	23,76	1,58	58,0	< 10 %	2	54,00	5,66
	2	52,4	< 10 %	-	-	-	24,88	< 10 %	-	-	-	50,0	< 10 %	-	-	-
Jun-94	1	16,1	< 10 %	2	14,65	2,05	0,813	< 10 %	2	0,87	0,08	21,0	< 10 %	2	19,50	2,12
	2	13,2	< 10 %	-	-	-	0,926	< 10 %	-	-	-	18,0	< 10 %	-	-	-
Nov-94	1	0,599	< 10 %	2	0,51	0,13	0,501	< 10 %	2	0,36	0,19	22,0	< 10 %	2	20,50	2,12
	2	0,420	< 10 %	-	-	-	0,227	< 10 %	-	-	-	19,0	< 10 %	-	-	-
Mar-95	1	14,09	< 10 %	2	14,00	0,13	32,17	< 10 %	2	29,12	4,31	4,21	< 10 %	5	3,14	0,82
	2	13,91	< 10 %	-	-	-	26,07	< 10 %	-	-	-	3,89	< 10 %	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,95	< 10 %	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,15	< 10 %	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,890	< 10 %	-	-	-

ug/l Cadmio en Suspensión

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,020	< 10 %	2	0,02	0,00	0,008	< 10 %	2	0,01	0,00	0,118	< 10 %	2	0,12	0,00
	2	0,020	< 10 %				0,012	< 10 %				0,123	< 10 %			
Ago-93	1	0,064	< 10 %	2	0,07	0,003	0,030	< 10 %	2	0,03	0,00	0,266	< 10 %	2	0,28	0,02
	2	0,07	< 10 %				0,034	< 10 %				0,300	< 10 %			
Abr-94	1	0,073	< 10 %	2	0,07	0,01	0,131	< 10 %	2	0,12	0,01	0,276	< 10 %	2	0,28	0,00
	2	0,06	< 10 %				0,115	< 10 %				0,281	< 10 %			
Jun-94	1	0,079	< 10 %	2	0,06	0,03	0,103	< 10 %	2	0,10	0,01	0,472	< 10 %	2	0,52	0,07
	2	0,04	< 10 %				0,087	< 10 %				0,572	< 10 %			
Nov-94	1	0,022	< 10 %	2	0,03	0,01	0,070	< 10 %	2	0,06	0,01	0,100	< 10 %	2	0,11	0,01
	2	0,03	< 10 %				0,050	< 10 %				0,110	< 10 %			
Mar-95	1	0,027	< 10 %	2	0,04	0,02	0,056	< 10 %	2	0,08	0,03	0,079	< 10 %	2	0,07	0,02
	2	0,050	< 10 %				0,097	< 10 %				0,058	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 ( arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de estériles)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,163	< 10 %	2	0,17	0,00	0,196	< 10 %	2	0,20	0,01	3,13	< 10 %	2	3,15	0,02
	2	0,167	< 10 %				0,204	< 10 %				3,17	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	0,309	< 10 %	2	0,32	0,02	-	-	-	-	-
	2	-	-				0,339	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	2,15	< 10 %	2	2,22	0,09	0,484	< 10 %	2	0,51	0,04	78,00	< 10 %	2	71,00	9,90
	2	2,28	< 10 %				0,538	< 10 %				64,00	< 10 %			
Jun-94	1	0,06	< 10 %	2	0,07	0,01	0,007	< 10 %	2	0,02	0,02	19,06	< 10 %	2	21,06	2,83
	2	0,08	< 10 %				0,036	< 10 %				23,06	< 10 %			
Nov-94	1	0,431	< 10 %	2	0,43	0,00	0,234	< 10 %	2	0,23	0,00	27,00	< 10 %	2	26,00	1,41
	2	0,44	< 10 %				0,235	< 10 %				25,00	< 10 %			
Mar-95	1	0,166	< 10 %	2	0,17	0,01	0,905	< 10 %	2	0,98	0,10	0,167	< 10 %	9	0,34	0,25
	2											0,095	< 10 %			
	3											0,593	< 10 %			
	4											0,146	< 10 %			
	5											0,280	< 10 %			
	6											0,810	< 10 %			
	7											0,150	< 10 %			
	8											0,570	< 10 %			
	9											0,280	< 10 %			

ug/l Cr en Suspensión

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,090	< 10 %	2	0,11	0,02	0,480	< 10 %	2	0,51	0,04	14,40	< 10 %	2	17,10	3,82
	2	0,120	< 10 %				0,540	< 10 %				19,80	< 10 %			
Ago-93	1	0,019	< 10 %	2	0,02	0,00	0,025	< 10 %	2	0,03	0,00	0,059	< 10 %	2	0,09	0,05
	2	0,023	< 10 %				0,030	< 10 %				0,124	< 10 %			
Abr-94	1	1,188	< 10 %	2	1,09	0,11	0,985	< 10 %	2	0,92	0,10	2,080	< 10 %	2	1,83	0,33
	2	1,016	< 10 %				0,847	< 10 %				1,588	< 10 %			
Jun-94	1	3,600	< 10 %	2	4,85	1,77	3,200	< 10 %	2	4,15	1,34	6,70	< 10 %	2	6,70	0,00
	2	6,100	< 10 %				5,100	< 10 %				6,70	< 10 %			
Nov-94	1	1,177	< 10 %	2	0,95	0,33	0,822	< 10 %	2	0,81	0,02	0,737	< 10 %	2	1,19	0,64
	2	0,714	< 10 %				0,791	< 10 %				1,636	< 10 %			
Mar-95	1	0,008	< 10 %	2	0,02	0,01	0,013	< 10 %	2	0,02	0,01	0,022	< 10 %	2	0,02	0,00
	2	0,026	< 10 %				0,021	< 10 %				0,025	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)									
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	7,26	< 10 %	2	7,62	0,51	8,79	< 10 %	2	9,21	0,59	20,4	< 10 %	2	21,83	2,07
	2	7,98	< 10 %				9,63	< 10 %				23,3	< 10 %			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	0,023	< 10 %	2	0,03	0,02	-	-	-	-	-
	2	-	-				0,046	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	0,924	< 10 %	2	1,25	0,46	0,402	< 10 %	2	0,39	0,02	1,000	< 10 %	2	2,50	2,12
	2	1,580	< 10 %				0,380	< 10 %				4,000	< 10 %			
Jun-94	1	12,60	< 10 %	2	11,65	1,34	15,50	< 10 %	2	16,40	1,27	< L.D.	< 10 %	-	-	-
	2	10,70	< 10 %				17,30	< 10 %				< L.D.	< 10 %			
Oct-94	1	-	-	-	-	-	11,41	< 10 %	1	11,41	-	3,580	< 10 %	2	5,58	2,83
	2	-	-				-	-				7,580	< 10 %			
Nov-94	1	0,316	< 10 %	2	0,31	0,004	0,393	< 10 %	2	0,43	0,05	22,00	< 10 %	2	16,5	14,8
	2	0,310	< 10 %				0,481	< 10 %				11,000	< 10 %			
Mar-95	1	0,007	< 10 %	2	0,01	0,003	0,007	< 10 %	2	0,02	0,01	0,002	< 10 %	1	0,002	-
	2	0,010	< 10 %				0,024	< 10 %				< L.D.	< 10 %			

ug/g Zn en Sedimentos

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	266	< 10 %	2	339	103	781	< 10 %	2	778	3	1220	< 10 %	2	1220	0
	2	412	< 10 %				776	< 10 %				1220	< 10 %			
Ago-93	1	727	< 10 %	2	743	22	1462	< 10 %	2	1520	82	1267	< 10 %	2	1305	55
	2	758	< 10 %				1578	< 10 %				1344	< 10 %			
Abr-94	1	138	< 10 %	2	184	68	1709	< 10 %	2	1679	43	1554	< 10 %	2	1447	152
	2	232	< 10 %				1648	< 10 %				1339	< 10 %			
Jun-94	1	232	< 10 %	1	232	-	3791	< 10 %	2	4097	431	6289	< 10 %	2	6839	778
	2	-	-				4402	< 10 %				7389	< 10 %			
Nov-94	1	406	< 10 %	2	516	150	-	-	-	-	-	6552	< 10 %	2	6625	103
	2	622	< 10 %				-	-				6698	< 10 %			
Mar-95	1	547	< 10 %	2	627	113	1058	< 10 %	2	1284	320	2279	< 10 %	2	2326	66
	2	707	< 10 %				1511	< 10 %				2373	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de estériles)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	-	-	-	-	-	3128	< 10 %	2	3015	160	-	-	-	-	-
	2	-	-				2902	< 10 %				-	-			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-				-	-				-	-			
Abr-94	1	-	-	-	-	-	2266	< 10 %	2	2216	71	-	-	-	-	-
	2	-	-				2166	< 10 %				-	-			
Jun-94	1	-	-	-	-	-	2500	< 10 %	2	2697	278	-	-	-	-	-
	2	-	-				2894	< 10 %				-	-			
Nov-94	1	28043	< 10 %	2	27641	569	5952	< 10 %	2	4747	1705	24753		2	22632	3000
	2	27239	< 10 %				3541	< 10 %				20511	< 10 %			
Mar-95	1	7600	< 10 %	2	7561	56	1318	< 10 %	2	1450	188	3315	< 10 %	2	3439	174
	2	7521	< 10 %				1583	< 10 %				3562	< 10 %			

ug/g Pb en Sedimento

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)				E-2 (antes de la confluencia con G-4)				E-3 (tras confluencia con G-4)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	14,3	< 10 %	2	14	0,66	17,72	< 10 %	2	17	0,55	83,2	< 10 %	2	81	3,8
	2	13,4	< 10 %				16,95	< 10 %				77,8	< 10 %			
Ago-93	1	19,4	< 10 %	2	19	0,01	120,04	< 10 %	2	118	2,39	69,3	< 10 %	2	72	3,9
	2	19,4	< 10 %				116,66	< 10 %				74,8	< 10 %			
Abr-94	1	8,5	< 10 %	2	8	0,25	70,94	< 10 %	2	71	0,41	28,0	< 10 %	2	29	0,9
	2	8,1	< 10 %				71,52	< 10 %				28,2	< 10 %			
Jun-94	1	17,1	< 10 %	2	18	0,82	280,29	< 10 %	2	288	10,37	107,8	< 10 %	2	116	11,9
	2	18,3	< 10 %				294,98	< 10 %				124,7	< 10 %			
Nov-94	1	35,1	< 10 %	2	38	4,31	-	-	-	-	-	414,0	< 10 %	2	408	7,8
	2	41,2	< 10 %				-	-				403,0	< 10 %			
Mar-95	1	34,7	< 10 %	2	34	1,66	34,17	< 10 %	2	36	2,89	52,8	< 10 %	2	52	0,8
	2	32,41	< 10 %				38,3	< 10 %				51,7	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )				G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)				X-2 ( balsa de estéries)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	-	-	-	-	-	84,20	< 10 %	2	69	6,93	-	-	-	-	-
	2	-	-				74,00	< 10 %				-	-			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-				-	-				-	-			
Abr-94	1	-	-	-	-	-	51,13	< 10 %	2	51	0,42	-	-	-	-	-
	2	-	-				51,72	< 10 %				-	-			
Jun-94	1	-	-	-	-	-	67,33	< 10 %	2	58	13,35	-	-	-	-	-
	2	-	-				48,45	< 10 %				-	-			
Nov-94	1	31,28	< 10 %	2	31	0,14	111,09	< 10 %	2	103	11,66	31781	< 10 %	2	29286	3529,6
	2	31,48	< 10 %				94,80	< 10 %				26790	< 10 %			
Mar-95	1	133,27	< 10 %	2	130	4,85	68,00	< 10 %	2	68	0,65	989	< 10 %	2	992	4,2
	2	126,4	< 10 %				68,9	< 10 %				995	< 10 %			

ug/g Fe en Sedimentos

Puntos de muestreo																
		E-1 (punto control)				E-2 (antes de la confluencia con G-4)				E-3 (tras confluencia con G-4)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	3499	< 10 %	2	3507	11	4335	< 10 %	2	4189	206	13605	< 10 %	2	13615	14
	2	3515	< 10 %				4044	< 10 %				13625	< 10 %			
Ago-93	1	5521	< 10 %	2	5632	156	7109	< 10 %	2	6700	579	9193	< 10 %	2	9263	99
	2	5742	< 10 %				6290	< 10 %				9333	< 10 %			
Abr-94	1	2331	< 10 %	2	2494	231	5379	< 10 %	2	5319	85	4425	< 10 %	2	4435	14
	2	2657	< 10 %				5259	< 10 %				4445	< 10 %			
Jun-94	1	6275	< 10 %	2	6245	42	5088	< 10 %	2	5497	579	4212	< 10 %	2	4458	349
	2	6215	< 10 %				5906	< 10 %				4705	< 10 %			
Nov-94	1	4359	< 10 %	2	4866	718	-	-	-	-	-	7227	< 10 %	2	7308	114
	2	5374	< 10 %				-	-	-	-	-	7389	< 10 %			
Mar-95	1	3161	< 10 %	2	2775	545	2016	< 10 %	2	2075	84	14611	< 10 %	2	13973	903
	2	2390	< 10 %				2135	< 10 %				13335	< 10 %			

Puntos de muestreo																
		G-3 ( canal artificial )				G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)				X-2 ( balsa de estériles)						
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	-	-	-	-	-	5016	< 10 %	2	5204	265	-	-	-	-	-
	2	-	-				5391	< 10 %				-	-			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	8905	< 10 %	2	8971	94	-	-	-	-	-
	2	-	-				9037	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	-	-	-	-	-	6802	< 10 %	2	6937	191	-	-	-	-	-
	2	-	-				7071	< 10 %				-	-			
Jun-94	1	-	-	-	-	-	1919	< 10 %	2	1746	244	-	-	-	-	-
	2	-	-				1574	< 10 %				-	-			
Nov-94	1	5729	< 10 %	2	3953	2512	4744	< 10 %	2	3390	1915	47348	< 10 %	2	44028	4695
	2	2176	< 10 %				2037	< 10 %				40708	< 10 %			
Mar-95	1	5599	< 10 %	2	5577	31	7691	< 10 %	2	7386	432	8956	< 10 %	2	9041	120
	2	5555	< 10 %				7080	< 10 %				9125	< 10 %			

ug/g Mn en Sedimentos

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis			Réplicas de campo		Duplicados de análisis			Réplicas de campo		Duplicados de análisis			Réplicas de campo	
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	182	< 10 %	2	166	5,2	460	< 10 %	2	462	1,9	506	< 10 %	2	506	0,0
	2	169	< 10 %				463	< 10 %				506	< 10 %			
Ago-93	1	315	< 10 %	2	315	0,7	1269	< 10 %	2	1240	41,4	1124	< 10 %	2	1097	38,1
	2	315	< 10 %				1210	< 10 %				1071	< 10 %			
Abr-94	1	69	< 10 %	2	71	2,0	115	< 10 %	2	118	3,8	141	< 10 %	2	143	2,2
	2	72	< 10 %				121	< 10 %				144	< 10 %			
Jun-94	1	248	< 10 %	2	252	5,2	191	< 10 %	2	202	16,3	307	< 10 %	2	328	30,2
	2	256	< 10 %				214	< 10 %				349	< 10 %			
Nov-94	1	497	< 10 %	2	472	35,0	-	-	-	-	-	241	< 10 %	2	231	14,2
	2	447	< 10 %				-	-	-	-	-	221	< 10 %			
Mar-95	1	299	< 10 %	2	303	5,3	276	< 10 %	2	287	15,6	99	< 10 %	2	101	3,9
	2	307	< 10 %				298	< 10 %				104	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de estériles)				
		Duplicados de análisis			Réplicas de campo		Duplicados de análisis			Réplicas de campo		Duplicados de análisis			Réplicas de campo	
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	-	-	-	-	-	194	< 10 %	2	201	10,0	-	-	-	-	-
	2	-	-				208	< 10 %				-	-			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	221	< 10 %	2	218	4,2	-	-	-	-	-
	2	-	-				215	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	-	-	-	-	-	78	< 10 %	2	75	4,4	-	-	-	-	-
	2	-	-				72	< 10 %				-	-			
Jun-94	1	-	-	-	-	-	209	< 10 %	2	210	1,0	-	-	-	-	-
	2	-	-				210	< 10 %				-	-			
Nov-94	1	1219	< 10 %	2	1533	443,9	913	< 10 %	2	849	90,6	292	< 10 %	2	275	23,2
	2	1847	< 10 %				785	< 10 %				259	< 10 %			
Mar-95	1	342	< 10 %	2	344	3,3	49	< 10 %	2	54	6,2	411	< 10 %	2	431	28,8
	2	346	< 10 %				58	< 10 %				451	< 10 %			

ug/g Cu en Sedimentos

		Puntos de muestreo																	
		E-1 (punto control)						E-2 (antes de la confluencia con G-4)						E-3 (tras confluencia con G-4)					
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				Duplicados de análisis		Réplicas de campo				Duplicados de análisis		Réplicas de campo			
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.			
Jun-93	1	4,637	< 10 %	1	4,64	-	5,713	< 10 %	2	6,05	0,47	40,600	< 10 %	2	39,90	0,99			
	2	-	-	-	-	-	6,378	< 10 %	-	-	-	39,200	< 10 %	-	-	-			
Ago-93	1	7,422	< 10 %	2	7,52	0,14	30,240	< 10 %	2	27,74	3,53	23,875	< 10 %	2	24,99	1,57			
	2	7,625	< 10 %	-	-	-	25,241	< 10 %	-	-	-	28,101	< 10 %	-	-	-			
Abr-94	1	1,535	< 10 %	2	1,62	0,11	13,320	< 10 %	2	13,14	0,25	7,917	< 10 %	2	8,12	0,29			
	2	1,697	< 10 %	-	-	-	12,960	< 10 %	-	-	-	8,327	< 10 %	-	-	-			
Jun-94	1	4,564	< 10 %	2	4,23	0,47	52,665	< 10 %	2	57,03	6,17	13,304	< 10 %	2	15,35	2,89			
	2	3,904	< 10 %	-	-	-	61,387	< 10 %	-	-	-	17,389	< 10 %	-	-	-			
Nov-94	1	7,101	< 10 %	2	7,82	1,02	-	-	-	-	-	32,117	< 10 %	2	25,18	9,81			
	2	8,546	< 10 %	-	-	-	-	-	-	-	-	18,248	< 10 %	-	-	-			
Mar-95	1	7,928	< 10 %	1	7,93	-	17,820	< 10 %	2	17,71	0,15	28,497	< 10 %	2	28,44	0,08			
	2	-	-	-	-	-	17,605	< 10 %	-	-	-	28,387	< 10 %	-	-	-			

		Puntos de muestreo																	
		G-3 ( canal artificial )						G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)						X-2 ( balsa de estériles)					
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo				Duplicados de análisis		Réplicas de campo				Duplicados de análisis		Réplicas de campo			
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.			
Jun-93	1	-	-	-	-	-	37,258	< 10 %	2	38,14	1,24	-	-	-	-	-			
	2	-	-	-	-	-	39,016	< 10 %	-	-	-	-	-	-	-	-			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	0,867	< 10 %	2	0,72	0,20	-	-	-	-	-			
	2	-	-	-	-	-	0,583	< 10 %	-	-	-	-	-	-	-	-			
Abr-94	1	-	-	-	-	-	14,48	< 10 %	2	14,66	0,25	-	-	-	-	-			
	2	-	-	-	-	-	14,83	< 10 %	-	-	-	-	-	-	-	-			
Jun-94	1	-	-	-	-	-	57,90	< 10 %	2	55,50	3,39	-	-	-	-	-			
	2	-	-	-	-	-	53,10	< 10 %	-	-	-	-	-	-	-	-			
Nov-94	1	1,347	< 10 %	2	32,92	44,65	68,16	< 10 %	2	72,32	5,89	1876	< 10 %	2	1736	198,03			
	2	64,495	< 10 %	-	-	-	76,48	< 10 %	-	-	-	1598	< 10 %	-	-	-			
Mar-95	1	136	< 10 %	2	141	6,44	28,27	< 10 %	2	28	0,38	272	< 10 %	2	273	2,02			
	2	145	< 10 %	-	-	-	27,73	< 10 %	-	-	-	275	< 10 %	-	-	-			

ug/l Cadmio en Sedimentos

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	0,46	< 10 %	1	0,46	-	0,40	< 10 %	2	0,41	0,02	2,40	< 10 %	2	2,60	0,28
	2	-	-				0,43	< 10 %				2,80	< 10 %			
Ago-93	1	0,40	< 10 %	2	0,41	0,02	6,62	< 10 %	2	6,70	0,11	3,98	< 10 %	2	4,17	0,27
	2	0,42	< 10 %				6,77	< 10 %				4,37	< 10 %			
Abr-94	1	0,13	< 10 %	2	0,12	0,01	4,96	< 10 %	2	5,07	0,16	3,16	< 10 %	2	3,21	0,06
	2	0,11	< 10 %				5,19	< 10 %				3,26	< 10 %			
Jun-94	1	0,78	< 10 %	2	0,70	0,11	11,62	< 10 %	2	12,23	0,86	11,36	< 10 %	2	11,80	0,62
	2	0,62	< 10 %				12,84	< 10 %				12,24	< 10 %			
Nov-94	1	1,27	< 10 %	2	1,38	0,15	-	-	-	-	-	15,24	< 10 %	2	15,28	0,06
	2	1,48	< 10 %				-	-				15,32	< 10 %			
Mar-95	1	0,94	< 10 %	2	0,79	0,21	2,98	< 10 %	2	3,00	0,03	2,61	< 10 %	2	2,76	0,21
	2	0,64	< 10 %				3,02	< 10 %				2,91	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 ( arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de estériles)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	-	-	-	-	-	5,19	< 10 %	2	5,47	0,40	-	-	-	-	-
	2	-	-				5,75	< 10 %				-	-			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	4,39	< 10 %	2	4,11	0,40	-	-	-	-	-
	2	-	-				3,83	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	-	-	-	-	-	2,94	< 10 %	2	3,00	0,08	-	-	-	-	-
	2	-	-				3,06	< 10 %				-	-			
Jun-94	1	-	-	-	-	-	8,78	< 10 %	2	8,88	0,14	-	-	-	-	-
	2	-	-				8,98	< 10 %				-	-			
Nov-94	1	51,18	< 10 %	2	48,70	3,52	53,89	< 10 %	2	54,65	1,07	46,48	< 10 %	2	42,36	5,82
	2	46,21	< 10 %				55,41	< 10 %				38,24	< 10 %			
Mar-95	1	21,28	< 10 %	2	20,87	0,58	2,78	< 10 %	2	2,54	0,34	5,61	< 10 %	2	5,66	0,06
	2	20,46	< 10 %				2,30	< 10 %				5,70	< 10 %			

ug/g Cr en Sedimentos

		Puntos de muestreo														
		E-1 (punto control)					E-2 (antes de la confluencia con G-4)					E-3 (tras confluencia con G-4)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	1,491	< 10 %	2	1,41	0,12	1,208	< 10 %	2	1,19	0,02	5,000	< 10 %	2	3,70	1,84
	2	1,327	< 10 %				1,179	< 10 %				2,400	< 10 %			
Ago-93	1	2,025	< 10 %	2	1,94	0,12	3,835	< 10 %	2	3,71	0,11	2,892	< 10 %	2	2,79	0,14
	2	1,881	< 10 %				3,791	< 10 %				2,893	< 10 %			
Abr-94	1	0,726	< 10 %	2	0,94	0,31	6,105	< 10 %	2	6,13	0,04	5,823	< 10 %	2	5,96	0,20
	2	1,158	< 10 %				6,158	< 10 %				6,105	< 10 %			
Jun-94	1	2,306	< 10 %	1	2,31	-	10,573	< 10 %	2	11,24	0,94	23,852	< 10 %	2	43,22	27,67
	2	-	-				11,903	< 10 %				62,782	< 10 %			
Nov-94	1	1,119	< 10 %	2	1,16	0,06	-	-	-	-	-	3,658	< 10 %	2	3,56	0,13
	2	1,205	< 10 %				-	-				3,468	< 10 %			
Mar-95	1	1,012	< 10 %	2	1,23	0,31	1,460	< 10 %	2	1,60	0,20	0,773	< 10 %	2	0,71	0,09
	2	1,447	< 10 %				1,749	< 10 %				0,647	< 10 %			

		Puntos de muestreo														
		G-3 ( canal artificial )					G-4 (arroyo tras recibir G-3 y X-2)					X-2 ( balsa de estériles)				
		Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo			Duplicados de análisis		Réplicas de campo		
Fecha	Réplicas de campo	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.	Media	E.T.	n	Media	D.T.
Jun-93	1	-	-	-	-	-	1,144	< 10 %	2	0,97	0,25	-	-	-	-	-
	2	-	-				0,794	< 10 %				-	-			
Ago-93	1	-	-	-	-	-	1,374	< 10 %	2	1,15	0,32	-	-	-	-	-
	2	-	-				0,927	< 10 %				-	-			
Abr-94	1	-	-	-	-	-	3,754	< 10 %	2	3,97	0,31	-	-	-	-	-
	2	-	-				4,192	< 10 %				-	-			
Jun-94	1	-	-	-	-	-	0,915	< 10 %	2	1,04	0,18	-	-	-	-	-
	2	-	-				1,167	< 10 %				-	-			
Nov-94	1	1,462	< 10 %	2	1,57	0,16	2,165	< 10 %	2	2,15	0,02	8,312	< 10 %	2	8,71	0,56
	2	1,682	< 10 %				2,142	< 10 %				9,103	< 10 %			
Mar-95	1	0,619	< 10 %	2	0,43	0,27	0,474	< 10 %	2	1,09	0,87	1,488	< 10 %	2	1,68	0,30
	2	0,238	< 10 %				1,709	< 10 %				1,897	< 10 %			

**7.2 Apéndice II. Relación de datos. Muestras de macroinvertebrados bentónicos**

Tabla  
ORDENES de macroinvertebrados bentónicos.

Muestreo con fecha Junio-1993

Nº de organismos recogidos	TIPO	CLASE	ORDEN O SF	PTO				TOTAL
				E1	E2	E3	G4	
	ANELIDOS	OLIGOQUETOS	OPISTÓPOROS	0	0	1	0	1
			PLES.PLESIOTECOS	0	0	0	9	9
	Total ANELIDOS	Total OLIGOQUETOS		0	0	1	9	10
	ARTROPODOS	INSECTOS	COLEOPTEROS	0	0	4	0	4
			DIPTEROS	1	6	52	3	62
			EFEMEROPTEROS	15	1	13	0	29
			ODONATOS	1	0	0	0	1
			PLECOPTEROS	0	4	3	0	7
			TRICOPTEROS	1	1	0	0	2
	Total ARTROPODOS	Total INSECTOS		18	12	72	3	105
	TOTAL			18	12	72	3	105
				18	12	73	12	115

Tabla  
ORDENES de macroinvertebrados bentónicos.

Muestreo con fecha		Nº de organismos recogidos					
Agosto-1993							
TIPO	CLASE	ORDEN O SF	PTO				TOTAL
			E1	E2	E3	G4	
ANELIDOS	AQUETOS	RINCOBELIFORMES	0	1	0	0	1
	Total AQUETOS		0	1	0	0	1
	OLIGOQUETOS	OPISTÓPOROS PLES.PLESIOTECOS	1	0	0	0	1
	Total OLIGOQUETOS		6	0	0	4	10
Total ANELIDOS			6	1	0	4	11
ARTROPODOS	CRUSTACEOS	ANFIPODOS	6	0	1	0	7
	Total CRUSTACEOS		6	0	1	0	7
	INSECTOS	COLEOPTEROS DIPTEROS EFEMEROPTEROS ODONATOS PLECOPTEROS TRICOPTEROS	6 101 122 3 11 7	7 214 10 1 29 4	2 163 18 0 34 12	0 0 0 0 0 0	15 478 150 4 74 23
	Total INSECTOS		250	265	229	0	744
Total ARTROPODOS			256	265	230	0	751
TOTAL			262	266	230	4	762

Tabla  
ORDENES de macroinvertebrados bentónicos.

Muestreo con fecha		PTIO						
Abril-1994		E1	E2	E3	G4	TOTAL		
Nº de organismos recogidos								
TIPO	CLASE	ORDEN O SF						TOTAL
ANELIDOS	AQUETOS	RINCOBDELIFORMES	0	1	0	0	1	
	Total AQUETOS		0	1	0	0	1	
	OLIGOQUETOS	OPISTÓPOROS	0	0	2	1	3	
		PLES.PLESIOTECOS	0	7	1.170	13	1.190	
	Total OLIGOQUETOS		0	7	1.172	14	1.193	
Total ANELIDOS			0	8	1.172	14	1.194	
ARTROPODOS	ARACNIDOS	ACAROS	0	3	1	0	4	
	Total ARACNIDOS		0	3	1	0	4	
	CRUSTACEOS	ANFIPODOS	4	0	0	0	4	
		ISOPODOS	0	2	1	0	3	
	Total CRUSTACEOS		4	2	1	0	7	
	INSECTOS	COLEMBOLOS	0	2	1	3	6	
		COLEOPTEROS	0	4	10	1	15	
		DIPTEROS	5	27	61	35	128	
		EFEMEROPTEROS	42	81	34	5	162	
		ODONATOS	0	0	1	0	1	
		PLECOPTEROS	0	2	0	2	4	
		TRICOPTEROS	3	10	6	1	20	
	Total INSECTOS		50	128	113	47	336	
Total ARTROPODOS			54	131	115	47	347	
MOLUSCOS	GASTEROPODOS	BASOMATOFOROS	0	0	1	0	1	
		MESOGASTEROPODOS	0	0	15	27	42	
	Total GASTEROPODOS		0	0	16	27	43	
Total MOLUSCOS			0	0	16	27	43	
TOTAL			54	139	1.303	88	1.584	

Tabla  
ORDENES de macroinvertebrados bentónicos.

Muestreo con fecha Junio-1984

Nº de organismos recogidos	CLASE	ORDEN O SF	PTO				TOTAL
			E1	E2	E3	G4	
ANELIDOS	AQUETOS	RINCOBELIFORMES	0	1	3	0	4
	Total AQUETOS		0	1	3	0	4
	OLIGOQUETOS	PLES.PLESIOTECOS	1	52	1.758	0	1.811
	Total OLIGOQUETOS	PROSÓPOROS	15	0	1	0	16
Total ANELIDOS			16	52	1.759	0	1.827
			16	53	1.762	0	1.831
ARTROPODOS	ARACNIDOS	ACAROS	1	45	122	0	168
	Total ARACNIDOS		1	45	122	0	168
	CRUSTACEOS	ANFIPODOS	1	0	0	0	1
	Total CRUSTACEOS	ISOPODOS	0	1	0	1	2
			1	1	0	1	3
	INSECTOS	COLEMBOLOS	0	0	1	1	2
		COLEOPTEROS	35	79	49	2	165
		DIPTEROS	55	1.030	2.005	577	3.667
		EFEMEROPTEROS	54	940	289	15	1.298
		HEMIPTEROS	1	0	0	2	3
		ODONATOS	2	0	5	0	7
		PLECOPTEROS	10	18	6	0	34
		TRICOPTEROS	35	23	76	0	134
Total INSECTOS			192	2.090	2.431	597	5.310
Total ARTROPODOS			194	2.136	2.553	598	5.481
MOLUSCOS	BIVALVOS	EULAMELIBRANQUIOS	4	1	4	0	9
	Total BIVALVOS		4	1	4	0	9
	GASTEROPODOS	BASOMATOFOROS	6	0	2	0	8
		GASTEROPODOS	0	1	0	1	2
		MESOGASTEROPODOS	8	42	46	49	145
Total GASTEROPODOS			14	43	48	50	155
Total MOLUSCOS			18	44	52	50	164
NEMATELMINTOS	NEMATODOS	NEMATELMINTOS	0	31	2	13	46
	Total NEMATODOS		0	31	2	13	46
Total NEMATELMINTOS			0	31	2	13	46
TOTAL			228	2.264	4.369	661	7.522

Tabla  
ORDENES de macroinvertebrados bentónicos.

Muestreo con fecha		Noviembre-94		PTO			
Nº de organismos recogidos	CLASE	ORDEN O SF	E1	E2	E3	G4	TOTAL
ANELIDOS	AQUETOS	RINCOBELIFORMES	2	1	4	0	7
	Total AQUETOS		2	1	4	0	7
	OLIGOQUETOS	OPISTÓPOROS	0	0	0	2	2
		PLES.PLESIOTECOS	14	89	85	14	202
		PROSÓPOROS	1	0	0	0	1
	Total OLIGOQUETOS		15	89	85	16	205
Total ANELIDOS			17	90	89	16	212
ARTROPODOS	ARACNIDOS	ACAROS	0	1	1	0	2
	Total ARACNIDOS		0	1	1	0	2
	CRUSTACEOS	ANFIPODOS	2	0	0	0	2
	Total CRUSTACEOS		2	0	0	0	2
	INSECTOS	COLEOPTEROS	55	196	1	10	262
		DIPTEROS	38	528	191	74	831
		EFERMEROPTEROS	56	10	0	0	66
		HEMIPTEROS	0	0	0	1	1
		ODONATOS	0	1	1	1	3
		PLECOPTEROS	3	0	0	0	3
		TRICOPTEROS	20	86	135	16	257
	Total INSECTOS		172	821	328	102	1.423
	MIRIAPODOS	DIPLOPODA	0	1	0	0	1
	Total MIRIAPODOS		0	1	0	0	1
Total ARTROPODOS			174	823	329	102	1.428
MOLUSCOS	BIVALVOS	EULAMELIBRANQUIOS	0	1	0	0	1
	Total BIVALVOS		0	1	0	0	1
	GASTEROPODOS	BASOMATOFOROS	0	1	0	0	1
		MESOGASTEROPODOS	1	2	0	16	19
	Total GASTEROPODOS		1	3	0	16	20
Total MOLUSCOS			1	4	0	16	21
NEMATELMINTOS	NEMATODOS	NEMATELMINTOS	1	3	8	0	12
	Total NEMATODOS		1	3	8	0	12
Total NEMATELMINTOS			1	3	8	0	12
TOTAL			193	920	426	134	1.673

Tabla  
ORDENES de macroinvertebrados bentónicos.

Muestreo con fecha **Marzo-1995**

Nº de organismos recogidos		PTO				TOTAL		
TIPO	CLASE	ORDEN O SF	E1	E2	E3		G4	
ANELIDOS	AQUETOS	RINCOBDELIFORMES	0	0	2	1	3	
	Total AQUETOS		0	0	2	1	3	
	OLIGOQUETOS	PLES.PLESIOTECOS PROSÓPOROS	37	4	18	2	61	
Total OLIGOQUETOS			1	0	0	0	1	
Total ANELIDOS			38	4	18	2	62	
ARTROPODOS	ARACNIDOS	ACAROS	38	4	20	3	65	
	Total ARACNIDOS		4	7	1	0	12	
	CRUSTACEOS	ANFIPODOS	3	0	0	0	3	
	Total CRUSTACEOS		3	0	0	0	3	
	INSECTOS	COLEMBOLOS		0	1	0	0	1
		COLEOPTEROS		94	74	6	3	177
		DIPTEROS		72	263	13	3	351
		EFEMEROPTEROS		142	195	9	0	346
		HEMIPTEROS		0	0	0	10	10
		ODONATOS		1	0	0	0	1
PLECOPTEROS			11	6	0	0	17	
TRICOPTEROS			47	28	14	0	89	
Total INSECTOS		367	567	42	16	992		
Total ARTROPODOS		374	574	43	16	1.007		
MOLUSCOS	BIVALVOS	EULAMELIBRANQUIOS	0	4	0	0	4	
	Total BIVALVOS		0	4	0	0	4	
	GASTEROPODOS	BASOMATOFOROS GASTEROPODOS MESOGASTEROPODOS	20	1	0	0	21	
Total GASTEROPODOS		0	1	0	0	1		
Total GASTEROPODOS			16	43	1	60		
Total GASTEROPODOS			36	45	1	82		
Total MOLUSCOS			36	49	1	86		
NEMATELMINTOS	NEMATODOS	NEMATELMINTOS	0	2	0	0	2	
	Total NEMATODOS		0	2	0	0	2	
Total NEMATELMINTOS			0	2	0	2		
TOTAL			448	629	64	19	1.160	

Tabla  
Familias de macroinvertebrados bentónicos excepto insectos.

TIPO	CLASE	ORDEN O SUPERFAMILIA (SF)	FAMILIA	Junio-1993				Agosto-1993					
				E1	E2	E3	G4	E1	E2	E3	G4		
ANELIDOS	AQUETOS	RINCOBELIFORMES	ERPOBELLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OLIGOQUETOS	OPISTÓPOROS	GLOSSIPHONIIDAE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
			LUMBRICIDAE	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ARTROPODOS	ARACNIDOS	ACAROS	NAIDIDAE	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
			TUBIFICIDAE	0	0	0	8	5	0	0	0	4	0
			LUMBRICULIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CRUSTACEOS	ANFIPODOS	HALACARIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			HYDRACHNELLAE (SF)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOLUSCOS	BIVALVOS	EULAMELIBRANQUIOS	ORIBATIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			GAMMARIDAE	0	0	0	0	6	0	0	1	0	
	GASTEROPODOS	GASTEROPODOS	ASELLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			SPHAERIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			ANCYLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEMATHELMINTOS	NEMATODOS	MESOGASTEROPODOS	PLANORBIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			BITHYNIIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			BYTHINELLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			HYDROBIIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			MERMITHOIDEA (SF)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				0	0	0	1	9	12	1	1	1	4

Tabla  
Familias de macroinvertebrados bentónicos excepto Insectos.

TIPO	CLASE	ORDEN O SUPERFAMILIA (SF)	FAMILIA	Abril-1994				Junio-1994				
				E1	E2	E3	G4	E1	E2	E3	G4	
ANELIDOS	AQUETOS	RINCOBELIFORMES	ERPODELLIDAE	0	0	0	0	0	0	1	0	0
			GLOSSIPHONIIDAE	0	1	0	0	0	0	0	3	0
	OLIGOQUETOS	OPISTÓPOROS PLES.PLESIOTECOS	LUMBRICIDAE	0	0	0	2	1	0	0	0	0
			NAIDIDAE	0	2	0	0	0	1	0	0	0
ARTROPODOS	ARACNIDOS	PROSÓPOROS ACAROS	TUBIFICIDAE	0	5	1170	13	0	0	52	1758	0
			LUMBRICULIDAE	0	0	0	0	0	15	0	1	0
			HALACARIDAE	0	0	0	0	0	1	3	0	0
	CRUSTACEOS	ANFIPODOS ISOPODOS	HYDRACHNELLAE (SF)	0	3	1	0	0	0	42	122	0
			ORIBATIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			GAMMARIDAE	4	0	0	0	0	1	0	0	0
MOLUSCOS	BIVALVOS	EULAMELIBRANQUIOS	ASELLIDAE	0	2	1	0	0	1	0	0	1
			SPHAERIIDAE	0	0	0	0	0	4	1	4	0
			ANCYLIDAE	0	0	1	0	0	6	0	2	0
	GASTEROPODOS	GASTEROPODOS MESOGASTEROPODOS	PLANORBIDAE	0	0	0	0	0	0	1	0	1
			BITHYNIIDAE	0	0	0	0	0	0	2	1	0
			BYTHINELLIDAE	0	0	1	1	1	8	40	41	34
NEMATHELMINTOS	NEMATODOS	HYDROBIDAE	0	0	14	28	0	0	0	4	15	
		MERMITHOIDEA (SF)	0	0	0	0	0	0	31	2	13	
TOTAL				4	13	1190	41	36	174	1938	64	

Tabla  
Familias de macroinvertebrados bentónicos excepto insectos.

TIPO	CLASE	ORDEN O SUPERFAMILIA (SF)	FAMILIA	Noviembre-1994				Marzo-1998				
				E1	E2	E3	G4	E1	E2	E3	G4	
ANELIDOS	AQUETOS	RINCOBELIFORMES	ERPODELLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			GLOSSIPHONIIDAE	2	1	4	0	0	0	0	2	0
	OLIGOQUETOS	OPISTÓPOROS PLES.PLESIOTECOS	LUMBRICIDAE	0	0	0	2	0	0	0	0	0
			NAIDIDAE TUBIFICIDAE	0	0	8	0	0	0	1	0	0
ARTROPODOS	ARACNIDOS	PROSÓPOROS	LUMBRICULIDAE	14	89	77	14	37	3	18	2	
		ACAROS	HALACARIDAE	1	0	0	0	1	0	0	0	
			HALACARIDAE HYDRACHNELLAE (SF) ORIBATIDAE	0	1	0	0	2	0	0	0	
	CRUSTACEOS	ANFIPODOS	GAMMARIDAE	2	0	0	0	3	0	0	0	
		ISOPODOS	ASELLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	
		BIVALVOS	EULAMELIBRANQUIOS	0	1	0	0	0	0	0	0	
MOLUSCOS	GASTEROPODOS	BASOMATOFOROS	SPHAERIDAE	0	1	0	0	0	4	0	0	
		GASTEROPODOS	ANCYLIDAE	0	1	0	0	20	1	0	0	
	MESOGASTEROPODOS	PLANORBIDAE	PLANORBIDAE	0	0	0	0	0	1	0	0	
		BITHYNIIDAE BYTHINELLIDAE HYDROBIDAE	BITHYNIIDAE BYTHINELLIDAE HYDROBIDAE	0	0	0	0	0	0	11	0	
NEMATELMINTOS	NEMATODOS	MERMITHOIDEA (SF)	HYDROBIDAE	1	2	0	0	14	14	0	0	
			MERMITHOIDEA (SF)	0	0	0	16	2	18	1	0	
TOTAL				21	98	98	88	32	81	62	22	3

Tabla  
Familias y Géneros de INSECTOS

ORDEN	COLEOPTEROS	Número de organismos recogidos	fecha							TOTAL
			Jun-1993	Ago-1993	Abr-1994	Jun-1994	Nov-1994	Mar-1995		
		Género	0	0	0	1	0	0	1	
		Donacia	0	0	0	1	0	0	1	
		Total CHRYSOMELIDAE	0	0	0	1	0	0	1	
		Dryops	0	0	0	0	0	0	1	
		Total DRYOPIDAE	0	0	0	0	0	0	1	
		Agabus	3	9	1	5	0	0	18	
		Hydatcus	0	0	0	1	0	0	1	
		Hydroporus	0	1	0	0	0	0	1	
		Total DYTISCIDAE	3	10	1	6	0	0	21	
		ELMIDAE	0	0	0	0	0	0	7	
		Dupophilus	0	0	0	0	0	0	7	
		Elmris	0	0	0	9	3	10	22	
		Esolus	0	0	2	80	97	70	249	
		Limnius	0	0	2	27	40	32	101	
		Oulirnius	0	0	9	7	113	41	170	
		Riolus	0	1	2	0	1	1	5	
		Total ELMIDAE	0	1	15	123	254	161	554	
		GYRINIDAE	0	0	1	0	4	2	7	
		Orectochilus	0	0	1	0	4	2	7	
		Total GYRINIDAE	0	0	1	0	4	2	7	
		HALIPLIDAE	0	2	0	1	1	0	4	
		Total HALIPLIDAE	0	2	0	1	1	0	4	
		HELODIDAE	0	0	0	2	0	5	7	
		Helodes	0	0	0	2	0	5	7	
		Total HELODIDAE	0	0	0	2	0	5	7	
		HELOPHORIDAE	0	0	0	1	0	0	1	
		Helophorus	0	0	0	1	0	0	1	
		Total HELOPHORIDAE	0	0	0	1	0	0	1	
		HYDRAENIDAE	0	0	0	2	0	2	4	
		Hydraena	0	0	0	2	0	2	4	
		Total HYDRAENIDAE	0	0	0	2	0	2	4	
		HYDROPHILIDAE	0	2	0	21	0	1	24	
		Enochrus	0	2	0	21	0	1	24	
		Laccobius	0	0	0	8	0	3	11	
		Total HYDROPHILIDAE	0	2	0	29	0	4	35	
		HYGROBIIDAE	1	0	0	0	0	0	1	
		Hygrobia	1	0	0	0	0	0	1	
		Total HYGROBIIDAE	1	0	0	0	0	0	1	
		TOTAL	4	15	17	165	259	176	636	

Tabla  
Familias y Géneros de INSECTOS

ORDEN	DIPTEROS	Número de organismos recogidos	Fecha												TOTAL	
			Jun-1993	ago-1993	Abr-1994	Jun-1994	Nov-1994	Mar-1995								
		Familia														
		Género														
		n.d.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		ANTHOMIDAE														
		Total ANTHOMIDAE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		ATHERICIDAE														
		Atherix	1	3	5	21	25	25	11	11	66					66
		Total ATHERICIDAE	1	3	5	21	25	25	11	11	66					66
		CERATOPOGONIDAE														
		n.d.	0	0	0	5	2	1	5	13					13	
		Total CERATOPOGONIDAE	0	0	0	5	2	1	5	13					13	
		CHIRONOMIDAE														
		Apsectrotanytus	0	16	0	180	5	0	201					201		
		Brillia	0	0	2	24	1	13	40					40		
		C+O+P	1	3	49	498	366	124	1,041					1,041		
		Chironomus	46	150	3	792	15	2	1,008					1,008		
		Conchapelopia	6	35	1	345	7	7	401					401		
		Cryptochironomus	0	0	0	1	0	0	1					1		
		Diamesa	0	0	3	0	0	6	9					9		
		Epicoccladius	0	0	1	2	1	3	7					7		
		Eukiefferiella	0	0	6	66	116	8	196					196		
		Heleniella	0	0	0	1	0	0	1					1		
		Krenopsectra	0	0	0	0	0	1	1					1		
		Lithotanytarsus	0	0	0	0	0	1	1					1		
		Macropelopia	0	0	0	0	0	1	1					1		
		Micropesectra	1	1	3	113	72	11	201					201		
		Microtendipes	0	3	0	4	3	1	11					11		
		Paratrisociadius	0	0	0	2	18	2	22					22		
		Polypedilum	0	0	8	55	4	4	71					71		
		Procladius	0	0	0	15	9	0	24					24		
		Prodiamesa	2	3	3	330	3	4	345					345		
		Rheocricotopus	0	1	4	15	3	15	38					38		
		Rheotanytarsus	0	0	0	0	0	1	1					1		
		Stictochironomus	0	2	0	0	2	0	4					4		
		Synortoccladius	0	0	0	2	0	0	2					2		
		Tanytarsus	0	1	2	37	11	7	58					58		
		Thienemanniella	0	0	0	0	0	1	1					1		
		Thienemannimyia	0	4	0	0	0	0	4					4		
		Virgatanytarsus	0	0	0	0	0	0	0					0		
		Total CHIRONOMIDAE	56	219	85	2,482	636	216	3,694					3,694		

(n. d. = género no determinado)

Tabla  
Familias y Géneros de INSECTOS

Número de organismos recogidos Familia	Género	fecha							TOTAL
		Jun-1993	Ago-1993	Abr-1994	Jun-1994	Nov-1994	Mar-1995		
CULICIDAE	n.d.	0	0	0	14	0	0	14	
Total CULICIDAE		0	0	0	14	0	0	14	
DOLICHOPODIDAE	n.d.	0	2	0	4	0	0	6	
Total DOLICHOPODIDAE		0	2	0	4	0	0	6	
EMPIDIDAE	n.d.	0	0	1	8	17	10	36	
Total EMPIDIDAE		0	0	1	8	17	10	36	
EPHYDRIDAE	n.d.	0	0	0	3	0	0	3	
Total EPHYDRIDAE		0	0	0	3	0	0	3	
LIMONIIDAE	Hexatoma	1	1	5	1	1	1	10	
Total LIMONIIDAE		1	1	5	1	1	1	10	
MUSCIDAE	Fannia	0	0	0	0	1	1	2	
Total MUSCIDAE		0	0	0	0	1	1	2	
PSYCHODIDAE	n.d.	0	0	16	81	2	1	100	
Total PSYCHODIDAE		0	0	16	81	2	1	100	
SIMULIIDAE	n.d.	0	201	12	1,058	146	100	1,517	
Total SIMULIIDAE		0	201	12	1,058	146	100	1,517	
STRATIOMYIDAE	n.d.	0	0	0	0	0	1	1	
Total STRATIOMYIDAE		0	0	0	0	0	1	1	
STRATIOMYIIDAE	n.d.	0	1	0	0	0	0	1	
Total STRATIOMYIIDAE		0	1	0	0	0	0	1	
SYRPHIDAE	n.d.	0	0	0	1	1	0	2	
Total SYRPHIDAE		0	0	0	1	1	0	2	
TABANIDAE	n.d.	3	51	3	3	3	6	69	
Total TABANIDAE		3	51	3	3	3	6	69	
TIPULIDAE	n.d.	0	0	0	1,458	0	0	1,458	
Total TIPULIDAE		0	0	0	1,458	0	0	1,458	
TOTAL		62	478	132	5,136	833	352	6,993	

(n.d. = género no determinado)

Tabla  
Familias y Géneros de INSECTOS

ORDEN	EFEMERÓPTEROS									
	Número de organismos recogidos	fecha								
Familia	Género	Jun-1993	Ago-1993	Abr-1994	Jun-1994	Nov-1994	Mar-1995	TOTAL		
BAETIDAE	Baetis	2	34	92	1.099	40	254	1.521		
	Centroptilum	0	2	0	18	0	2	22		
	Cloeon	0	1	0	0	0	0	1		
Total BAETIDAE		2	37	92	1.117	40	256	1.544		
CAENIDAE	Brachicercus	0	0	0	0	0	2	2		
	Caenis	4	1	5	14	0	14	38		
Total CAENIDAE		4	1	5	14	0	16	40		
EPHEMERELLIDAE	Ephemerella	3	0	1	53	0	31	88		
	Torleya	0	0	0	0	0	2	2		
Total EPHEMERELLIDAE		3	0	1	53	0	33	90		
EPHEMERIDAE	Ephemera	20	26	14	21	12	9	102		
Total EPHEMERIDAE		20	26	14	21	12	9	102		
HEPTAGENIIDAE	Arthroplea	0	0	1	0	0	1	2		
	Ecdyonurus	0	3	10	3	0	4	20		
	Heptagenia	0	0	3	4	3	0	10		
	Rhithrogena	0	0	4	0	0	0	4		
	Rhithrogena	0	0	0	0	0	0	7		
	Total HEPTAGENIIDAE		0	3	18	7	3	12	43	
LEPTOPHLEBIIDAE	Habrophlebia	0	83	9	86	0	5	183		
	Paraleptophlebia	0	0	23	0	11	7	41		
Total LEPTOPHLEBIIDAE		0	83	32	86	11	12	224		
POTAMANTHIDAE	Potamantus	0	0	0	0	0	1	1		
Total POTAMANTHIDAE		0	0	0	0	0	1	1		
SIPHONURIDAE	Siphonurus	0	0	0	1	0	7	8		
Total SIPHLONURIDAE		0	0	0	1	0	7	8		
TOTAL		29	150	162	1.299	66	346	2.052		

Tabla  
Familias y Géneros de INSECTOS

ORDEN	ODONATOS	Número de organismos recogidos	fecha							TOTAL
			Jun-1993	Agc-1993	Abr-1994	Jun-1994	Nov-1994	Mar-1995		
		Familia	Género							
		AESCHNIDAE	Boyeria	1	3	1	1	7	1	0
		Total AESCHNIDAE		1	3	1	1	7	1	0
		COENAGRIONIDAE	n.d.	0	0	0	0	0	1	0
		Total COENAGRIONIDAE		0	0	0	0	0	1	0
		CORDULEGASTERIDAE	Cordulegaster	0	1	0	0	1	1	1
		Total CORDULEGASTERIDAE		0	1	0	0	1	1	1
		LIBELULLIDAE	Orthetrum	0	0	0	0	2	1	0
		Total LIBELULLIDAE		0	0	0	0	2	1	0
		TOTAL		1	4	1	1	10	4	1
										21

Tabla  
Familias y Géneros de INSECTOS

ORDEN		TRICÓPTEROS		fecha							TOTAL
Número de organismos recogidos											
Familia	Género	Jun-1993	Agó-1993	Abr-1994	Jun-1994	Nov-1994	Mar-1995	TOTAL			
BERAEIDAE	Beraea	0	0	0	1	0	0	1			
Total BERAEIDAE		0	0	0	1	0	0	1			
GLOSSOSOMATIDAE	Glossoma Synagapetus	0	0	0	0	0	0	2			
Total GLOSSOSOMATIDAE		0	0	0	0	0	0	2			
HYDROPSYCHIDAE	Hydropsyche	0	12	12	14	31	25	94			
Total HYDROPSYCHIDAE		0	12	12	14	31	25	94			
HYDROPTILIDAE	Hydroptila	0	0	0	0	0	7	7			
Total HYDROPTILIDAE		0	0	0	0	0	7	7			
LEPTOCERIDAE	Athripsodes	0	0	0	20	5	14	39			
Total LEPTOCERIDAE		0	0	0	20	5	14	39			
LIMNEPHILIDAE	Halesus Potamophylax	0	0	0	0	0	1	1			
Total LIMNEPHILIDAE		0	0	0	0	0	1	1			
ODONTOCERIDAE	Odontocerum	0	0	3	0	1	2	6			
Total ODONTOCERIDAE		0	0	3	0	1	2	6			
POLYCENTROPODIDAE	Plectrocnemia Polycentropus	0	4	0	1	0	0	5			
Total POLYCENTROPODIDAE		0	4	0	1	0	0	5			
PSYCHIMIYIIDAE	Tinodes	1	0	0	0	10	0	11			
Total PSYCHIMIYIIDAE		1	0	0	0	10	0	11			
PSYCHOMYIIDAE	Tinodes	0	1	0	71	193	17	282			
Total PSYCHOMYIIDAE		0	1	0	71	193	17	282			
RHYACOPHILIDAE	Rhyacophila	0	1	2	13	6	6	28			
Total RHYACOPHILIDAE		0	1	2	13	6	6	28			
SERICOSTOMATIDAE	Sericostoma	1	5	2	12	4	1	25			
Total SERICOSTOMATIDAE		1	5	2	12	4	1	25			
TOTAL		2	23	20	134	257	87	523			

Tabla  
Familias y Géneros de INSECTOS

ORDEN	PLECÓPTEROS		fecha													
	Número de organismos recogidos	Género	Jun-1993	Ago-1993	Abr-1994	Jun-1994	Nov-1994	Mar-1995	TOTAL	Jun-1993	Ago-1993	Abr-1994	Jun-1994	Nov-1994	Mar-1995	TOTAL
LEUCTRIDAE	7	Leuctra	7	73	2	27	0	10	119	7	73	2	27	0	10	119
Total LEUCTRIDAE	7		7	73	2	27	0	10	119	7	73	2	27	0	10	119
NEMOURIDAE	0	Amphinemura	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	1	1
Total NEMOURIDAE	0	Protonemura	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	1	1
PERLIDAE	0	Perla	0	1	2	0	3	9	9	0	0	0	7	0	0	7
Total PERLIDAE	0	Periodes	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	7	3	3	16
TOTAL	7		7	74	4	34	3	17	139	7	74	4	34	3	17	139

### 7.3 Apéndice III. Valores de concentraciones metálicas recomendables por las Administraciones Públicas para salvaguardar la fauna acuática.

#### zinc

##### Canadá

0,03 mg/l

##### Estados Unidos

0,065 mg/l (dureza del agua (CaCO<sub>3</sub>): 50 mg/l, media de 1 hora)  
0,120 mg/l (dureza del agua (CaCO<sub>3</sub>): 100 mg/l, media de 1 hora)  
0,210 mg/l (dureza del agua (CaCO<sub>3</sub>): 200 mg/l, media de 1 hora)  
0,058 mg/l (dureza del agua (CaCO<sub>3</sub>): 50 mg/l, media de 4 días)  
0,110 mg/l (dureza del agua (CaCO<sub>3</sub>): 100 mg/l, media de 4 días)  
0,190 mg/l (dureza del agua (CaCO<sub>3</sub>): 200 mg/l, media de 4 días)

##### Comunidad Económica Europea

0,01 mg/l para la protección de salmónidos (dureza del agua (CaCO<sub>3</sub>): 0-50 mg/l)  
0,075 mg/l para la protección de salmónidos (dureza del agua (CaCO<sub>3</sub>): 100-250 mg/l)  
0,125 mg/l para la protección de salmónidos (dureza del agua (CaCO<sub>3</sub>): >250 mg/l)  
0,04 mg/l para la protección de peces y moluscos marinos.

#### plomo

##### Canadá

0,001 mg/l (dureza del agua: 0-60 mg/l)  
0,002 mg/l (dureza del agua: 61-120 mg/l)  
0,004 mg/l (dureza del agua 121-180 mg/l)  
0,007 mg/l (dureza del agua >180 mg/l)

##### Estados Unidos

0,0013 mg/l (dureza del agua 50 mg/l; media de 4 días)  
0,0032 mg/l (dureza del agua 100 mg/l; media de 4 días)  
0,0077 mg/l (dureza del agua 200 mg/l; media de 4 días)

##### Comunidad Económica Europea

0,004 mg/l para la protección de salmónidos (dureza del agua :0-50 mg/l)  
0,010 mg/l para la protección de salmónidos (dureza del agua :51-150 mg/l)  
0,020 mg/l para la protección de salmónidos (dureza del agua :> 151 mg/l)  
0,050 mg/l para la protección de vida piscícola (dureza del agua :0-50 mg/l)  
0,125 mg/l para la protección de vida piscícola (dureza del agua :51-150 mg/l)  
0,250 mg/l para la protección de vida piscícola (dureza del agua :> 151 mg/l)  
0,025 mg/l para la protección de peces y moluscos marinos.

#### hierro

En la mayoría de las naciones el rango admitido para este metal va de 0,3 a 1,0 mg/l.

#### manganeso

Estados Unidos<sup>1</sup>: 0,1 mg/l en aguas para protección de moluscos marinos

#### cobre

##### Canadá

0,0002 mg/l (dureza del agua: 0-120 mg/l)  
0,0003 mg/l (dureza del agua 121-180 mg/l)  
0,0004 mg/l (dureza del agua >180 mg/l)

<sup>1</sup> Aunque el Mn es relativamente no tóxico, este dato propuesto por la USEPA en 1973 no está consensuado por otros organismos gubernamentales o naciones.

Estados Unidos

0,00066 mg/l (dureza de agua 50 mg/l; media de 4 días)  
0,0012 mg/l (dureza de agua 100 mg/l; media de 4 días)  
0,002 mg/l (dureza de agua 200 mg/l; media de 4 días)

Comunidad Económica Europea

0,001 mg/l (dureza del agua : 0-50 mg/l)  
0,006 mg/l (dureza del agua : 51 - 100 mg/l)  
0,010 mg/l (dureza del agua : 101 - 250 mg/l)  
0,026 mg/l (dureza del agua : > 250 mg/l)  
0,005 mg/l para la protección de peces y moluscos marinos

cadmio

Canadá

0,0002 mg/l (dureza del agua: 0-60 mg/l)  
0,0006 mg/l (dureza del agua: 61-120 mg/l)  
0,0013 mg/l (dureza del agua: 121-180 mg/l)  
0,0018 mg/l (dureza del agua > 180 mg/l)

Estados Unidos

0,00066 mg/l (dureza del agua: 50 mg/l; media de 4 días)  
0,0011 mg/l (dureza del agua 100 mg/l; media de 4 días)  
0,002 mg/l (dureza del agua 200 mg/l; media de 4 días)

Reino Unido: 0,002 mg/l (fracción disuelta)

cromo

Canadá

0,02 mg Cr/l para la protección de peces.  
0,002 mg Cr/l para la protección de vida acuática incluidos zooplancton y fitoplancton.

Estados Unidos

0,05 mg Cr<sup>6+</sup>/l (media de 4 días)  
1,10 mg Cr<sup>6+</sup>/l (media de 1 hora)  
0,12 mg Cr<sup>3+</sup>/l (dureza del agua : 50 mg/l; media de 4 días)  
0,21 mg Cr<sup>3+</sup>/l (dureza del agua : 100 mg/l; media de 4 días)  
0,37 mg Cr<sup>3+</sup>/l (dureza del agua : 200 mg/l; media de 4 días)

Comunidad Económica Europea

0,015 mg Cr/l para la protección de peces  
0,005 mg Cr/l para la protección de salmónidos (dureza del agua : 50 mg/l)  
0,250 mg Cr/l para la protección de salmónidos (dureza del agua : >250 mg/l)

#### 7.4 Apéndice IV. Cálculos del Índice de Similitud

##### EN CADA ESTACIÓN Y MUESTREO

$\Sigma P_i$	AG_93	AB_94	JN_94	NV_94	MR_95
E-1	3267	868	3431	3073	6781
E-2	3507	2214	39050	16665	9992
E-3	3015	23762	79190	7757	1054
G-4	74	1373	11345	2187	226

##### COEFICIENTE DE SIMILITUD

C	AG_93	AB_94	JN_94	NV_94	MR_95
E-1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E-2	0,42	0,39	0,11	0,20	0,53
E-3	0,45	0,02	0,05	0,17	0,23
G-4	0,04	0,13	0,13	0,34	0,03

punto	MEDIA	C.V.	D.T.	L.C.
E-1	1,00	0,00	0	0
E-2	0,33	0,52	0,1716	0,1504
E-3	0,18	0,93	0,1717	0,1505
G-4	0,14	0,91	0,1246	0,1092

FAMILIAS	1/03/93				1/04/94				1/08/94				1/11/94				1/03/95			
	E1	E2	E3	G4	E1	E2	E3	G4	E1	E2	E3	G4	E1	E2	E3	G4	E1	E2	E3	G4
AESCHNIDAE	28	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANCYLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	262	13	0
ASELLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATHERICIDAE	16	16	16	16	0	32	32	16	0	178	96	64	0	353	32	0	16	118	26	0
BAETIDAE	180	144	160	160	128	128	128	128	0	37	37	37	0	419	105	0	0	1263	1283	128
BERAEIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BITHYNIIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BYTHINELLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	148	148	148	13	13	0	0	163	163	0
CAENIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0
CERATOPOGONIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	26
CHIRONOMIDAE	1481	984	1028	1028	56	56	56	56	778	778	778	778	778	278	278	278	278	928	626	148
CHRYSOMELIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COENAGRIONIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CORULEGASTERIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CULICIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CURCULIONIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DOLICHOPODIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRYOPIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DYTISCIDAE	64	64	16	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ELMIDAE	9	9	0	0	0	0	0	0	0	465	465	417	0	0	0	0	0	1500	1333	111
EMPHIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	0
EPHEMEROPTERIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192	192	60	0	0	0	0	0	354	78	0
EPHEMERAE	241	0	0	0	128	80	16	0	246	26	0	0	0	144	13	0	0	92	26	0
EPHYDRIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPROBELLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GAMMARIDAE	78	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	26	0	0
GERRIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GLOSSOPHONIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GLOSSOSOMATIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GYRINIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HALACARIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0	0	0	0	0	13	19	0	0
HALIPLIDAE	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HELODIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0
HELOPHORIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEPTAGENIIDAE	28	0	0	0	192	80	16	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	144	0	13
HYDRACHNELLAE (SF)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	16	0
HYDRAENIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	32	32	16
HYDROBIIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	39	0	0
HYDROPHILIDAE	13	0	13	0	16	16	16	16	0	16	16	16	16	0	0	0	0	160	160	64
HYDROPSYCHIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	48	16
HYDROPTILIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223	39	0	0	0	0	0	0	130	52	0
LEPTOCERIDAE	789	0	0	0	256	204	37	93	0	321	321	321	321	131	13	0	0	106	52	0
LEPTOPHEBIIDAE	178	178	0	0	0	0	0	0	0	48	48	48	0	0	0	0	0	65	65	0
LEUCTRIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIBELLULIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0
LIMNephilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIMNPHILIDAE	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIMERICIDAE	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIMNOCORIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
MESOTHELIIDAE (SF)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MESOTHELIIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	16	0	0	0	0
MUSCIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NAUVIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEMOURIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPONTOCERIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	13	0
ORIBATIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PERLIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0
PLANORBIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PODURIIDAE (SF)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POLYCENTROPODIDAE	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POTAMANTHIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSYCHODIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSYCHOMYIDAE	9	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	39	0	241	241	111	0	0	0	0
RHYACOPHILIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	16	16	0	0	0	26	26	0	0
SERICOSTOMATIDAE	13	13	0	0	19	0	0	0	144	13	0	0	0	37	19	19	39	39	0	0
SIMULIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0
SIPHONURIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	16	64	0	0	0	0	0	0	0	0
SPHAERIDAE	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STRATIOMYIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYRPHIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TABANIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TIPULIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUBIFICIDAE	93	0	0	0	74	0	0	0	0	0	0	0	0	259	259	259	259	685	56	333

3287 1421 1421 74 868 596 285 148 3431 2244 2100 981 3073 2004 900 900 6781 4447 888 106

Cálculo de valores Preeminentes. Índice Similitud