

## ACCIÓN E.6: Plan de seguimiento y vigilancia ambiental

- 1.- Seguimiento de la calidad del medio para las especies  
objetivo: *Margaritifera margaritifera* y *Galemys pyrenaicus*.

(Enero-Diciembre 2013)

Juan M. Antelo Cortizas  
Florencio Arce Vázquez  
Sarah Fiol López  
Cristina Pastoriza Otero  
Juan Antelo Martínez

## ACCIÓN E.6: Plan de seguimiento y vigilancia ambiental

### 1 Seguimiento de la calidad del medio para las especies objetivo:

Buena parte de las medidas de conservación irán enfocadas a mejorar la calidad del hábitat para estas especies. En consecuencia se establecerá un sistema de seguimiento de la calidad del mismo, enfocado a aquellas variables clave para la conservación de las especies objetivo como por ejemplo, la calidad de los substratos para *M. margaritifera* o el estado de las poblaciones bentónicas de macroinvertebrados y el régimen de caudales de especial relevancia para *G. pyrenaicus*, en las zonas en las que las medidas de actuación previsiblemente tengan efecto.

Los controles a realizar serán:

- a) Controles para determinar el efecto de las actuaciones de mejora del hábitat de estas especies, tanto referidas a la aplicación de bandas tampón en las riberas como o la eliminación de obstáculos.

Parámetros a determinar	
Determinaciones <i>in situ</i> en agua	Temperatura, Conductividad, Turbidez, Oxígeno disuelto, % de saturación de oxígeno, pH, Potencial Redox.
Cationes en agua	Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre.
Aniones en agua	Cloruros, Sulfatos, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Sílice.
Otras características fisicoquímicas de las aguas	Acidez, Alcalinidad, DQO, Fósforo total, Amoníaco no ionizado, Amonio total, Color, Materiales en suspensión.
Elementos biológicos	Macroinvertebrados (observados/esperados), Macrófitas.
Elementos Hidromorfológicos	Disponibilidad de refugio, estructura del cauce, granulometría, tramos hidrodinámicos, vegetación de ribera.

- b) Controles de calidad del hábitat para zonas de actuación en áreas de cría de *M. margaritifera* y de control de la aplicación de medidas agroambientales.

b.1) Los parámetros a determinar en aguas serán los mismos que los indicados en el apartado a).

b.2) Los parámetros a determinar en substrato serán:

Parámetros a determinar	
Determinaciones <i>in situ</i> en substrato	Potencial Redox, Conductividad, pH.
Granulometría del substrato	% de sedimento < 1 mm, % de sedimento <200 µm.
Fracción fina de sedimentos	Análisis elemental. Digestión de las muestras y determinación de metales pesados.
Otras características fisicoquímicas	Alcalinidad, DQO, Fósforo total, Nitratos.

El desarrollo de la acción E.6.1 de este proyecto ha sido encomendado al grupo de Química Física Ambiental de la USC.

En el último trimestre del año 2012 (octubre – diciembre) se elaboro un plan de trabajo detallado para desarrollar el plan de seguimiento y vigilancia ambiental.

Desde noviembre de 2012 y a lo largo del año 2013 se ha aplicado este plan de trabajo con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en la acción E.6.1.

En este informe parcial se incluye información inicial sobre:

- 1.- Calidad del agua en la red de seguimiento y vigilancia
- 2.- Caracterización de los sedimentos

## 1.- Calidad del agua en la red de seguimiento y vigilancia

### 1.1.- Diseño de la red de seguimiento y vigilancia.

El diseño de la red se ha realizado teniendo en cuenta varios aspectos:

1. Resultados obtenidos en la "Acción A4. Caracterización del hábitat". Realizada en los dos primeros años del proyecto.
2. Situación de las bandas tampón y de las medidas agroambientales.
3. Características especiales de la cuenca.
4. Situación de los obstáculos que se van a eliminar/modificar.
5. Situación de las áreas de cría de *M. margaritifera*.

De acuerdo con esto, la red de seguimiento y vigilancia constará de dos tipos de estaciones de muestreo:

- a) red básica: que constará de 23 estaciones, elegidas haciendo uso de los criterios anteriores, de entre las 51 estudiadas durante la fase previa. Estas 23 estaciones que conforman la red básica de seguimiento y vigilancia se muestrearán trimestralmente durante los años 2013-2015, para variables fisicoquímicas y dos veces al año para las biológicas. Se realizará un seguimiento especial durante la realización de la obra de eliminación o modificación del obstáculo
- b) Red complementaria: que inicialmente que constara de 9 estaciones, pero que a lo largo del proyecto podrán aumentar o disminuir según como vaya evolucionando la ejecución del mismo. El objetivo del análisis de estas muestras, es obtener información complementaria sobre la calidad del agua en zonas que pueden tener interés para el desarrollo del proyecto y que no estaban incluidas en el diseño inicial. Para la elección de estos puntos de toma de muestra y su frecuencia de muestreo, se tendrá en cuenta la información obtenida a medida que se va desarrollando el proyecto.

<b>Plan de seguimiento: Red básica de control de la calidad del agua</b>						
<b>Código fase previa</b>	<b>Río</b>	<b>Código plan de seguimiento</b>	<b>Localización</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Altitud/ m</b>
7	Ulla	rb01		585593	4742661	466
8	Pambre	rb02		589046	4749635	435
10	Seco	rb03		582594	4746161	355
11	Ulla	rb04		581383	4744773	320
20	Arnego	rb05		573569	4736767	
25	Lañas	rb06		558817	4745418	103
26	Ulla	rb07		553933	4743322	104
29	Brandelos	rb08		554396	4741120	105
30	Deza	rb09		564381	4717113	430
32	Asneiros	rb10		571178	4718186	440
35	Deza	rb11		561840	4734213	257
36	Orza	rb12		560950	4734947	184
38	Toxa	rb13		558950	4732501	323
39	Dobreixa	rb14		559035	4736317	290
40	Deza	rb15		554301	4736504	61
41	Ulla	rb16		549997	4737904	61
43	Oca	rb17		547808	4733730	63
44	Ulla	rb18		543937	4732950	51
47	Liñares	rb19		543274	4732522	83
48	Pereiro	rb20		539626	4735035	85
49	Veá	rb21		537934	4733036	80
50	Santa Lucía	rb22		536598	4734735	41
51	Ulla	rb23		537117	4734400	54

Las coordenadas fueron leídas con un GPS GARMIN etrex; Huso: 29; Datum: ED50

<b>Plan de seguimiento: Red complementaria de control de la calidad del agua</b>						
<b>Código fase previa</b>	<b>Río</b>	<b>Código plan de seguimiento</b>	<b>Localización</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Altitud/ m</b>
65	Furelos	rc05	Barazon			
72	Chedas	rc08				
76	Arnego	rc06	Pte Vilaríño			
77	Irago	rc02	Irago			
78	Furelos	rc03				
80	Catasol	rc04				
81	R. das Abellas	rc07	Pte das Abellas			
82	Pambre	rc01	Pte. Namela			
UI-9	Ulla	rc09	Gres			

## 1.2.- Estaciones de muestreo

Como punto de partida se toman las 23 estaciones de muestreo recogidas en el la tabla anterior y que se corresponden con estaciones estudiadas en la Acción A4 (ver mapa-----)

A medida que se van ejecutando otras acciones del proyecto, se utilizara una red complementaria de estaciones de muestreo, recogiendo en ellas muestras con una frecuencia adecuada que permita comprobar la incidencia de estas acciones sobre la calidad del hábitat.

## 1.3.- Calidad química del agua

### 1.3.1.- Medidas "in situ"

Utilizando equipos portátiles (pH-metro, oxímetro, conductivímetro y turbidímetro), se medirán en campo los siguientes parámetros:

- Temperatura
- pH
- Oxígeno disuelto (mg/l) y % de saturación oxígeno
- Conductividad eléctrica
- Turbidez

Nota: Antes de salir al campo se debe comprobar el funcionamiento de los aparatos, la carga de las pilas y el estado de los repuestos de electrodos y reactivos de calibrado.

Siempre que sea posible, las medidas se realizarán introduciendo las sondas de medida directamente en el cauce del río, cuando esto no es posible se recoge una muestra de agua para realizar las mediciones "in situ".

El equipo de toma de muestra y el vaso de medida deben estar limpios y se lavan con el agua del río, se introducen los electrodos previamente lavados con agua del río y se realizan las medidas siguiendo el protocolo establecido.

Todos los resultados se anotan en el cuaderno de campo.

Se realizan 2 mediciones con un intervalo de 10 minutos.

Tabla 1.- Determinaciones "in situ"			
PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA DE REFERENCIA	MÉTODO
Fecha			
Hora			
Turbidez	NTU	UNE-EN 27027:1995	Método nefelométrico.
% saturación oxígeno	% O <sub>2</sub>	UNE EN 25814:1994	Método electroquímico
Oxígeno disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	UNE-EN 25814:1994	Método electroquímico
Temperatura	°C	2550 B. Standard Methods.	Sonda de temperatura
pH	-	4500-H <sup>+</sup> B. Standard Methods.	Electrodo de vidrio
Conductividad	μS/cm	UNE-EN 27888:1994	Célula de conductividad
Potencial redox	mV	2580-98. Standard Methods.	Electrodo de platino

### 1.3.2.- Muestras para el laboratorio

Todo el material que se va a usar para la recogida y almacenaje de las muestras debe venir limpio del laboratorio.



Se utilizan envases de polietileno de 2.5 litros de capacidad, que han sido previamente preparados utilizando un procedimiento estándar. Se etiqueta cada envase con rotulador indeleble indicando en el envase el punto de muestreo, fecha y operador.

Los botes serán enjuagados previamente con el agua del río.

Se recoge agua superficial del río y se vierte en los distintos envases.

Los envases se introducen en la nevera portátil, para su transporte al laboratorio, manteniéndola a baja temperatura hasta el momento de la realización de las distintas determinaciones.

### 1.3.3.- Medidas en el laboratorio

Una vez transportadas las muestras al laboratorio se llevarán a cabo la determinación de un conjunto de parámetros fisicoquímicos que nos permitan caracterizar la calidad del agua. Se procurará que la mayor parte de las medidas se realicen antes de que transcurran 48 horas desde la toma de muestra. En caso de ser necesario se recurre a la estabilización de alícuotas para la posterior determinación de algunos parámetros especiales.

Se está elaborando un manual de buenas prácticas de laboratorio, en el cual se establece el protocolo de trabajo para cada uno de los parámetros fisicoquímicos que se van a determinar. En estos protocolos se incluyen, de forma general, los siguientes puntos:

- 1.- Introducción
- 2.- Método de análisis
  - 2.1.- Fundamento
  - 2.2.- Instrumental
  - 2.3.- Reactivos
  - 2.4.- Procedimiento
  - 2.5.- Cálculos y expresión de los resultados
  - 2.6.- Curva de calibrado
- 3.- Bibliografía
- 4.- Anexo
- 5.- Esquema de trabajo

Se han puesto a punto un conjunto de métodos analíticos, que permiten determinar las concentraciones de las especies químicas mayoritarias existentes en un agua superficial. En la Tabla II se relacionan los parámetros determinados así como el método analítico utilizado, siguiéndose siempre los métodos establecidos en la Normas UNE o los métodos elaborados por otros organismos internacionales de aceptación general.

Tabla II.- Determinaciones de laboratorio			
PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA DE REFERENCIA	MÉTODO
Amonios	$\mu\text{g N/l}$	4500-NH <sub>3</sub> -C, S.M*	Método de la nesslerización directo.
Nitritos	$\mu\text{g NO}_2^-/\text{l}$	4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B, S.M	Método colorimétrico.
Nitratos	$\text{mg NO}_3^-/\text{l}$	4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B, S.M	Método espectrofotométrico ultravioleta selectivo.
Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{2-}$	Análisis de aguas y ensayos de tratamiento**	Determinación turbidimétrica de Sulfatos.
Fosfatos	$\mu\text{g P/l}$	4500-P E, S.M	Método del Ácido ascórbico.
Fósforo total	$\mu\text{g P/l}$	Norma A.S.T.M. 0-515-88	-
Manganeso	$\mu\text{g Mn}^{2+}/\text{l}$	ISO 6333:1986	Determinación por fotometría mediante formaldoxima
Hierro	$\text{mg Fe}^{2+}/\text{l}$	3500-Fe D., S.M	Determinación por fotometría con cloruro de 1,10-fenantrolinio.
Sílice	$\text{mg SiO}_2/\text{l}$	4500-Si-E, S.M	Método de azul heteropoli.
Sodio	$\text{mg Na}^+/\text{l}$	3500-Na-D, S.M	Método fotométrico de emisión de llama.
Potasio	$\text{mg K}^+/\text{l}$	3500-K-D, S.M Standard Methods.	Método fotométrico de emisión de llama.
DQO-Mn	$\text{mg O}_2/\text{l}$	UNE-EN ISO 8467:1995	Determinación del índice de permanganato.
Color	$\text{mg Pt-Co/l}$		Método del Pt-Co
Calcio	$\text{mg Ca}^{2+}/\text{l}$	3500-Ca D, S.M	Método titulométrico de AEDT.
Dureza	$\text{mg CaCO}_3/\text{l}$	2340 C, S.M	Método titulométrico de AEDT.
Magnesio	$\text{mg Mg}^{2+}/\text{l}$	3-129, S.M	Método titulométrico de AEDT.
Cloruros	$\text{mg Cl}^-/\text{l}$	4500-Cl <sup>-</sup> B, S.M	Método argentométrico.
Sólidos en Suspensión	$\text{mg/l}$	2540 D, S.M	Sólidos totales en suspensión secados a 103-105 °C.
Acidez	$\text{mg CaCO}_3/\text{l}$	2310-B, S.M	Método de titulación.
Alcalinidad	$\text{mg CaCO}_3/\text{l}$	2320 B, S.M	Método de titulación.

\* Standard Methods. For examination of water and wastewater. APHA-AWWA-WPCF. Edición 17. Versión española. Ed. Díaz de Santos. 1992

\*\* Análisis de aguas y ensayos de tratamiento. Rafael Marín Galvín. Ed. G.P. Barcelona. 1995

#### 1.4.- Calidad del Agua

Con el fin de poder realizar un informe sobre la evolución de la calidad actual del agua en los tramos de la cuenca del río Ulla en los cuales se está desarrollando este proyecto, se han programado la realización de cinco campañas de muestreo desde noviembre de 2012 a diciembre de 2013.

Los resultados obtenidos tanto en las medidas de campo como en las realizadas en el laboratorio se reseñan en las tablas que se incluyen en los anexos:

- Anexo I: datos de la red básica y complementaria
- Anexo II: caracterización del sedimento

La información obtenida se presenta también en gráficas, en las que se muestran los valores obtenidos para cada parámetro fisicoquímico en los distintos muestreos realizados, ordenando las estaciones de muestreo desde la cabecera hasta la desembocadura tanto en el cauce principal del Ulla como en los afluentes estudiados. El análisis de esta información, que nos va permitir establecer la calidad de las aguas en los tramos de la cuenca del río Ulla estudiados, y servirá para compararlos con los valores de referencia obtenidos en la primera fase del proyecto.

#### Calidad del agua para la vida de peces, Directiva 78/659/CEE

La directiva comunitaria 78/659/CEE, establece unos valores guía e imperativos para un conjunto de 14 parámetros que se indican en el Anexo I de dicha directiva. En la tabla siguiente se indican los valores establecidos para 9 de estos parámetros que fueron determinados en este proyecto: oxígeno disuelto, pH, materias en suspensión, nitritos, amonio total, amoniaco no ionizado, zinc y cobre, tanto para ciprínidos como para salmónidos.

Parámetro	Unidades	Salmónidos	Salmónidos	Ciprínidos	Ciprínidos
		V. G.	V. I.	V. G.	V. I.
Oxígeno disuelto		50% $\geq$ 9 100% $\geq$ 7	50% $\geq$ 9	50% $\geq$ 8 100% $\geq$ 5	50% $\geq$ 7
pH			6-9		6-9
Materias en suspensión	mg/l	$\leq$ 25		$\leq$ 25	
Fósforo total					
Nitritos	mg NO <sub>2</sub> /l	$\leq$ 0,010		$\leq$ 0,030	
Amoniaco no ionizado	mg NH <sub>3</sub> /l	$\leq$ 0,005	$\leq$ 0,025	$\leq$ 0,005	$\leq$ 0,025
Amonio total	mg NH <sub>4</sub> /l	$\leq$ 0,040	$\leq$ 1	$\leq$ 0,2	$\leq$ 1
Zinc total	mg Zn/l		$\leq$ 0.3		$\leq$ 1,0
Cobre soluble	mg Cu/l	$\leq$ 0,04		$\leq$ 0,04	

V. G.:valor guía

V. I.: valor imperativo

**Tabla V.- Clasificación del agua para la vida de salmonidos según la directiva 78/659/CEE**

Código**	Río	Código*	nov-10	feb-11	jun-11	nov-11	feb-12	may-12	nov-12	feb-13	jun-13	nov-13
7	Ulla	rb01	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
8	Pambre	rb02	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
10	Seco	rb03	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
11	Ulla	rb04	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
20	Arnego	rb05	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
25	Lañas	rb06	>VG	>VG	No Apto	No Apto	>VG	>VG	>VG	>VG	No Apto	>VG
26	Ulla	rb07	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
29	Brandelos	rb08	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
30	Deza	rb09	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
32	Asneiros	rb10	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
35	Deza	rb11	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
36	Orza	rb12	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
38	Toxa	rb13	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
39	Dobreixa	rb14	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
40	Deza	rb15	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
41	Ulla	rb16	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
43	Oca	rb17	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
44	Ulla	rb18	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
47	Liñares	rb19	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
48	Pereiro	rb20	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
49	Vea	rb21	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
50	Santa Lucía	rb22	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
51	Ulla	rb23	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
65	Furelos	rc05			>VG		>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
72	Deza	rc08			>VG			>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
76	Arnego	rc06			>VG		>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
77	Irago	rc02			>VG		>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
78	Furelos	rc03			>VG		>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
80	Catasol	rc04					>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
81	Ponte das Abellas	rc07						>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
82	Pambre	rc01							>VG	>VG	>VG	>VG
UI-9	Ulla	rc09								>VG	>VG	>VG

\*-Código fase de seguimiento , \*\*- Código fase previa

**Apto:** Todos los valores menores que los establecidos para el valor guía

**>VG:** Algún parámetro supera el valor guía sin superar el imperativo

**No Apto:** Algún parámetros supera el valor imperativo

Tabla V.- Clasificación del agua para la vida de ciprinidos según la directiva 78/659/CEE

Código**	Río	Código*	nov-10	feb-11	jun-11	nov-11	feb-12	may-12	nov-12	feb-13	jun-13	nov-13
7	Ulla	rb01	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
8	Pambre	rb02	>VG	Apto	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
10	Seco	rb03	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
11	Ulla	rb04	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
20	Arnego	rb05	>VG	Apto	Apto	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
25	Lañas	rb06	>VG	>VG	No Apto	No Apto	>VG	>VG	Apto	>VG	No Apto	>VG
26	Ulla	rb07	>VG	>VG	Apto	>VG	>VG	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto
29	Brandelos	rb08	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
30	Deza	rb09	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto
32	Asneiros	rb10	Apto	Apto	>VG	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto
35	Deza	rb11	>VG	>VG	>VG	Apto	Apto	>VG	Apto	Apto	Apto	Apto
36	Orza	rb12	Apto	Apto	>VG	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto
38	Toxa	rb13	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	Apto	Apto	>VG
39	Dobreixa	rb14	>VG	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto
40	Deza	rb15	>VG	>VG	Apto	>VG	Apto	>VG	Apto	Apto	Apto	>VG
41	Ulla	rb16	>VG	Apto	Apto	>VG	Apto	Apto	Apto	Apto	>VG	>VG
43	Oca	rb17	Apto	Apto	>VG	>VG	>VG	Apto	>VG	>VG	>VG	>VG
44	Ulla	rb18	>VG	Apto	>VG	>VG	Apto	Apto	>VG	>VG	Apto	Apto
47	Liñares	rb19	>VG	Apto	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	Apto	Apto	>VG
48	Pereiro	rb20	Apto	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	Apto	Apto	>VG
49	Vea	rb21	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	>VG
50	Santa Lucía	rb22	>VG	>VG	Apto	>VG	Apto	>VG	>VG	>VG	Apto	>VG
51	Ulla	rb23	>VG	>VG	Apto	>VG	Apto	Apto	>VG	>VG	Apto	Apto
65	Furelos	rc05			>VG		Apto	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
72	Deza	rc08			Apto			Apto	Apto	Apto	Apto	Apto
76	Arnego	rc06			>VG		Apto	>VG	>VG	Apto	>VG	>VG
77	Irago	rc02			>VG		>VG	>VG	Apto	Apto	Apto	>VG
78	Furelos	rc03			>VG		Apto	>VG	>VG	Apto	Apto	>VG
80	Catasol	rc04					>VG	>VG	>VG	>VG	>VG	>VG
81	Ponte das Abellas	rc07						>VG	>VG	Apto	>VG	>VG
82	Pambre	rc01							>VG	>VG	>VG	>VG
UI-9	Ulla	rc09								Apto	Apto	>VG

\*-Código fase de seguimiento , \*\*- Código fase previa

Apto: Todos los valores menores que los establecidos para el valor guía

&gt;VG: Algún parámetro supera el valor guía sin superar el imperativo

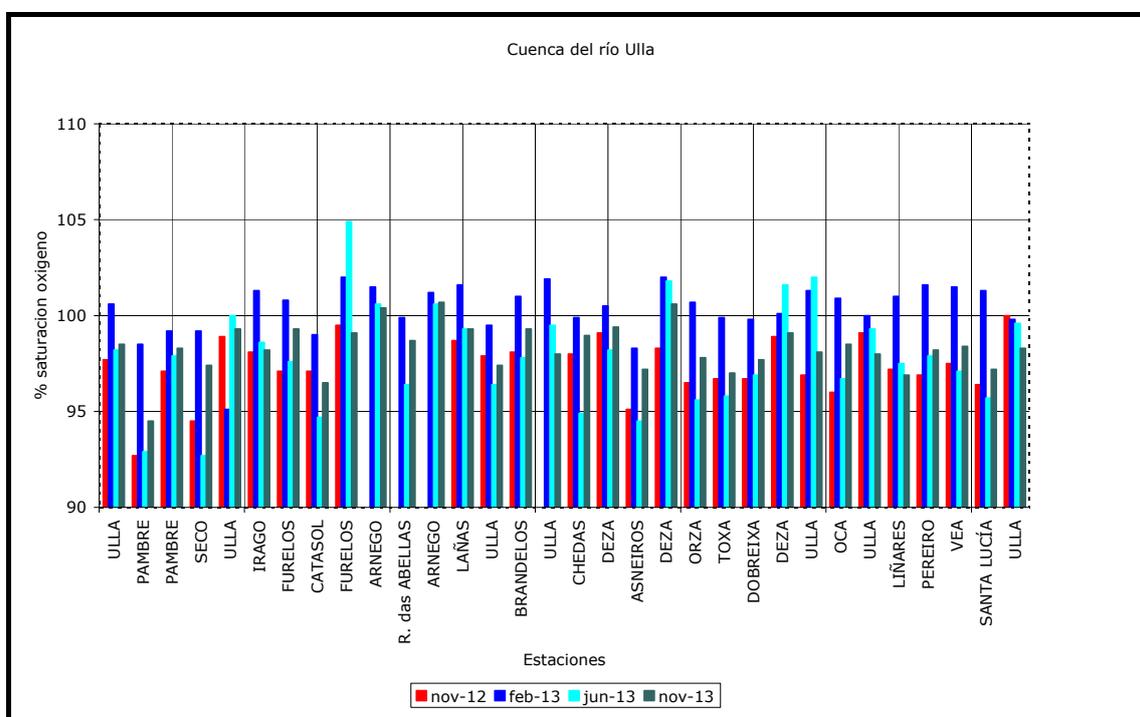
No Apto: Algún parámetros supera el valor imperativo

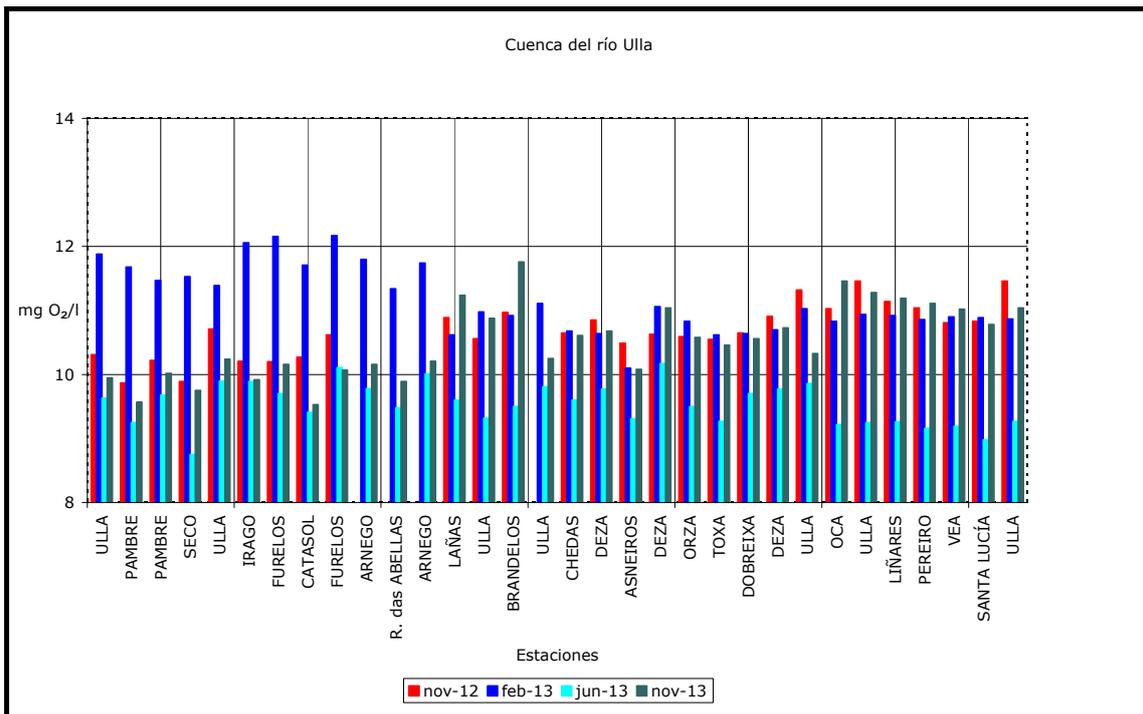
### Oxígeno disuelto

El contenido en oxígeno de las aguas de la cuenca del río Ulla es alto, próximo al 100% de saturación.

La cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua, depende de la temperatura del agua y de la presión atmosférica, aumentando la solubilidad del oxígeno al aumentar la presión atmosférica y al disminuir la temperatura. Por esta razón en los muestreos de jun-13, periodo en el cual se miden la masa del agua la temperatura más alta, el contenido de oxígeno disuelto, es menor de 10 mg O<sub>2</sub>/l, aunque próximo al 100% de saturación.

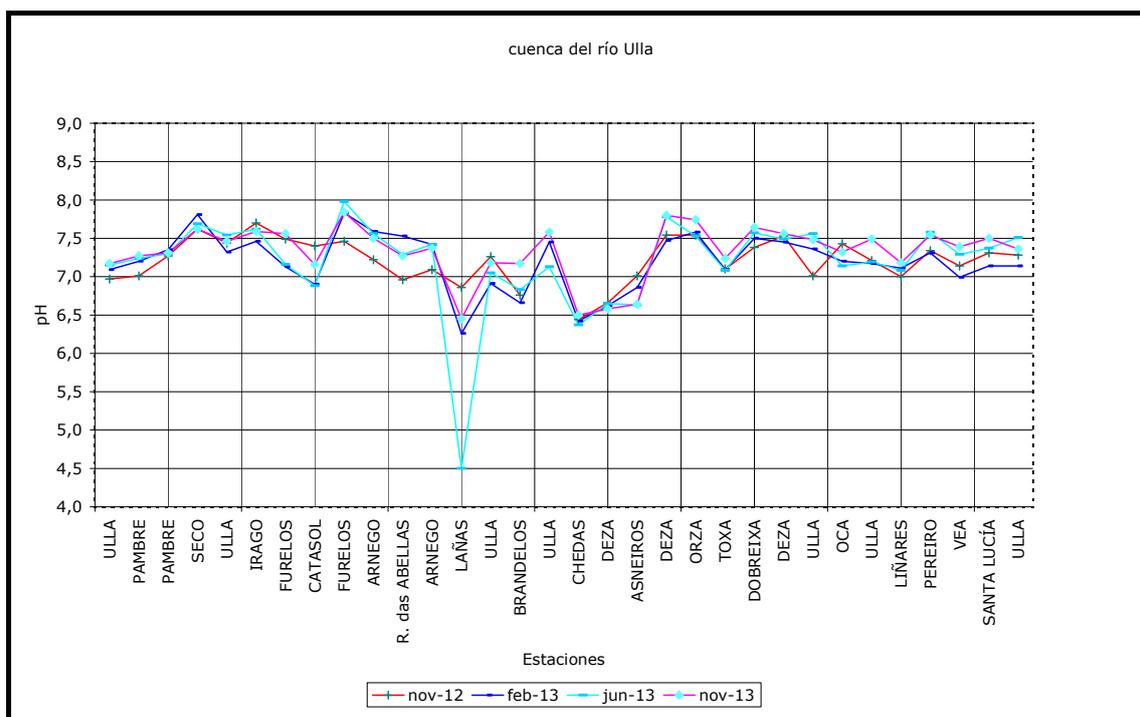
Únicamente se determinaron en 8 muestras contenidos menores del 95% de saturación de oxígeno, pero siempre mayores de 50% (5 en el muestreo de jun-13, 2 en el de nov-12 y 1 en el de nov-13).





## pH

Directiva 78/659/CEE, indica que el pH idóneo para salmónidos y ciprínidos, es la franja de pH 6-9. Los resultados obtenidos muestran que excepto el río Lañas después de Touro, en todos los demás puntos de muestreo, los valores medidos están comprendidos en esta franja de pH. En la ya indicada estación nº=25, situada en el tramo final del río Lañas, las medidas de pH realizadas en tres de los cuatro muestreos realizados, indican que las aguas en esta estación de muestreo deben clasificarse como **no aptas** para la vida de Salmónidos y ciprínidos.



Más del 95% de las medidas de pH se encuentran en el intervalo 6,5-8,0 y en cada punto de muestreo la oscilación en las medidas de pH durante los 14 meses estudiados es en la mayor parte de los casos pequeña y casi siempre menor de 0,5 unidades de pH.

Las medidas realizadas en los puntos situados en la Sierra del Candan, en la cabecera del la cuenca del río Deza (estaciones rc02-Chedas y rb09-Deza) con aguas muy poco mineralizadas se miden valores de pH próximos a 6,5, observándose que se produce un aumento de aproximadamente una unidad de pH a lo largo de la cuenca del río Deza ya que en zona próxima a su desembocadura en el Ulla los valores determinados son del orden de  $pH \approx 7,5$  estación rb15-Deza).

Un caso especial se presenta en la zona en donde se producen los aportes de las aguas procedentes de la escombrera de la mina de Touro:

- la estación, rb06 en el río Lañas en un punto próximo a la desembocadura en el Ulla, en la cual en alguno de los muestreos se determinaron valores de pH menores de 6,5; con un valor extremo de  $pH=4,50$ , en las medidas realizadas el muestreo de junio de 2013. Estos valores pone de manifiesto que los vertidos ácidos procedentes de la escombrera de la mina de Touro modifican sensiblemente las características acidas de las agua de este río.
- la estación rb08 situada en el tramo final del Brandelos en el punto de unión con el río Ulla, el valor medio del pH es de 6,86. Este valor muestra que fuerte acidez, que

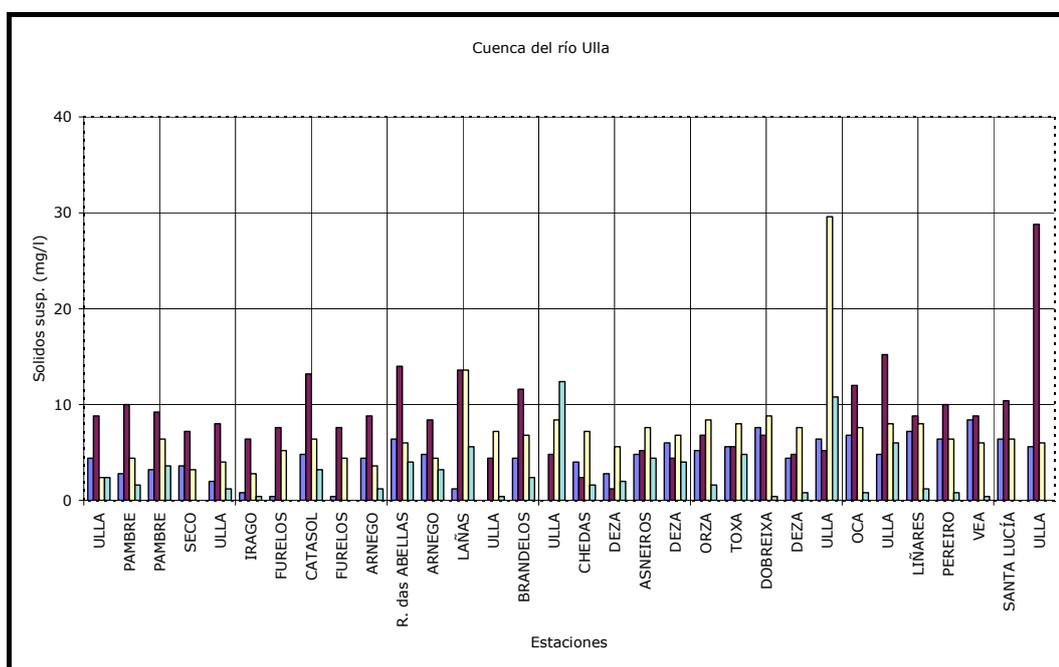
ocasionan los vertidos de la escombrera de la mina de Touro al río Brandelos a través de los arroyos de Xeimar y Pucheiras, se han ido parcialmente corrigiendo a lo largo del río, de forma que su vertido al río Ulla en cuanto al valor del pH no modifica las características del mismo.

Muestras con un pH (pH<6,5 ó pH>8,5)			
	Código	Río	pH
Muestreo de nov-12	rc02	Chedas	6,44
Muestreo de feb-13	rc02	Chedas	6,42
	rb06	Lañas	6,26
Muestreo de jun-13	rc02	Chedas	6,37
	rb06	Lañas	4,50
Muestreo de nov-13	rb06	Lañas	6,45

### Materia en suspensión

Puede observarse que de forma habitual el contenido de sólidos en suspensión es inferior a 25 mg/l. En ausencia de lluvias, la escorrentía superficial es pequeña y el arrastre de sólidos hacia las aguas de los ríos es muy pequeño, por lo que los contenidos de sólidos en suspensión suelen ser muy bajos, casi siempre menores de 10 mg/l.

Solo en 2 muestras se supera el valor guía establecido para materia en suspensión (25 mg/l), una tomada en río Ulla en Sucira en jun-13 y la otra en el Ulla en Ponteveva en el muestreo de feb-13. Para este parámetro no está establecido un valor imperativo.



### Amonio total

Los valores límites establecidos en la directiva comunitaria para el amonio son:

Categoría	Salmónidos	Ciprinidos
Valor guía (mg NH <sub>4</sub> /l)	0,04	0,2
Valor imperativo (mg NH <sub>4</sub> /l)	1,0	1,0
Valor guía (µg N/l)	31	155
Valor imperativo (µg N/l)	776	776

Nº de muestras con un valor de NH <sub>4</sub> que se indica				
	Salmónidos		Ciprinidos	
	µg N/l > 31 µg N/l < 776	µg N/l > 776	µg N/l > 155 µg N/l < 776	µg N/l > 776
Muestreo de nov-12	31 (100%)		18 (58,1%)	
Muestreo de feb-13	32 (100%)		10 (31,3%)	
Muestreo de jun-13	32 (100%)		10 (31,3%)	
Muestreo de nov-13	32 (100%)		20 (62,5%)	

Comparando los resultados obtenidos, con los valores establecidos en la directiva comunitaria, se puede indicar que:

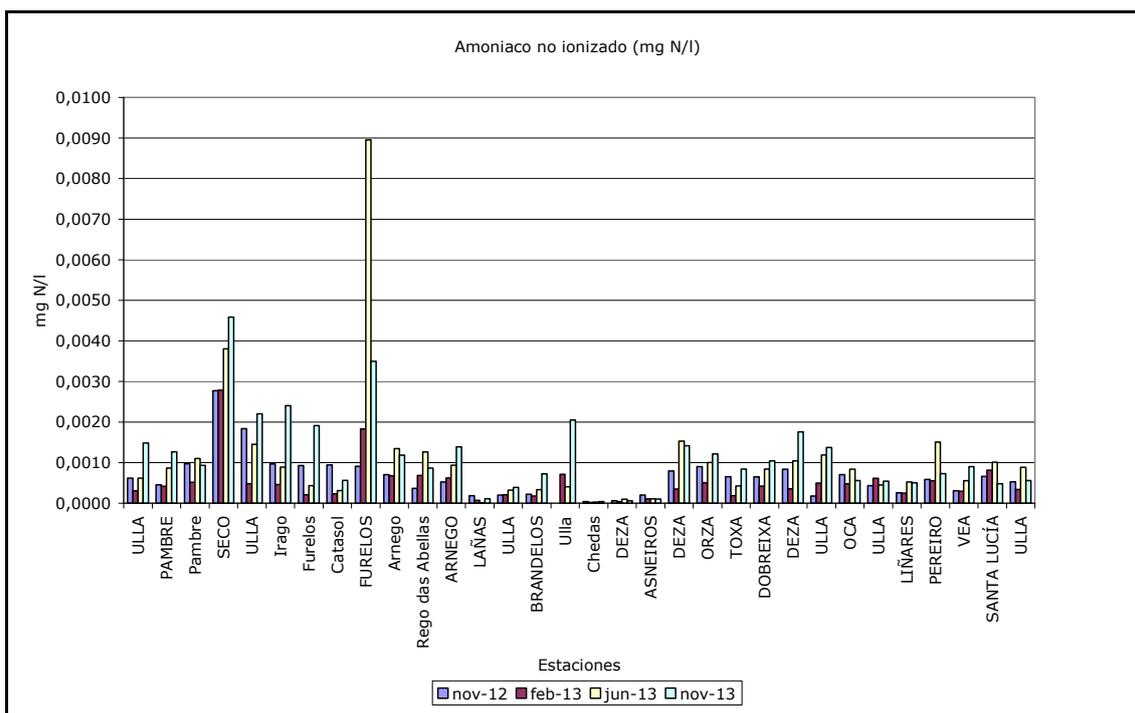
- El 100% de las muestras sobrepasan el nivel guía establecido para salmónidos 0,04 mg NH<sub>4</sub>/l (31 µg N/l)
- Para los ciprínidos la directiva establece un valor guía más elevado 0,2 mg NH<sub>4</sub>/l (155 µg N/l). En este caso, un porcentaje de muestras que oscila entre 37-68% tienen contenidos de amonio total menor que este valor guía
- Ninguna de las 127 muestras analizadas, se clasifican como **no aptas** para la vida de salmónidos y ciprínidos por superar el nivel imperativo establecido en la directiva comunitaria.

### Amoniaco no ionizado

La especie química que es tóxica para los peces es el amoníaco no ionizado y los valores límites establecidos en la directiva comunitaria para el amoníaco no ionizado son:

Categoría	Salmónidos	Ciprinidos
Valor guía (mg NH <sub>3</sub> /l)	0,0050	0,0050
Valor imperativo (mg NH <sub>3</sub> /l)	0,0250	0,0250
Valor guía (mg N/l)	0,00388	0,00388
Valor imperativo (mg N/l)	0,01941	0,01941

La concentración amoníaco no ionizado en el agua depende de la cantidad de amonio total, pH y temperatura, por lo que puede determinarse la concentración de esta especie a partir de estos datos.

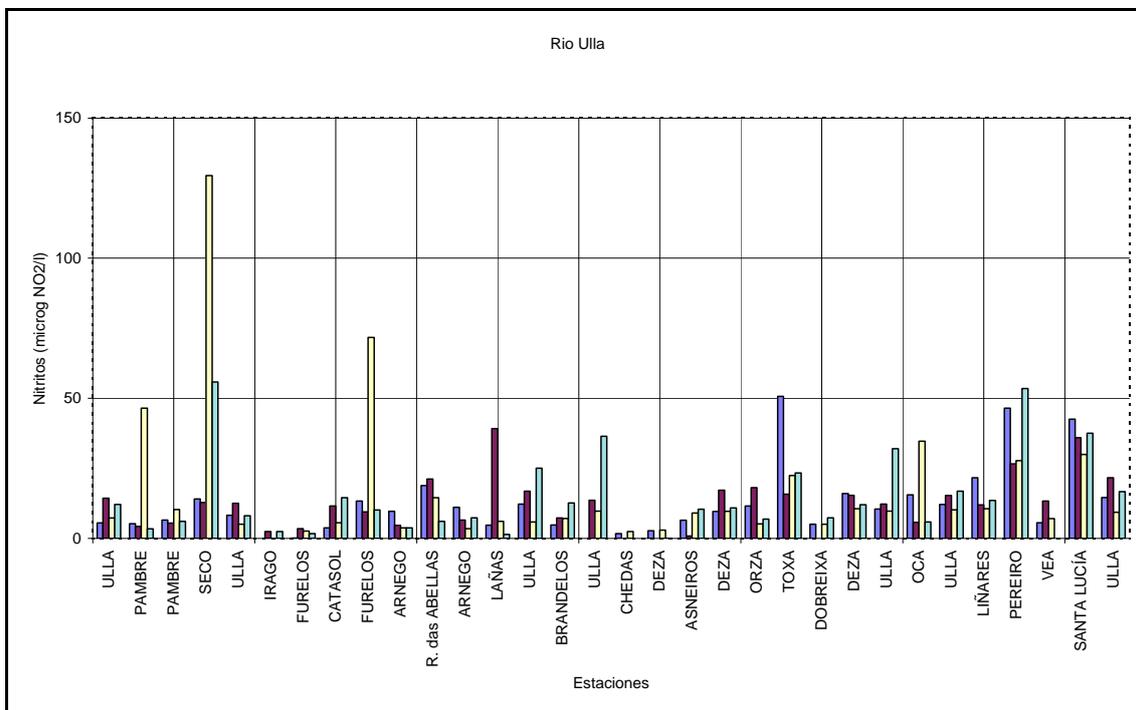


Al disminuir el pH, menor va a ser la fracción de amonio total que se encuentra como amoniaco no ionizado. Se da la circunstancia que el análisis de los resultados de amonio total, muestran que un número importante de muestras presentan una concentración de amonio total superior al valor guía establecido para este parámetro, sin embargo cuando se realiza el cálculo de la concentración de amoniaco no ionizado los resultados son menos preocupantes dado que sólo 2 muestras superan el nivel guía y ninguna sobrepasa el valor imperativo establecido para el amoniaco no ionizado tanto para salmónidos como para ciprínidos. El porcentaje de amoniaco no ionizado es en todos los caso menor del 2.5% del total de amonio presente en las muestras, sin embargo, alteraciones del pH del medio pueden aumentar sensiblemente este porcentaje.

Muestras con un contenido de $\text{NH}_3 > 0,0050 \text{ mg NH}_3/\text{l}$			
	Código	Río	mg $\text{NH}_3/\text{l}$
Muestreo de jun-13	65	Furelos (Barazon)	0.0109
Muestreo de nov-13	10	Seco	0,0056

### Nitritos

Solo están establecidos valores guía, salmónidos VG<10 µg NO<sub>2</sub>/l, ciprinidos VG<30 µg NO<sub>2</sub>/l /l.



El valor guía establecido para la protección de la vida de especies salmonícolas es más exigente y puede observarse un número de muestras por encima del 40% superan este límite. En el caso de aguas ciprinícolas, el límite establecido es tres veces mayor, por lo que un número de muestras menor del 20% superan este valor guía.

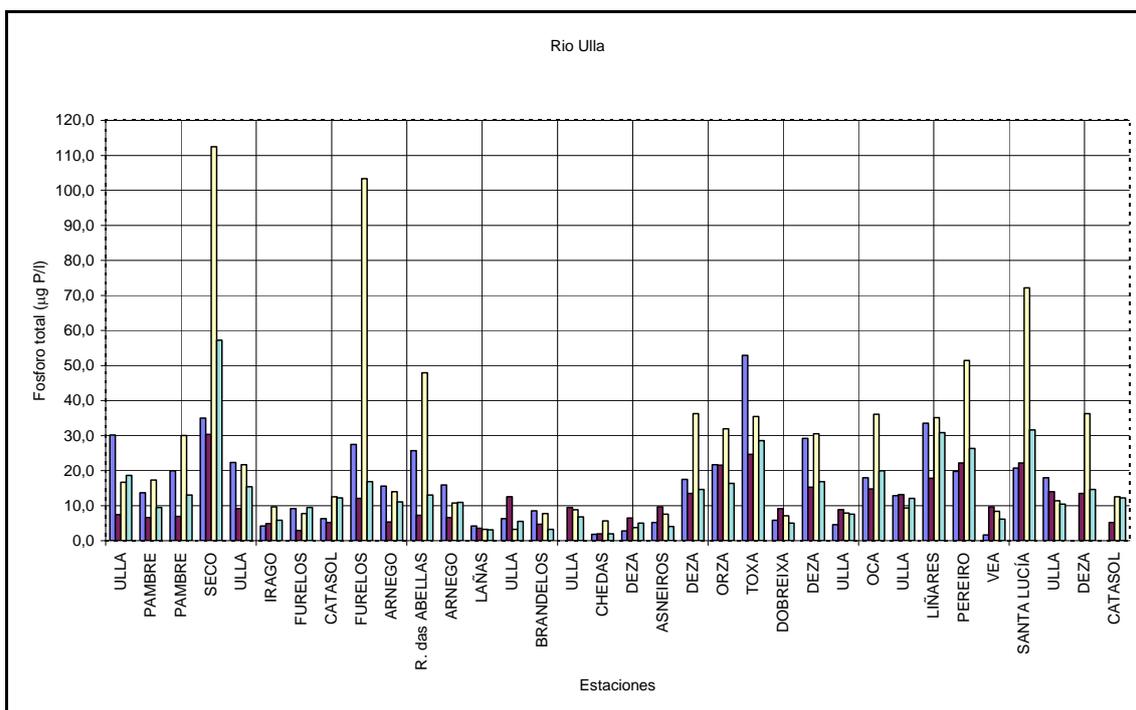
% de muestras con un valor de NO <sub>2</sub> que se indica		
	Salmónidos	Ciprinidos
	mg NO <sub>2</sub> /l > 0,010	mg NO <sub>2</sub> /l > 0,030
Muestreo de nov-12	51,6 %	9,7 %
Muestreo de feb-13	40,6 %	6,3 %
Muestreo de jun-13	62,5 %	12,5 %
Muestreo de nov-13	46,9 %	15,6 %

### Fósforo total

La directiva comunitaria no establece valores límites para el fósforo total. Sin embargo, en el RD/927/88, se fija un valor guía para aguas salmonícolas de 0,2 mg P/l y para las aguas ciprinícolas un valor guía de 0,4 mg P/l.

Si utilizamos estos valores como referentes, puede comprobarse que en todas las estaciones de muestreo se determinan de forma habitual valores que no sobrepasan los límites establecidos en el RD/927/88.

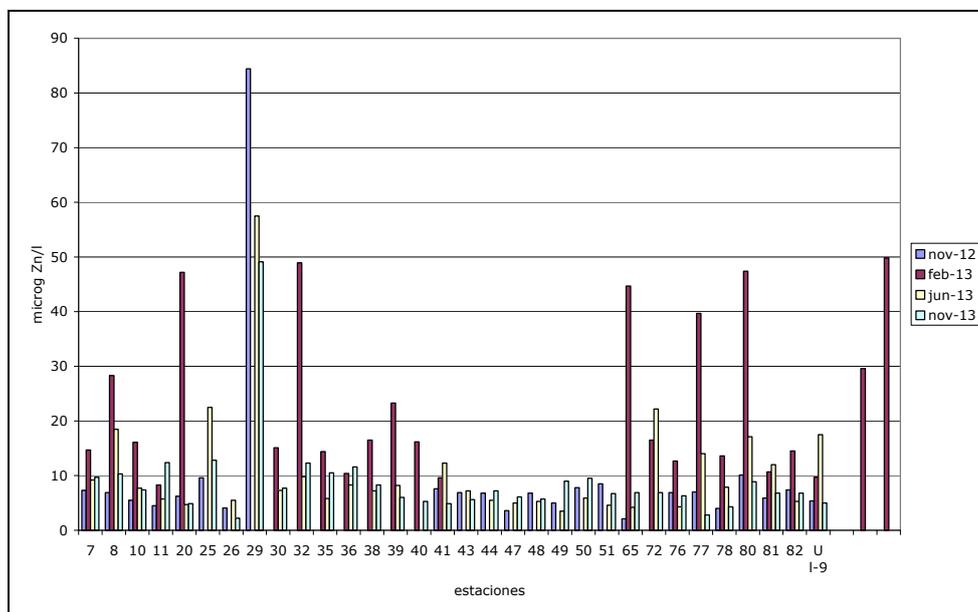
De las 127 muestras analizadas, solo en 6 muestras se determinan valores mayores de 0.05 mg P/l, río Seco, Furelos (Barazon), Rego das Abellas, Toxa, Pereiro y Santa Lucia, estaciones todas ellas ubicadas en áreas de utilización agrícola y ganadera y que son los que aportan al río Ulla aguas con un mayor contenido de fósforo total.



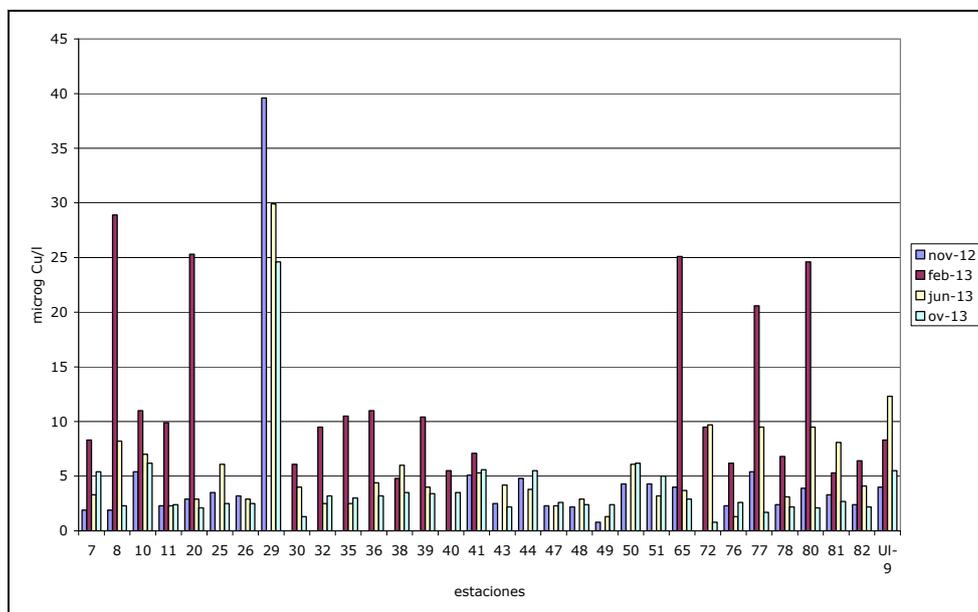
### Zinc y cobre

En la directiva 78/659/CEE, solo se establecen límites para cobre y zinc.

En el caso del el zinc se establecen valores imperativos y la comparación de los resultados con estos limites, muestran que en todo los casos los contenidos de zinc son mucho menores que los valores imperativos fijados ( $\leq 0.3$  mg Zn/l para salmonidos,  $\leq 1.0$  mg Zn/l para ciprinidos).



En el caso del cobre, sólo se establecen valores guía para cobre soluble. En ninguna muestra se sobrepasa el valor de 0,040 mg Cu/l, fijado con guía tanto para salmónidos como para ciprínidos.



### 3. Caracterización del sustrato

#### Contenido de metales en los sedimentos de la cuenca del río Ulla.

Los elementos traza, especialmente los llamados "metales pesados", son algunos de los más comunes contaminantes ambientales y su presencia en las aguas o la biota, indican la existencia de contaminación natural o antropogénica. El origen de los metales en los sistemas acuáticos son la solubilización del suelo y las rocas, las actividades antropogénicas (drenajes de las tierras y alteraciones del uso de la tierra), vertidos industriales y urbanos descargados a los cauces fluviales. Todos estos hechos pueden provocar alteraciones del equilibrio entre los metales del sedimento o del suelo y las aguas subterráneas o superficiales.

A lo largo del ciclo hidrológico, mucho menos del 1% de los contaminantes, permanecen disueltos en el agua mientras que alrededor del 99% están contenidos en el sedimento, por lo que éstos son los mayores sumideros y fuentes de contaminantes del medio acuático. El análisis de los sedimentos se utiliza para estimar el estado de salud de los cuerpos de agua y estimar el índice de contaminación de las cuencas hidrográficas. Debido a la tendencia de los contaminantes a acumularse en los sedimentos, hace que los sedimentos sean particularmente propensos a los efectos de la contaminación.

La concentración de los contaminantes presentes en los sedimentos se ve afectada por la mineralogía de los sedimentos, dimensión y distribución. Los elementos traza son absorbidos por sustancias orgánicas como carbohidratos y minerales como óxidos de Fe y Mn. La capacidad de absorción aumenta con el descenso del tamaño de las partículas. El proceso general es reversible y depende del pH y del Potencial Redox, por tanto los metales traza absorbidos pueden ser liberados de nuevo en el cuerpo de agua.

Los metales pesados de origen antropogénico se introducen generalmente en el medioambiente en forma de complejos inorgánicos o iones hidratados, que se pueden unir fácilmente a la superficie de las partículas de sedimento mediante enlaces físicos o químicos relativamente débiles. Como consecuencia de esto, los metales pesados se encuentran predominantemente en la fracción lábil extraíble en los sedimentos. La presencia y distribución de metales pesados en los sistemas acuáticos, se ha investigado extensamente en los últimos años, especialmente en los cuerpos de agua del Norte de Europa. Hay muy pocos datos disponibles para ríos de Galicia (Louro, Anllóns).

El objetivo de este estudio fue evaluar el contenido de metales traza (Ag, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb y Zn) y posibles relaciones con propiedades fisicoquímicas (tamaño de partícula, pH, nitrógeno, carbono orgánico e inorgánico), en muestras de sedimentos tomados en la cuenca del río Ulla, tanto en el cauce principal como en algunos de sus afluentes.

#### Área de estudio.- Cuenca del río Ulla

La cuenca del río Ulla, con una extensión de 2803 Km<sup>2</sup> y una longitud de 131 km, es la segunda más grande de Galicia después de la del Miño-Sil.

El clima es del tipo oceánico-húmedo con abundantes precipitaciones (1100-2000 mm), con una marcada sequía estival. Las temperaturas están en torno a los 7-8 °C durante el mes de enero y en verano difícilmente superan los 20 °C. La temperatura media anual oscila entre 12-16°C y la amplitud térmica se encuentra entre 11-14 °C.

Las principales fuentes de contaminación son:

- Agricultura y explotaciones ganaderas
- Núcleos urbanos
- Explotaciones mineras, (minas y canteras)
- Obras de infraestructura (carreteras y ferrocarril)

En la parte central de la cuenca está situado el embalse de Portodemouros. Se encuentra a una altura de 252 m, con una superficie de 1205 ha y un volumen aproximado de 293 km<sup>3</sup>. El caudal medio anual dentro del embalse, cuando lleva drenada más de 1100 km<sup>2</sup> de superficie de la cuenca es de 26 m<sup>3</sup>/s. con un máximo de 36 m<sup>3</sup>/s en febrero y un mínimo de 1,2 m<sup>3</sup>/s en agosto. Construido en 1967 y con una producción media anual de 1193 millones de kw/h.

En el tramo medio de la cuenca, se encuentra situada la escombrera de la mina de Touro (antigua explotación minera de Río Tinto). A consecuencia de las labores de explotación de la mina se ha formado una superficie fuertemente heterogénea de unas 550 ha, en las que se exponen a la intemperie apilamientos de escombros de estériles con una parte superior llana en forma de plataforma y taludes laterales de pendiente más o menos acusada. Los materiales apilados en esta escombrera han sido extraídos de las cortas realizadas en la mina.

#### **Puntos de toma de muestras.**

Se pretende realizar controles de calidad del hábitat para zonas de actuación en áreas de cría de *M. margaritifera* y de control de la aplicación de medidas agroambientales. Durante el año 2013 los objetivos fueron:

- a) Determinar las características fisicoquímicas del sedimento en los canales en los que se van a realizar actuaciones para la cría de *Margaritifera margaritifera*.
- b) Profundizar en el estudio del tramo final del río Deza, en el cual se determinaron elevados valores de arsénico en sedimento en la fase previa. Estos estudios previos permitieron establecer una relación entre la presencia de determinados metales en el sedimento y la densidad de población de *Margaritifera margaritifera*.
- c) Estudiar la repercusión que los arrastres procedentes de la escombrera de la mina de Touro, tienen sobre la cuenca del río Ulla.

Para alcanzar estos objetivos, durante el año 2013 se realizaron dos campañas de recogida de muestra de agua y sedimentos en el cauce le río:

- Julio de 2013: 12 muestras (canales de cría)
- Septiembre – octubre de 2013: 22 muestras, (canales de cría, río Deza, y cuenca del Ulla desde Puente Remesquide a Puente Ledesma)

La selección de los puntos de muestreo se realizó de acuerdo con los objetivos fijados y situados dentro de los tramos de río objeto de estudio en este proyecto (ver figura ----).

6ª campaña de muestreo de sedimentos (jul-13)							
Muestra	Fecha	Código muestra	Código agua	Localización	Río	X	Y
CA/Ulla-05	10/07/2013	110-U6	11	Muiño das Canizas	Ulla	581669	4744744
CA/Ulla-04	10/07/2013	109-U6	11	antes M. das Canizas	Ulla	582136	4744415
Arn-05	10/07/2013	200-A6	20	Antes de S. Andre	Arnego	573941	4736184
Per-01	12/07/2013	485-P6	48	Ponte da Dorna	Pereiro	540467	4734270
Dez-01	12/07/2013	400-D6	40	Puente Cira	Deza	554419	4736284
Ulla-01	16/07/2013	042-U6	4	Casa da Terra	Ulla	591273	4741087
Arn-02	16/07/2013	201-A6	20	O Forno	Arnego	572900	4737820
Ulla-07	19/07/2013	440-U6	44	Ximondi	Ulla		
Lin-01	19/07/2013	470-L6	47	A Ribeira	Liñares	543231	4732510
Ir-01	24/07/2013	770-I6	77	Vilamor	Irago	585703	4754789
Fu-01	24/07/2013	780-F6	78	Ponte da Pedra	Furelos	583261	4756202
Fu-02	24/07/2013	650-F6	65	Barazon	Furelos	580143	4745695

Código agua: corresponde al de la estación de toma de muestra de agua mas próxima al punto de recogida del sedimento

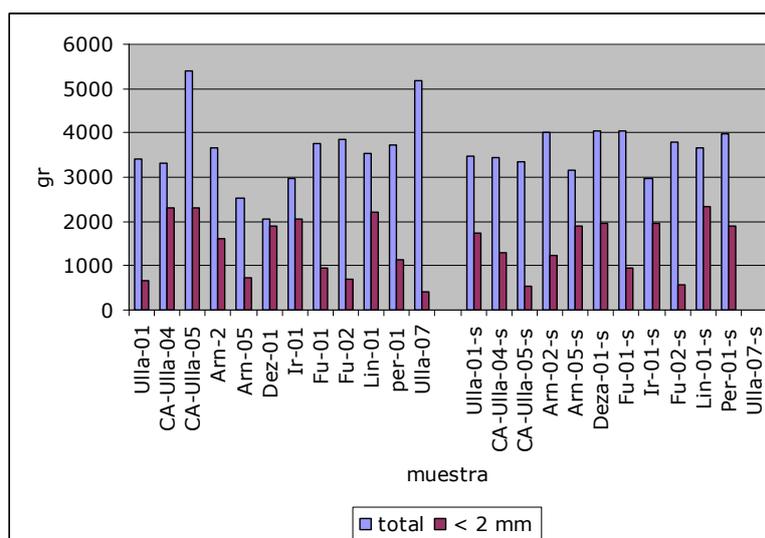
7ª campaña de muestreo de sedimentos (sep-13)							
Muestra	Fecha	Código muestra	Código agua	Localización	Río	X	Y
CA/Ulla-05s	20/09/2013	110-U7	11	Muiño das Canizas	Ulla	581669	4744744
CA/Ulla-04s	20/09/2013	109-U7	11	antes M. das Canizas	Ulla	582136	4744415
Arn-05s	01/10/2013	200-A7	20	Antes de S. Andre	Arnego	573941	4736184
Per-01s	01/10/2013	485-P7	48	Ponte da Dorna	Pereiro	540467	4734270
Dez-01s	01/10/2013	400-D7	40	Puente Cira	Deza	554419	4736284
Ulla-01s	20/09/2013	042-U7	4	Casa da Terra	Ulla	591273	4741087
Arn-02s	01/10/2013	201-A7	20	O Forno	Arnego	572900	4737820
Ulla-07s		440-U7	44	Ximondi	Ulla		
Lin-01s	01/10/2013	470-L7	47	A Ribeira	Liñares	543231	4732510
Ir-01s	19/09/2013	770-I7	77	Vilamor	Irago	585703	4754789
Fu-01s	19/09/2013	780-F7	78	Ponte da Pedra	Furelos	583261	4756202
Fu-02s	19/09/2013	650-F7	65	Barazon	Furelos	580143	4745695
1A	13/09/2013			A Carixa	Orza	561050	4734956
1B	13/09/2013			A Carixa	Orza	561050	4734956
2	13/09/2013			Sambrexo	Orza	563752	4734373
3	13/09/2013			Porto Carrio	Carrio	563610	4733578
1-losion	11/10/2013			Loson	Deza	563063	4732017
2-carboeiro	11/10/2013			Carboeiro	Deza		
3-central	11/10/2013			Minicentral	Deza	559271	4735236
Bran -1	31/10/2013			Bama	Brandelos	552089	4747992
Aflu-1	31/10/2013			Bama		552310	4747753
Goritas	31/10/2013					551812	4745262
Lañas-1	31/10/2013				Lañas	559187	4749037
Felisa	31/10/2013					558354	4746343
Lañas-2	31/10/2013				Lañas	558869	4745355
Bran -2	31/10/2013				Brandelos	554433	4741144
Puente Led.	31/10/2013			Gres	Ulla		

Estaciones para la toma de muestras de agua				
Código	Localización	Río	X	Y
4	Muiño do Corgo	Ulla	591365	4740721
7	Balneario de Fradegas	Ulla	585593	4742661
11	Muiño das Canizas	Ulla	581383	4744773
17	A Pontenova	Arnego	570096	4730132
20	Carmoeaga	Arnego	573569	4736767
26	Puente Basabe	Ulla	559599	7441758
26	Puente Remesquide	Ulla	553933	4743322
35	Carboeiro	Deza	561845	4734221
40	Cira	Deza	554301	4736504
41	Donas	Ulla	549997	4737904
44	Ximondi	Ulla	543937	4732950
47		Liñares		
48		Pereiro		
51	Puentevea	Ulla	537117	4734400
65		Furelos		
77		Irago		
78		Fuerlos		

### Recogida de muestras y preparación (pre-tratamiento)

Las muestras de sedimentos fueron recogidas en el verano del 2013. En cada punto de muestreo se tomaban varias muestras (3-6 tomas) con una draga en la capa superficial del sedimento 0-15 cm, se depositaban y mezclaban en una bandeja de polietileno. En el agua sobrenadante se determinaban: pH, OPR y T del agua, utilizando un medidor Hanna HI991003, previamente calibrado en el laboratorio. La muestra se traslada al laboratorio en un contenedor de polietileno de boca ancha y 2.5 litros de capacidad. Una alícuota de 500 gr se guarda en un recipiente de polietileno en un congelador para su utilización posterior.

En el laboratorio las muestras se colocaban en bandejas de polietileno y se dejaban secar a temperatura ambiente. La muestra seca se tamizaba utilizando una tamizadora Filtra Ft-97 y un tamiz de acero inoxidable de 2 mm de luz de malla. Se elimina la parte de la muestra que queda retenida en el tamiz y lo que pasa a través de este tamiz, constituye la muestra que se va a utilizar para los distintos estudios y, se guarda en envases de polietileno de 2,5 litros de capacidad.



En la figura se comparan la cantidad total de muestra seca, con la cantidad de muestra que pasa el tamiz de luz de malla de 2 mm.

## Granulometría

**Granulometría en seco.** El método de tamizado en seco se basa en la separación de grupos de partículas mediante la utilización de juegos de tamices con diferente luz de malla. La utilización de esta técnica sólo es factible para fracciones gruesas (partículas superiores a 0,050 mm). Una fracción de la muestra seca de tamaño menor de 2 mm, se tamizaba, utilizando tamices de 1,000, 0,500, 0,200, 0,100 y 0,063 mm de luz de malla, ensamblados en una columna de orden decreciente utilizando una tamizadora durante dos ciclos de 15 minutos cada uno.

**Análisis textural.** 25 gr de muestra seca, que han pasado por una malla de 2 mm, son sometidos a un tratamiento que permite la determinación de la textura del sedimento utilizando el método de la pipeta Robinson (P. Day, 1965), lo que permite calcular los porcentajes de arena gruesa, arena fina, arcilla y limo.

## Métodos analíticos

**Análisis elemental.** Los análisis de los contenidos totales de C, H, N, O y S, así como el carbono orgánico total (COT), en la fracción inferior a 0,063 mm, de los sedimentos fueron realizados por triplicado en la Unidad de Análisis Elemental de la USC.

### Elementos traza.

- **Fluorescencia de rayos X.** Una alícuota de la fracción de sedimento inferior a 0.063 mm se utilizó para determinar la composición de los elementos presentes en cada una de las muestras. Esta técnica permite determinar de forma semicuantitativa todos los elementos presentes en la muestra con número atómico mayor de 11.
- **Digestión y determinación de metales por absorción atómica.** 0,5 g de la fracción de sedimento menor de 0,063 mm de cada una de las muestras fueron sometidas a digestión ácida asistida por microondas en vasos cerrados de teflón con un digestor Millestone modelo Ethos Plus, con control de temperatura. Una vez terminada la digestión, se filtra utilizando un filtro de 0,45  $\mu\text{m}$ . Alícuotas del filtrado obtenido se utilizan para preparar las disoluciones adecuadas para la determinación de metales utilizando un equipo de absorción atómica Perkin Elmer 1100B. Las determinaciones se realizaban por triplicado. La precisión de los resultados fue verificada por análisis simultáneo de materiales de referencia estándar. La recuperación varió entre el 90-100%.

## Extracción secuencial. Método BCR

Cuando se aplican esquemas de extracción secuencial, la muestra se expone en cada etapa a la acción de un extractante que disuelve un componente específico junto con el metal asociado a este componente. Estas fracciones permiten el estudio de la biodisponibilidad y del comportamiento de los metales asociados a los sedimentos cuando estos sufren cambios de salinidad, pH o potencial redox.

El proceso de extracción secuencial propuesto por la Community Bureau 01 Reference (BCR) de la Comisión Europea es un procedimiento operacional protocolado que permite separar los metales presentes en los distintos sedimentos en cuatro fracciones:

### 1) Fracción soluble en medio ácido.

Incluye los metales intercambiables y los metales asociados a carbonatos. Los metales en forma de iones intercambiables pueden ser fácilmente liberados a la columna de agua por pequeños cambios ambientales, mientras que los metales ligados a carbonatos se liberarán al descender el pH de los sedimentos.

### 2) Fracción reducible.

Se trata de aquellos metales asociados a los óxidos de hierro y manganeso, los cuales pasarán al agua cuando el sedimento se encuentre bajo condiciones reductoras. Estos óxidos son sustancias de alto poder de adsorción y son termodinámicamente inestables en condiciones anóxicas (valores bajos de potencial redox).

### 3) Fracción oxidable.

Se corresponde con los metales unidos a la materia orgánica, que serán liberados cuando el sedimento esté bajo condiciones oxidantes.

### 4) Fracción residual o litogénica.

Son los metales ligados a los minerales, formando parte de sus estructuras cristalinas. La liberación de estos metales es improbable en un período razonable de tiempo bajo las condiciones ambientales habituales.

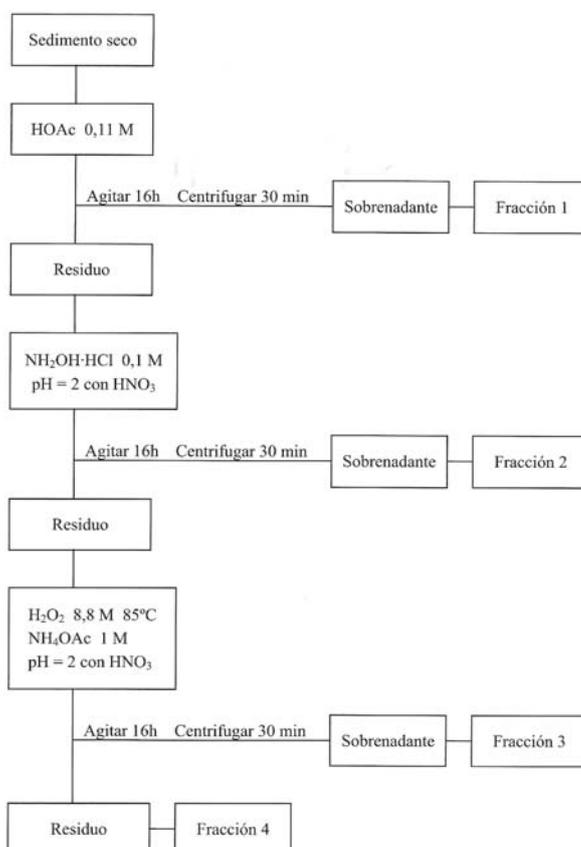
### Reactivos

Todos los reactivos se prepararon a partir de productos comerciales de calidad PA.

Para la preparación de las disoluciones se ha utilizado agua Milli Q.

Todos los viales y contenedores de muestras eran de polietileno, previamente tratados con una disolución al 10% de ácido nítrico (Merck, de calidad Suprapur) y posterior lavados con abundante cantidad de agua Milli Q.

En las determinaciones de metales por ICP-OES, se utilizaron materiales de referencia certificados.



## Resultados

### Parámetros fisicoquímicos del agua en contacto con el sedimento.

En la tabla se muestran los resultados obtenidos en las medidas realizadas *in situ* en el momento de la recogida del sedimento.

Muestra	Hora h:min	temperatura °C	Conductividad a 25°C µS/cm	pH	O <sub>2</sub> % O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> mg O <sub>2</sub> /l	Redox mV
CA/Ulla-05	10:00	19,1	54,7	7,13	93,4	8,2	50
CA/Ulla-04	11:00	19,7	64,9	7,28	98,6	8,5	172
Arn-05	13:00	19,5	39,4	7,19	97,0	8,4	164
Per-01	9:05	18,9	114,3	7,15	97,3	8,8	33
Dez-01	11:18	21,9	110,2	7,49	100,9	8,7	202
Ulla-01	10:20	19,0	57,0	6,89	93,3	8,0	155
Arn-02	12:15	19,9	73,8	7,24	95,0	8,3	142
Ulla-07	9:45	19,9	73,9	7,29	95,7	8,6	37
Lin-01	10:20	18,3	73,4	6,87	93,0	8,7	103
Ir-01	10:25	15,3	120,7	7,48	91,1	8,5	98
Fu-01	11:00	15,1	56,5	7,36	95,4	9,0	156
Fu-02	12:00	18,5	113,1	7,66	102,9	9,3	122
CA/Ulla-05s	12:00	16,6	75,8	7,46	91,6	8,5	225
CA/Ulla-04s	11:30	15,8	75,7	7,41	92,3	8,6	179
Arn-05s	10:40	17,0	90,9	7,12	94,3	8,6	137
Per-01s	13:30	18,1	129,5	7,66	98,9	9,1	233
Dez-01s	12:05	18,5	106,3	7,51	98,2	8,8	196
Ulla-01s	10:30	16,0	94,0	7,08	88,9	8,2	155
Arn-02s	9:50	17,1	9,1	7,06	97,1	8,7	83
Ulla-07s							
Lin-01s	13:00	18,0	71,2	7,10	93,6	8,5	234
Ir-01s	10:20	14,9	108,8	8,00	92,3	8,5	47
Fu-01s	10:45	14,9	62,3	7,39	92,3	8,8	65
Fu-02s	11:45	17,7	132,7	7,79	89,2	8,2	105
1A	11:00	15,0	155,1	7,60	90,7	8,75	122
1B							
2	11:35	16,0	179,4	7,93	95,2	9,13	86
3	13:25	16,0	87,3	7,61	94,2	8,95	123
1-loson	10:25	12,0	70,0	6,89	99,8	10,6	70
2-carboeiro	11:50	12,5	98,8	7,31	100	10,3	109
3-central	13,15	13,6	104,3	7,60	100	14,1	135
Bran -1	10:15	12,4	78,2	6,46	95,2	9,9	
Aflu-1	10:45	11,8	236,5	6,27	100,1	10,7	
Goritas	11:12	12,2	716,1	5,30	101,0	10,8	
Lañas-1		11,9	83,8	6,57	95,4	10,0	
Felisa	12:50	12,4	1187,9	3,13	98,1	10,3	
Lañas-2		11,7	137,0	6,45	101,1	10,8	
Bran -2		12,4	200,2	7,14	98,5	10,3	
Puente Led.							

Las temperaturas son típicas de la época del año en que se tomaron las muestras. El % de saturación de oxígeno se mantiene en torno al 100% y la cantidad de oxígeno disuelto está comprendido entre 8-11 mg O<sub>2</sub>/l. La conductividad aumenta ligeramente a lo largo del río, siendo las aguas procedentes de la escombrera de las minas de Touro las que presentan un mayor contenido iónico.

### Granulometría

En la siguiente tabla, se resumen los resultados obtenidos, indicando la fracción de muestra (% de muestra) que pasa en cada uno de los tamices utilizados. Los porcentajes fueron determinados considerando que el 100% de muestra es lo que pasa del tamiz de 2 mm. No se ha considerado la fracción mayor de 2 mm, aunque se dispone de datos utilizando tamices de luz de malla de 20.0, 10.0 y 5.0 mm..

% de muestra que pasa el tamiz							
Muestra	Código Estación	Luz de malla					
		2/mm	1/mm	0,5/mm	0,2/mm	0,1/mm	0,063/mm
CA/Ulla-05		100	53,2	41,9	20,6	7,3	4,1
CA/Ulla-04		100	50,1	11,3	0,8	0,2	0,1
Arn-05		100	69,3	34,1	7,0	2,0	1,1
Per-01		100	52,5	22,0	3,2	0,7	0,3
Dez-01		100	86,3	52,8	13,6	2,9	1,2
Ulla-01		100	31,7	22,8	13,4	4,7	2,2
Arn-02		100	31,7	14,4	5,8	2,5	1,3
Ulla-07		100	87,5	70,7	27,9	8,4	3,8
Lin-01		100	49,8	16,4	1,9	0,4	0,2
Ir-01		100	47,0	17,7	6,4	3,1	1,9
Fu-01		100	46,9	22,6	8,2	2,9	1,5
Fu-02		100	30,8	11,9	5,1	3,1	2,2
CA/Ulla-05s		100	17,5	14,7	3,4	0,6	0,4
CA/Ulla-04s		100	41,2	16,4	4,2	1,3	0,7
Arn-05s		100	71,6	27,6	3,7	1,1	0,7
Per-01s		100	50,5	19,7	3,0	0,3	0,2
Dez-01s		100	75,9	47,9	12,2	1,7	0,6
Ulla-01s		100	50,1	26,8	7,6	1,9	1,0
Arn-02s		100	38,8	11,6	2,6	0,9	0,5
Ulla-07s							
Lin-01s		100	57,3	18,1	1,4	0,8	0,1
Ir-01s		100	46,0	15,1	5,6	2,4	1,4
Fu-01s		100	43,0	16,2	5,3	2,4	1,4
Fu-02s		100	25,7	9,4	3,3	1,6	1,0

Los resultados permiten concluir que la mayor parte de las partículas de sedimento de las muestras analizadas poseen un tamaño comprendido entre 2 y 0.2 mm lo que significa, de acuerdo con la clasificación del sistema americano, que estamos ante **sedimentos de textura arenosa**. Las únicas excepciones son, la muestra tomada en el río Ulla en el canal de la estación Ictiología de Ximondi (ulla-07) y en menor medida la muestra tomada en jul-13 en el canal del Muíño das Canizas (CA-Ulla-05).

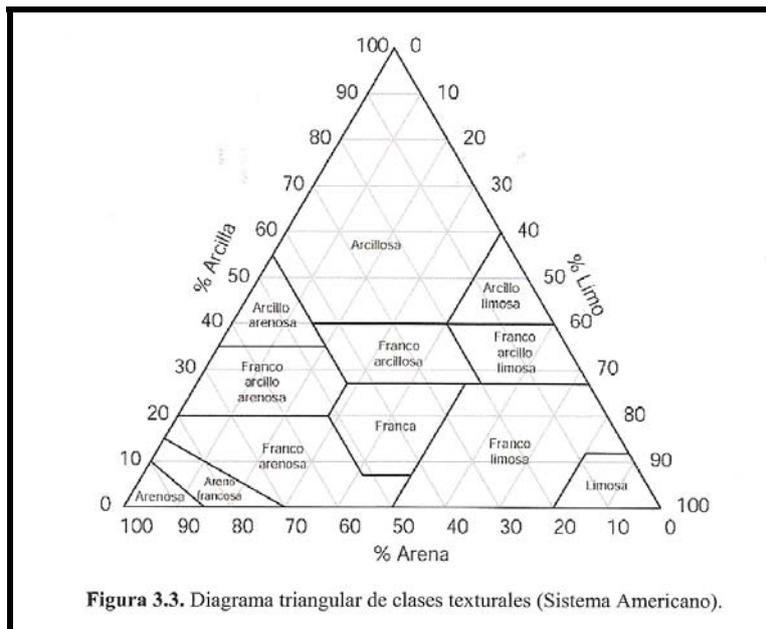


Figura 3.3. Diagrama triangular de clases texturales (Sistema Americano).

En las gráficas siguientes se representa el % de muestra que pasa el tamiz de una luz de malla determinada frente al la luz de malla en escala logarítmica. Si se comparan los resultados obtenidos con las muestras recogidas en jul-13 y sep-13, en 9 de las 12 muestras los resultados granulométricos son prácticamente idénticos. La muestra Ulla-07 solo se recogió en jul-13 y en las muestras ulla-01 y CA-ulla-05 los resultados de los dos muestreos son bastante diferentes sin que este claro cual es la causa.

