

XV. ESTUDIO DE LOS SEDIMENTOS DE LA CORTA DE AZNALCÓLLAR

Los sedimentos que se pueden encontrar en un lago minero pueden clasificarse, atendiendo a su origen, en alóctonos, los que han sido transportados al lago, y autóctonos, los que se han formado en el mismo lago (por precipitación química o bioinducida). En general, los del primer tipo estarán relacionados con el tamaño de la cuenca de recepción que vierte al lago, con el tipo de materiales geológicos que conforma la misma y con la abundancia e intensidad de las precipitaciones. Este tipo de sedimento no aporta información de los procesos endógenos que se dan en el lago, ya que están en relación exclusivamente con procesos exógenos del área circundante que vierte al mismo. Por el contrario, los sedimentos autóctonos, los precipitados que se han formado en el mismo lago, tienen su origen en los procesos que se desarrollan en su interior.

La corta de Aznalcóllar, a pesar de estar excavada sobre un eje fluvial (río Agrio), tiene una escasa cuenca de recepción, al estar la escombrera noroeste colmatando el valle inmediatamente aguas arriba de la misma. No existe ninguna otra subcuenca que conduzca sus aguas directamente a la corta. Por todo ello se puede pensar que los sedimentos alóctonos introducidos mediante escorrentía superficial no van a ser muy abundantes. No obstante estos existen y además son claramente visibles, por la coloración que adquiere el agua, en episodios de lluvia.

Desde el accidente de la balsa de lodos, la corta ha venido recibiendo cantidades ingentes de sólidos de diversa procedencia y naturaleza. Una relación del tipo de vertido que se viene efectuando en la corta, desde esa fecha, ya se ha pormenorizado en el capítulo VI. Sin duda los vertidos más importantes han sido: i) los suelos contaminados con metales recogidos en la zona de Entremuros del curso del río Guadiamar, ii) las cenizas púrpuras procedentes de la tostación de pirita, que conformaban una escombrera ya desmantelada, iii) la escombrera de pirita, de la cual se vertió 1,4 millones de m³.

En su conjunto estos materiales que se vienen vertiendo a la corta se pueden considerar también como sedimentos alóctonos, pero evidentemente con un carácter absolutamente antrópico al ser producto de la gestión que se viene realizando con los residuos mineros. La abundancia de este tipo de sedimentos en la corta es tal, que queda minimizada la presencia de cualquier otro tipo de sedimento en la corta. Además dada la altura desde la que se vierte, desde las dos plataformas de vertido existentes, provoca la alteración de la secuencia de deposición, al menos en las áreas más cercanas a dichas plataformas.

Una aportación de sedimentos alóctonos antrópicos, más o menos continua en el tiempo, es la derivada de la devolución a la corta de los fangos generados en la planta de tratamiento de agua. A diferencia de otro tipo de sedimento, y dadas las condiciones de alto pH en la que se formó el fango sulfatado cálcico-magnésico, cabe suponer una redisolución, al menos parcial, al pH ácido que tiene la corta. Este tipo de sedimento, por la posición de la tubería que los conduce, deberían de acumularse en la parte más occidental de la corta.

Lógicamente, aunque estos sedimentos son debidos a un aporte físico, y no son producto de ningún proceso que ocurra en la columna de agua, no por ello van a dejar de tener influencia en la química final del agua. Ya se ha mencionado la probable

redisolución de los fangos de la depuradora, pero también es posible la puesta en disolución de minerales secundarios (principalmente sulfatos hidratados de hierro y otros metales) derivados de la oxidación de los sulfuros presentes en los residuos mineros, incrementando ambos procesos los sólidos disueltos; o como ya se detectó durante el vertido de los suelos de Entremuros, un incremento del pH, debido a su contenido en carbonatos, y un consumo de todo el oxígeno disuelto, por su abundancia en materia orgánica. Cualquier aporte a la corta, y más si es de proporciones notables, podrá alterar, por tanto, la química del agua. Es por ello importante conocer el tipo de sedimento (aunque sea alóctono), que está en el fondo, en contacto íntimo con el agua.

En los lagos mineros ácidos la producción primaria es muy escasa, hay déficit de nutrientes y de carbono disuelto, por lo que la materia orgánica que puede llegar a acumularse en el sedimento es extraordinariamente escasa. En general, la principal aportación a la sedimentación autóctona son los minerales formados mientras entra en juego, primero, el tampón del hierro (jarosita y schwertmanita), y a un pH más elevado, el efecto amortiguador del aluminio (hidrobasaluminita y alunita) (Regenspurg *et al.*, 2004; Bigham *et al.*, 1994 y 1996; Bigham y Nordstrom, 2000; Totsche *et al.* 2003).

En general, debido a que la historia de los lagos mineros es bastante corta, no hay que olvidar que las explotaciones a cielo abierto son relativamente recientes, la capa de sedimentos formados en el lago suele ser de escaso espesor, además en muchos casos estos sedimentos están sin consolidar, presentándose embebidos en agua, por lo que es difícil su recuperación, complicando esto su estudio (Stevens y Lawrence, 1998). Si bien en cuanto a la abundancia de los sedimentos no es el caso de Aznalcóllar, si lo es en lo referente a la escasa consolidación de estos. Al menos esto ha sido así en la campaña efectuada por el IGME en marzo de 2005.

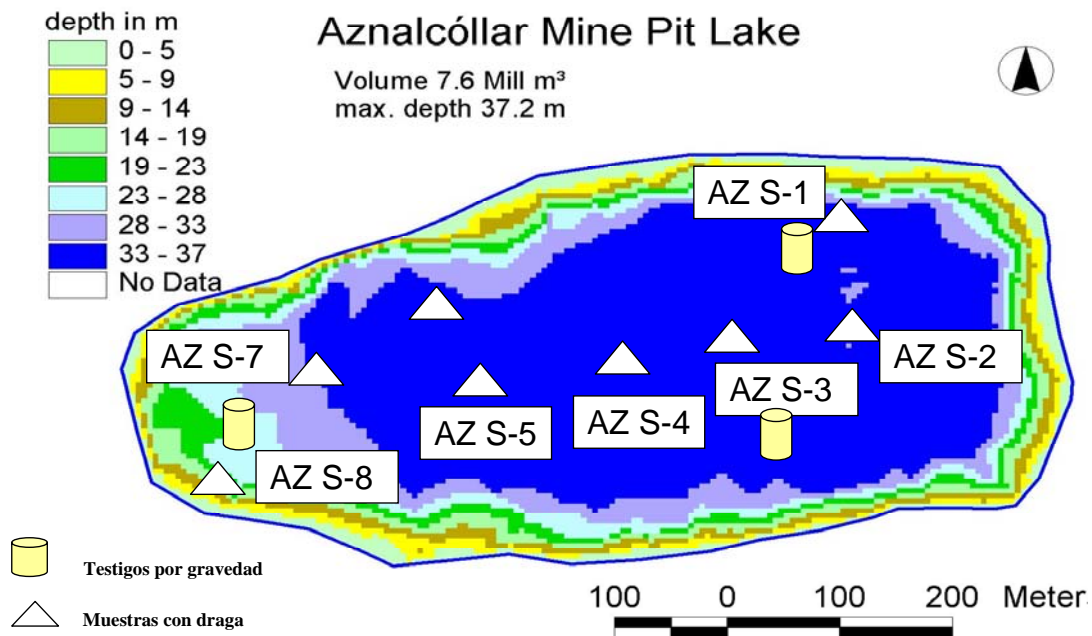


Figura 15.1. Muestreo de sedimentos realizado por el UFZ, en el año 2002.

XV.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS. DATOS PREVIOS 2002

El UFZ en su campaña del año 2002 recuperó, mediante una draga, 8 muestras de sedimento (Figura 15.1 y Anexo V).

Los sedimentos presentan una alta heterogeneidad en su composición química (Tabla 15.1). Analizando su composición junto con su situación en la corta, se pueden diferenciar 3 tipos de sedimentos (Figuras 15.2 y 15.3):

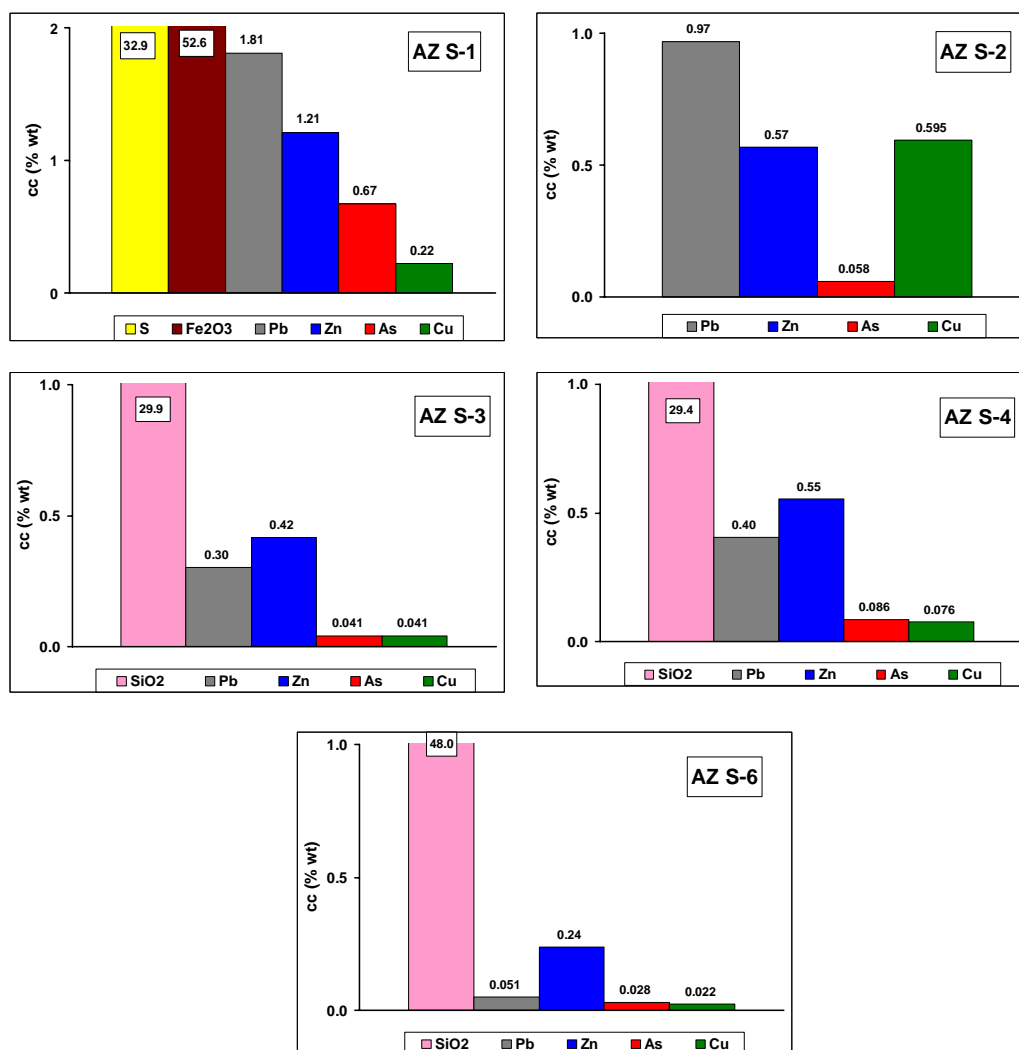


Figura 15.2. Representación gráfica de la composición química de los sedimentos tomados en el año 2002. Sedimento *Tipo 1* (lodos piríticos), muestras S-1 y S-2, sedimentos dominados por S-Fe y altos valores de Pb, Cu, Zn y As. Sedimento *Tipo 3* (suelo de Entremuros), muestras S-3, S-4 y S-6, sedimentos con fracción aluminosilicatada y altos contenidos metálicos.

Tipo 1: Sedimentos mayoritariamente formados por hierro y azufre, con elevadas concentraciones en metales (Cu, Pb, Zn y As). La muestra que representa a este tipo de sedimentos es la S-1, pudiendo incluirse en este grupo también a la S-2. Ambas se sitúan en la parte nororiental de la corta, lejos de la plataforma desde donde se vertían a

la corta los suelos de Entremuros, y en el extremo opuesto donde se vierten los lodos provenientes de la planta depuradora. Por su composición química y situación se puede considerar que son los lodos piríticos provenientes de la planta de concentración del mineral, que todavía no habían sido recubiertos por los suelos que se estaban vertiendo. Este es el sedimento dominante mientras la corta se utilizó como balsa de lodos (1999-2001).

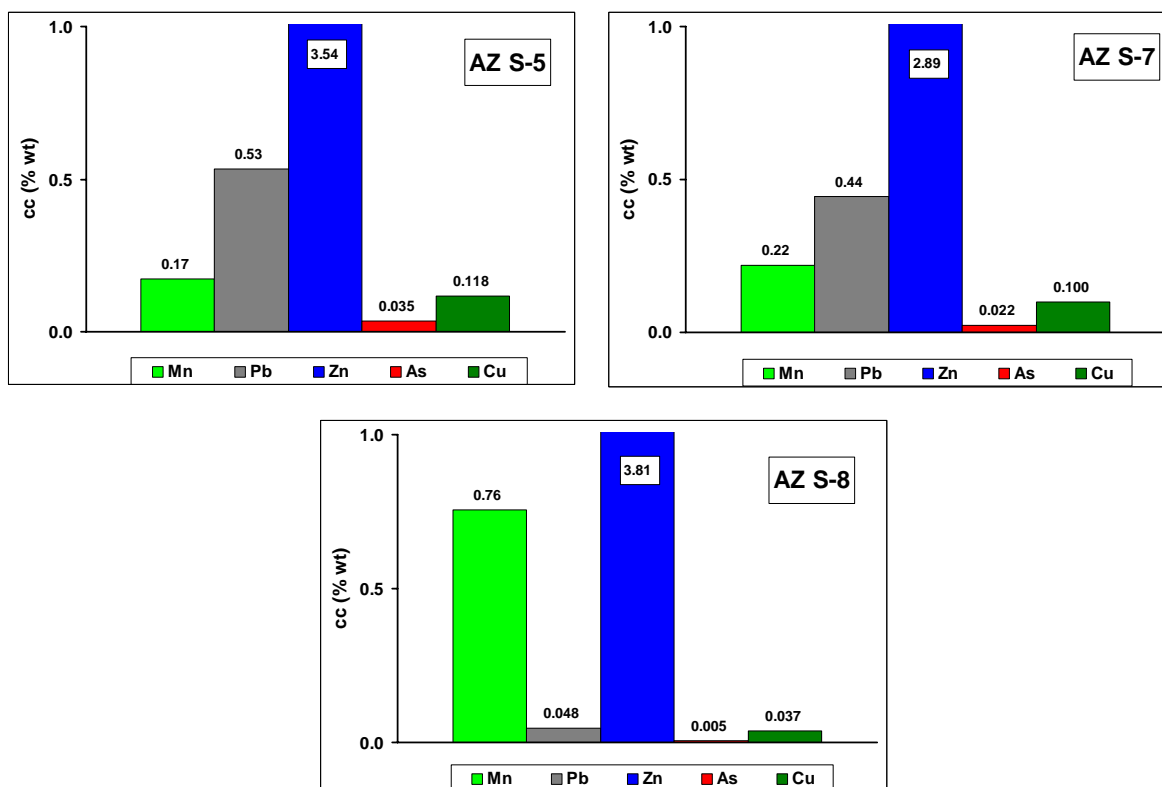


Figura 15.3. Representación de la composición química de los sedimentos tomados en el año 2002. Sedimento *Tipo 2* (fangos de la planta depuradora de agua), muestras S-5, S-7 y S-8, sedimentos sulfatados con elevadas concentraciones en Mn y Zn.

Tipo 2: Sedimentos caracterizados por presentar las más altas concentraciones en Ca y Mg, y Mn y Zn. La muestra más característica de este tipo de sedimentos es la S-8, la más cercana al punto de vertido de los lodos de la depuradora, y la S-7 y S-5, algo más alejadas de dicho punto (Figura 15.1). Por su situación y composición se cree que son los fangos sulfatados cálcico-magnésicos enriquecidos especialmente en Mn y Zn (Tabla 9.5). Este tipo de vertido ha estado activo durante la última fase de explotación de la mina (1999-2001), después de su cierre, y además mientras se vertían los suelos de Entremuros; razón esta última, junto a la distancia a la plataforma de vertido (~400 m), por la que no han sido cubierto los fangos por estos suelos.

Tipo 3: A este grupo pertenecen las tres muestras restantes, caracterizadas por ser el SiO₂ su componente mayoritario (~30-50%), además de presentar las concentraciones más elevadas en K₂O (Tabla 15.1). La presencia de una considerable fracción silicatada está fuera de toda duda, ahora bien, no hay que descartar una mezcla con los otros tipos de sedimentos, lo cual explicaría sus elevadas concentraciones en S (2-6%) y metales.

Estas muestras ocupan posiciones centrales en la corta y se sitúan justo enfrente de la plataforma de vertido (Figura 15.1), por lo que cabe deducir que son los suelos de Entremuros, que se llevaban vertiendo desde hacía algunos meses.

nov-02	PS	CT	CO	S	Na2O	MgO	K2O	CaO	SiO2	Al2O3	Fe2O3	Mn	Pb	Zn	As	Cu	Cd	Cr	Co	Ni
Muestras	%	g/kgTS	g/kgTS	%	%	%	%	%	%	%	%	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
AZS-1	69,1	1,65	0,66	32,9	1,83	2,08	0,4	1,5	9,1	3,11	52,6	504	1,81	1,21	6,701	2,192	40	39	62	40
AZS-2	26,4	15,8	7,98	15,8	<DL	1,13	0,2	14,9	3,9	5,95	13,4	812	0,97	0,57	580	5,950	9	23	<DL	22
AZS-3	42,9	10,7	10,6	5,18	0,67	1,50	1,4	6,4	29,9	13,1	11,9	440	0,30	0,42	414	408	7	68	33	56
AZS-4	48,8	5,8	5,43	6,58	0,51	1,77	1,2	8,7	29,4	7,89	14,7	730	0,40	0,55	855	762	17	50	41	42
AZS-5	19,4	4,84	4,03	9,19	<DL	2,80	0,4	13,9	8,9	6,04	12,9	1,726	0,53	3,54	351	1,182	20	22	107	170
AZS-6	65,2	18,0	7,00	2,24	0,71	1,50	1,4	8,3	48,0	7,74	6,58	650	0,05	0,24	284	224	8	54	22	24
AZS-7	19,0	5,5	4,98	8,72	<DL	2,60	0,5	13,2	10,3	9,35	10,8	2,183	0,44	2,89	223	996	17	24	98	143
AZS-8	14,6	14,0	4,88	11,0	<DL	3,30	0,0	23,1	1,2	1,19	9,34	7,561	0,05	3,81	54	368	34	<DL	107	183

Tabla 15.1. Resultados analíticos del sedimento superficial de la corta de Aznalcóllar en noviembre de 2002. Muestreo y analítica efectuada por el UFZ (PS, peso seco; CT, carbono total; CO, carbono orgánico).

XV.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS. CAMPAÑA DEL IGME (2005)

En marzo de 2005 el IGME, en el marco de este proyecto, llevó a cabo una campaña de muestreo de los sedimentos de la corta de Aznalcóllar en la que se logró recuperar varios testigos.

XV.2.1. Metodología

Muestreo de sedimentos

El muestreo se llevó a cabo con un sacatestigo Wildco® K-B™, recomendado para el muestreo de sedimentos, con recuperación de superficie sólido/líquido, con la menor alteración posible. Este dispositivo recoge los sedimentos en un tubo de metacrilato de 5 cm de diámetro y 50 cm de longitud, el cual se dispone en el interior de un pesado tubo metálico que desciende por gravedad, y que es guiado en su descenso por unas aletas estabilizadoras. A esta carcasa metálica se enrosca, en su parte inferior, una pieza de plástico duro con bordes afilados, que facilita la penetración en los sedimentos. Además presenta un cabezal, en su parte superior, que contiene una válvula exterior que baja abierta, y que se cierra mediante una pesa de disparo, una vez clavado el sacatestigo en el fondo. Esta válvula evita la pérdida, por lavado, de la parte más superficial del sedimento durante su ascenso. El tubo de plástico en el que queda atrapado el sedimento, presenta en su parte inferior una válvula (en forma de cáscara de huevo), para reducir la pérdida del sedimento.

Después de varios intentos en diversos puntos de la corta fue posible la recuperación de 4 testigos con una longitud variable entre 30 y 50 cm. Su posición en la corta se tiene en la figura 15.4.

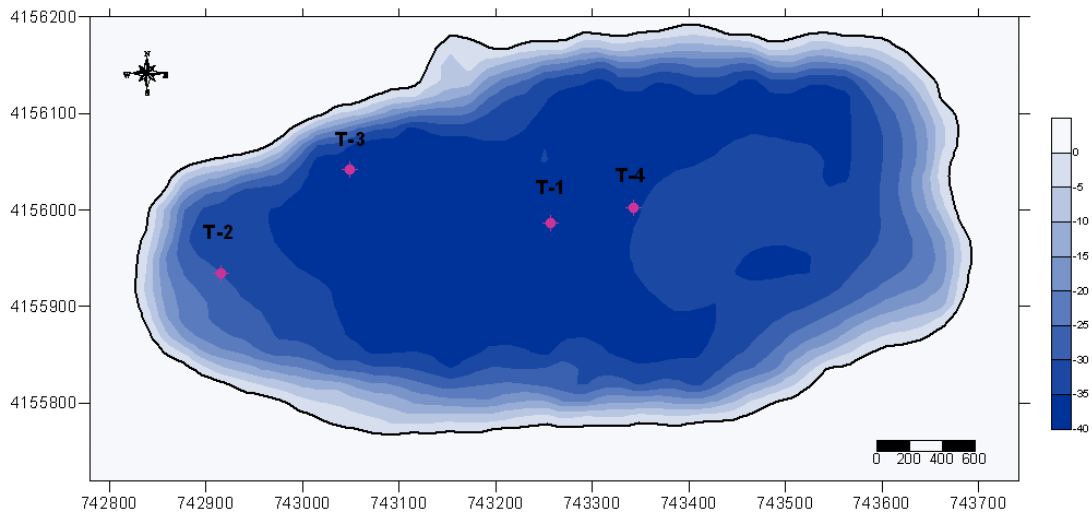


Figura 15.4. Situación de los testigos obtenidos en el muestreo realizado por el IGME, en marzo de 2005.

El sedimento se ha presentado en todas las ocasiones muy embebido en agua (Figura 15.5). En todos los testigos se hacía patente, en mayor o menor medida, la presencia de las cenizas de color púrpura procedentes de la tostación de la pirita, que fueron vertidas a la corta entre noviembre de 2003 y agosto de 2004.



Figura 15.5. Testigos muestreados por el IGME en la corta de Aznalcóllar en marzo de 2005. Se pueden observar de visu claras diferencias en los sedimentos. Los sedimentos se presentaban muy embebidos en agua. Las cenizas púrpuras son los sedimentos dominantes.

Estudio y muestreo de los testigos

La decantación de los testigos en el laboratorio permitió medir los parámetros físico-químicos del agua sobrenadante y su muestreo. El análisis de este agua es importante, ya que aporta una información sobre el agua que está en contacto y en equilibrio con los sedimentos, pero sin llegar a ser un agua intersticial, la cual hay que extraer mediante centrifugación.

Tras la retirada del agua sobrenadante, y tomando como referencia el nivel de ceniza púrpura, se llevó a cabo el levantamiento de la columna tipo considerando la información aportada por los cuatro testigos (Figura 15.6).

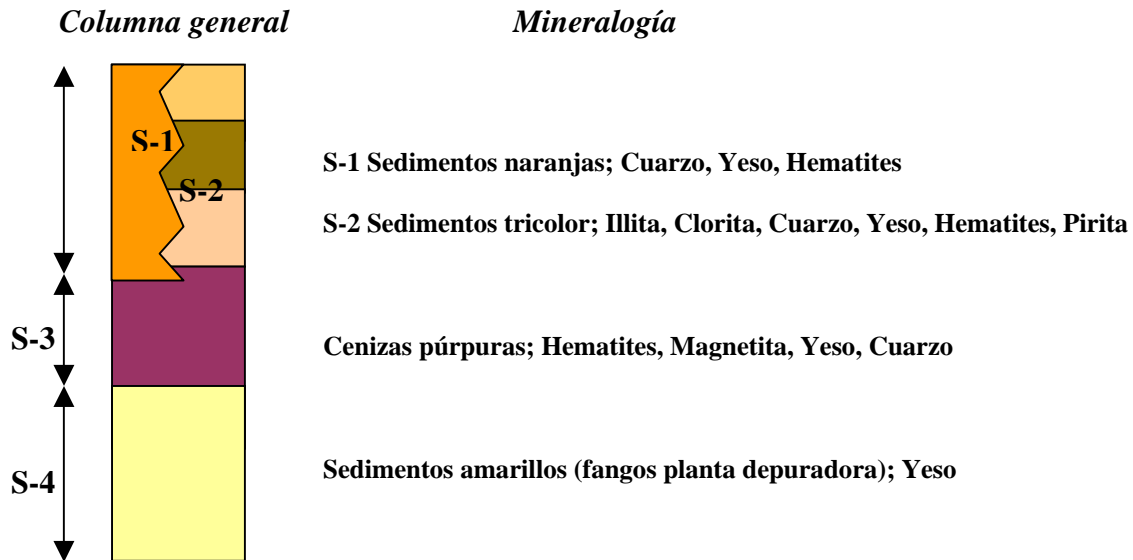


Figura 15.6. Columna tipo de los sedimentos muestreados en marzo de 2005 en la corta de Aznalcóllar.

Posteriormente se extrajeron muestras representativas de cada uno de los sedimentos que conforman la columna tipo. Para poder separar la fase sólida del agua intersticial se llenaron dos viales de 45 ml con cada sedimento (Figura 15.7), y se centrifugaron durante 50 minutos a más de 2.500 r.p.m.

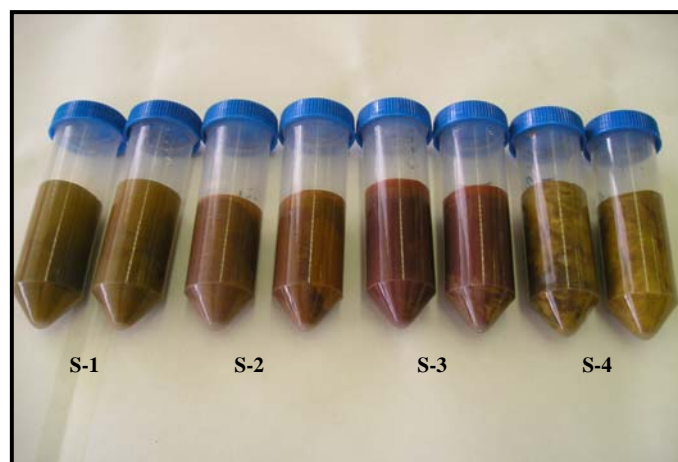


Figura 15.7. Muestras de los sedimentos tipos seleccionados de los cuatro testigos. Muestras S-1 y S-2: sedimentos y precipitados más recientes. Muestra S-3: cenizas púrpuras, depositadas en el periodo noviembre 2003-agosto 2004. Muestra S-4: fango de la planta depuradora de agua, depositado previamente a las cenizas.

El volumen de agua intersticial recuperada de cada sedimento varió entre el 30% y 45%.

De este agua se tomó muestra para su análisis. La fracción sólida fue secada y conservada en los viales, para su posterior análisis en el laboratorio.

Análisis químicos en laboratorio

La metodología empleada con las muestras líquido/sólido han sido descritas en el capítulo VIII.

XV.2.2. Estudio del agua sobrenadante de los diferentes testigos

Salvo el agua sobrenadante de un testigo (T-2), en general presentan un pH algo más ácido (3,3-3,9) que el agua de la corta (pH 4,5) (Tabla 15.2). Esta ligera acidificación del agua que está en contacto con los sedimentos coincide con lo observado mediante la sonda multiparamétrica en los perfiles de la campaña de mayo (Capítulo XI).

Muestra	coordenadas			parámetros físico-químicos								
	X (UTM)	Y (UTM)	Prof.	pH	Eh	CE	OD	OD	Tª	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Fe total
nº			m		mv	µS/cm	%	mg/l	°C	mg/l	mg/l	mg/l
T-1	743266	4155980	36	2,76	682	9.330	50	3,7	19,9	360	150	510
T-2	742921	4155937	35	4,19	681	*	70	4,8	23,8	0	0	0
T-3	743039	4156047	38	3,29	754	8.220	45	3,1	27,3	0	10	10
T-4	743378	4156010	34	3,87	663	8.100	77	5,1	27	0	0	0

Muestra	elementos mayoritarios										elementos traza										
	Na	K	Mg	Ca	Fe	SO ₄	Al	Mn	Cu	Zn	Be	Ni	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Mo	Pb	Sb
Líquido	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	g/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
T-1-CN	102	27,5	1.032	380	510	8,95	169	323	18,4	348	35	2.413	7,6	68	14,9	3.949	4.342	18,3	<0,2	404	0,6
T-2-CN	60,1	13,2	1.449	402	0	8,89	104	423	22,5	233	14	1.275	9,9	63	13,3	1.029	1.578	19,9	<0,2	4	<0,2
T-3-CN	64	3,3	996	396	10	*	125	223	35,4	860	26	2.452	11,4	45	8,2	5.345	5.951	13,8	8	13	7,2
T-4-CN	64	23,5	984	412	0	7,83	138	235	22,3	742	23	2.350	12,8	55	12,5	5.145	5.354	15,8	6,9	863	2,1

Tabla 15.2. Parámetros físico-químicos y resultados analíticos del agua sobrenadante de los 4 testigos recogidos en la corta de Aznalcóllar en marzo de 2005. *; datos no analizados por escasez de muestra.

En el caso del testigo T-1 la acidificación es notable (pH 2,7), estando relacionado muy probablemente con la oxidación y posterior hidrólisis del abundante hierro que contiene. En el agua sobrenadante de este testigo, a diferencia del resto, se han medido concentraciones de 360 mg/l de Fe³⁺ y 150 mg/l de Fe²⁺. Además se pudo observar la existencia de una delgada capa de precipitados, seguramente de hierro, en su parte más superficial, por lo que se deducen que eran recientes. Es muy probable, que en un principio, todo el hierro presente estuviera como Fe(II), y que en los días transcurridos desde la obtención del testigo a su estudio en el laboratorio, este se hubiera oxidado y acto seguido hidrolizado, y en consecuencia acidificara el medio. El pH medido para esta agua sobrenadante (pH 2,7) es el característico de un medio tamponado por el hierro estando presente en altas concentraciones.

La acidificación es evidente si se tiene en cuenta que el agua sobrenadante de este

testigo, nada más recuperarle del fondo, tenía un pH de 4,1. El que todo el hierro estuviera como Fe(II) se deduce de su valor de Eh (470 mV), representativo de aguas totalmente ferrosas (Sánchez *et al.*, 2005). Además apoya el carácter inicialmente anóxico de este agua, la presencia del hierro como Fe(II) exclusivamente.

En general la conductividad del agua sobrenadante no difiere mucho de la conductividad de la corta, encontrándose entre 8,1 y 9,3 mS/cm, por lo que su contenido en sólidos disueltos no debe ser muy diferente, como se puede ver en la Tabla 15.2. Efectivamente, las concentraciones para la mayoría de los elementos son semejantes a las que presenta el lago minero (Tabla 11.1). Las principales diferencias, además de la ya comentada del hierro para el testigo T-1, se encuentran en las concentraciones de Al y Mn, ambos enriquecidos en este tipo de aguas.

La liberación de Al desde el sedimento al agua que le embebe, puede deberse a la ligera acidificación, respecto al agua del hipolimnion, que presenta este medio, lo que provocaría la redisolución parcial de los precipitados de aluminio. En cuanto al comportamiento del Mn cabe la posibilidad de su puesta en solución como Mn(II) después de su reducción en este ambiente.

XV.2.3. Estudio de la fracción sólida de los sedimentos

Como primer objetivo se ha intentado levantar una columna tipo sobre la secuencia de sedimentación que aparece en los testigos. Las cenizas púrpuras, vertidas entre noviembre de 2003 y agosto de 2004, se reconocen claramente en todos los testigos, además son el sedimento dominante tanto por su espesor como por su amplia distribución. Utilizando este sedimento como nivel guía, se puede observar que en el testigo T-2 se ha recuperado un sedimento previo a la deposición de las cenizas, al ocupar una posición inmediatamente inferior, y que en los testigos T-1 y T-4, se tiene una serie de sedimentos depositados sobre las cenizas.

El testigo T-2 se obtuvo en la parte más occidental de la corta, muy cerca del punto de vertido de los fangos provenientes de la planta depuradora de agua. Los sedimentos previos a la deposición de las cenizas, encontrados en este testigo, pueden ser dichos fangos, ahora bien, no se puede descartar antes de su análisis que sean los suelos vertidos de Entremuros.

Los testigos T-1 y T-4, a pesar de estar situados en el centro de la corta, pueden estar en la zona de influencia de los vertidos realizados desde la plataforma sureste, como así se comprueba por la forma de las isóbatas de la batimetría de marzo de 2005 (Figura 15.4). Los sedimentos encontrados en los mismos sobre las cenizas pueden, por tanto, estar relacionados con acciones de vertido posteriores a las cenizas.

La posición del testigo T-3 está muy cercana a la del drenaje norte. Este aporta gran cantidad de hierro que debe de precipitar en sus cercanías. El hecho de no haber encontrado precipitados sobre las cenizas es extraño, por lo que se puede pensar que se ha perdido en la extracción del dispositivo sacatestigo.

La caracterización química de los sedimentos se efectuó con las cuatro muestras siguientes:

- S-1: sedimento naranja post-cenizas del T-1.
- S-2: mezcla de sedimentos tricolor (ocre-grises-naranjas) post-cenizas del T-4.
- S-3: cenizas púrpuras del T-2.
- S-4: sedimentos claros pre-cenizas del T-2.

En su conjunto estas muestras representan los sedimentos encontrados en los 4 testigos (Figura 15.5). Se ha levantado una columna general con la distribución vertical de los sedimentos identificados (Figura 15.6).

Estos sedimentos presentan notables diferencias en su composición química (Tabla 15.3 y Figura 15.8) y mineralógica (ver difractogramas en Anexo V).

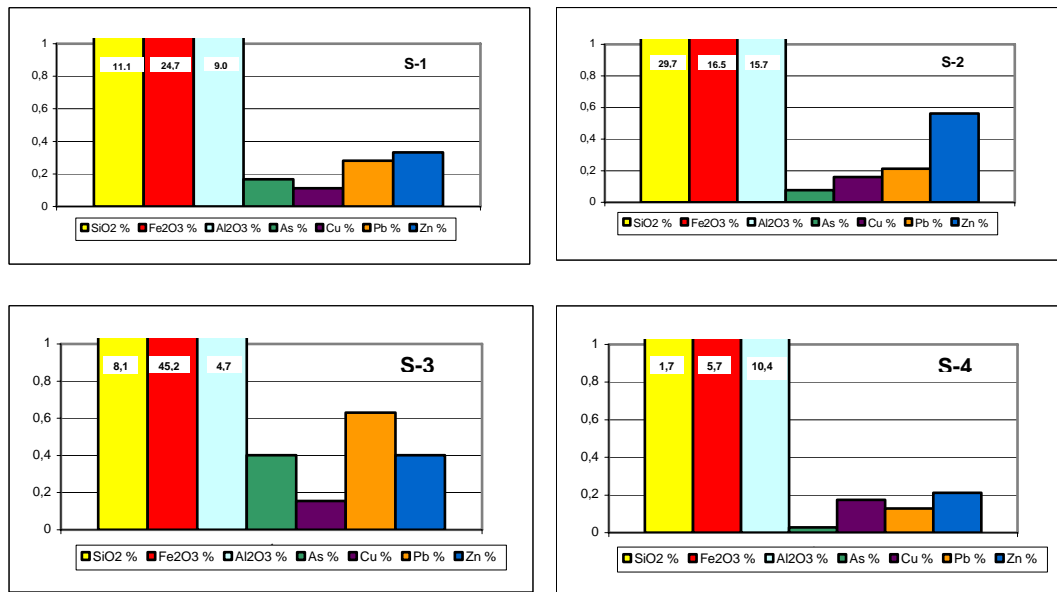


Figura 15.8. Representación de la composición química de los cuatro tipo de sedimentos identificados en los testigos tomados por el IGME en marzo de 2005. Muestras S-1 y S-2, sedimentos y precipitados posteriores al vertido de las cenizas púrpuras. Muestra S-3, cenizas púrpuras. Muestra S-4, fangos de la planta depuradora de agua.

Las cenizas púrpuras provenientes de la tostación de la piritita presentan muy altas concentraciones en hierro (45% Fe_2O_3), caracterizándolas también sus contenidos en As (4.006 ppm) y Pb (6.314 ppm). Están formadas por magnetita y hematites principalmente, con algo de cuarzo y yeso.

Muestra sólido	%											$\mu\text{g/g}$															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	PPC	SUMA	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Tl	Th	U
S-1	11,1	9,0	24,7	12,3	0,2	0,1	0,5	0,6	0,2	0,1	25,4	84,1	9	1.667	266	7,9	33	21	1.123	439	4,6	17	2.820	17	12	2,6	0,6
S-2	29,7	15,7	16,5	5,0	0,5	0,1	1,4	1,2	0,3	0,1	20,5	91,0	7	761	158	14	25	43	1.610	437	0,7	25	2.129	3,2	6,2	3,9	1
S-3	8,1	4,7	45,2	8,5	0,1	0,1	0,3	0,6	0,2	0,0	17,6	85,3	22	4.006	553	7,6	46	21	1.552	489	1	14	6.314	59	39	1,3	0,4
S-4	1,7	10,4	5,7	18,3	0,1	0,3	0,1	0,6	0,1	0,0	32,3	69,6	1	279	22	<0,2	18	11	1.740	2.359	0,2	29	1.279	14	1,3	1,4	1,4

Tabla 15.3. Analítica de los sedimentos tomados en los diferentes testigos: S-1 y S-2 post-cenizas, S-3 cenizas púrpuras y S-4 fangos de la planta depuradora de agua.

Los sedimentos previos a las cenizas están compuestos exclusivamente por yeso, de ahí que el calcio sea el elemento dominante. La concentración en SiO₂ es mínima (1,7%), de lo que se deduce que la fracción silicatada prácticamente no existe, por lo que es difícil pensar que este sedimento corresponda a los suelos de Entremuros. Por el contrario el hecho de que sea el yeso el principal componente mineral junto con las concentraciones tan elevadas de Mn, elemento que precipita a elevado pH (9-10), parece indicar que se trata del fango de la planta depuradora (Tabla 15.3).

Las dos muestras de sedimentos post-cenizas se pueden interpretar como una mezcla de sedimento alóctono (asociados a vertidos o no) más precipitados formados en el lago minero. La participación de un sedimento alóctono está más clara en la muestra S-2, pues presenta elevadas concentraciones de una serie de elementos (Si, Al, K y Ti) que indican una importante fracción aluminosilicatada en su composición. La identificación de illita, clinocloro y cuarzo en su difractograma confirman la presencia de aluminosilicatos en su composición. La pirita identificada en el mismo debe tener un origen detrítico, ya que no parece que se den en el sedimento las condiciones necesarias para procesos de sulfatoreducción que posibiliten la formación de pirita diagenética. El mismo origen debe tener el hematites identificado por DRX. Este es el sedimento que presenta mayores concentraciones de Zn (5.632 ppm), acompañadas de altas concentraciones de otros elementos derivados de la mineralización (Pb, Cu y As).

El yeso encontrado en estas muestras lo más probable es que este relacionado con la dispersión de los fangos de la planta, más que a la precipitación directa de yeso, ya que esta tiene lugar a un pH algo más elevado (~5) que el del agua de la corta.

XV.2.4. Estudio del agua intersticial de los sedimentos

Como ya se ha comentado en la metodología, los sedimentos seleccionados se centrifugaron para poder extraer el agua intersticial, recibiendo sus muestras la misma signatura que la de los sedimentos (S-1, S-2, S-3 y S-4). Los resultados del análisis químico de estas muestras se tienen en la Tabla 15.4.

Nada más depositarse un sedimento las características del agua que contiene deberían ser muy similares al agua de la corta. Este agua evoluciona según cambian las condiciones alcanzando finalmente un equilibrio con la fase sólida que la retiene. Si hay algún elemento que presenta concentraciones más elevadas que las del lago minero, es señal que desde el sedimento se esta liberando este elemento. Por el contrario, si para algún elemento el agua intersticial presenta concentraciones menores que las del lago, es señal de que el mismo está precipitando y es fijado por la fase sólida.

Muestra	elementos mayoritarios										elementos traza											
	Na	K	Mg	Ca	Fe	SO ₄	Al	Mn	Cu	Zn	Be	Ni	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Mo	Pb	Sb	Th
Líquido	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	g/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
S-1	86	5,8	1.001	383	570	*	458	288	18,2	680	53	2.345	11,4	131	21,8	4.564	5.759	27,4	10,7	372	6,4	<2
S-2	63,1	11,7	950	406	312	*	133	215	15,3	722	22	2.335	19,6	64	19,5	5.766	5.421	<9,9	<0,2	1.737	22	<2
S-3	62	7,5	1.523	381	5	*	103	380	24,5	190	15	1.034	12,9	109	10,5	690	1.424	20,1	<0,2	14	6,9	<2
S-4	55,1	36,9	1.568	369	1,6	*	139	207	4,52	35,9	2	259	2,4	28	24,4	527	485	19,3	44,5	1.775	<0,2	<2

Tabla 15.4. Análisis del agua intersticial de los sedimentos muestreados en marzo de 2005. *; datos no analizados por escasez de muestra.

Analicemos desde este punto de vista el agua intersticial de los cuatro tipo de sedimentos estudiados:

El agua intersticial del sedimento S-1 está fuertemente enriquecida en Fe (570 mg/l), Al (458 mg/l), Mn (288 mg/l) y Cd (4,6 mg/l), y empobrecida en Ca (383 mg/l) y Cu (18,2 mg/l). El patrón es parecido para el agua del sedimento S-2: enriquecimiento importante para Fe (312 mg/l), Cd (5,8 mg/l) y Pb (1,7 mg/l), y menor para Mn (215 mg/l) y Al (133 mg/l); presentándose con concentraciones menores que el agua del lago el Ca (406 mg/l) y Cu (15 mg/l). Se puede afirmar que las aguas intersticiales de estos sedimentos presentan cierta similitud entre ellas y una clara diferencia con las aguas intersticiales de los otros sedimentos (cenizas púrpuras y fangos de la planta depuradora).

El agua extraída de las cenizas presenta concentraciones superiores que las de la corta en Mg (1.523 mg/l) y Mn, siendo inferiores las de Zn (190 mg/l), Cd y Pb. En el caso de los fangos de la planta de tratamiento, estos ceden al agua intersticial Mg (1.568 mg/l), Al y Pb (1,8 mg/l) y retienen Ca, Cu (4,5 mg/l), Zn (36 mg/l), Ni, Cd y Co.

En el estudio del agua intersticial de los sedimentos se ha puesto de manifiesto diferencias notables en su características, en función de la naturaleza de los sedimentos, y desviaciones de las concentraciones en relación a las del hipolimnion de la corta.