



Universidade  
de Vigo

María Luisa Andrade Couce  
Profesora Titular de Edafología y Química Agrícola  
Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo  
Facultad de Ciencias  
As Lagoas, Marcosende, s/n - 36310 VIGO  
Tlfno.: 986 812 630 - FAX: 986 812 556  
Correo-e: mandrade@uvigo.es

María Luisa Andrade Couce, profesora titular de Edafología y Química Agrícola en la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo, investigadora responsable del Grupo de investigación BEV1 y de los laboratorios de Contaminación de suelo

Hace constar:

Que el trabajo correspondiente al informe titulado *“Estudio de los vertidos que se están llevando a cabo en la Cantera de Sanxurxo (Salceda de Caselas)”* ha sido realizado bajo mi dirección en los laboratorios a mi cargo, en la Universidad de Vigo.

Que hemos efectuado todas las labores necesarias para llevarlo a cabo, desde la toma de muestras y preparación de las mismas, hasta la realización de los análisis necesarios. Con los resultados obtenidos, yo personalmente he efectuado, la discusión de resultados y la elaboración del informe.

Lo cual hago constar a los efectos oportunos en Vigo a 26 de Junio de 2014

Fdo:   
  
María Luisa Andrade Couce.

## Estudio de los vertidos que se están llevando a cabo en la Cantera Sanxurxo (Salceda de Caselas)

### Zona de estudio

La cantera estudiada pertenece a la parroquia de San Xurxo de Salceda de Caselas. La zona muestreada se muestra en la figura 1 (foto de satélite de 2011 en la que no se ve la zona inundada). Fotografías actuales se muestran en las figuras 2 y 3.

Los camiones vertieron al borde de lo que debió de ser una corta, en la cual se fueron formando lenguas de escombros y residuos varios que terminan en el agua, en el fondo de la cual hay probablemente otros residuos tapados con los más recientes y muy difíciles de muestrear sin dragado, o inserción de muestreadores de varios metros de profundidad.

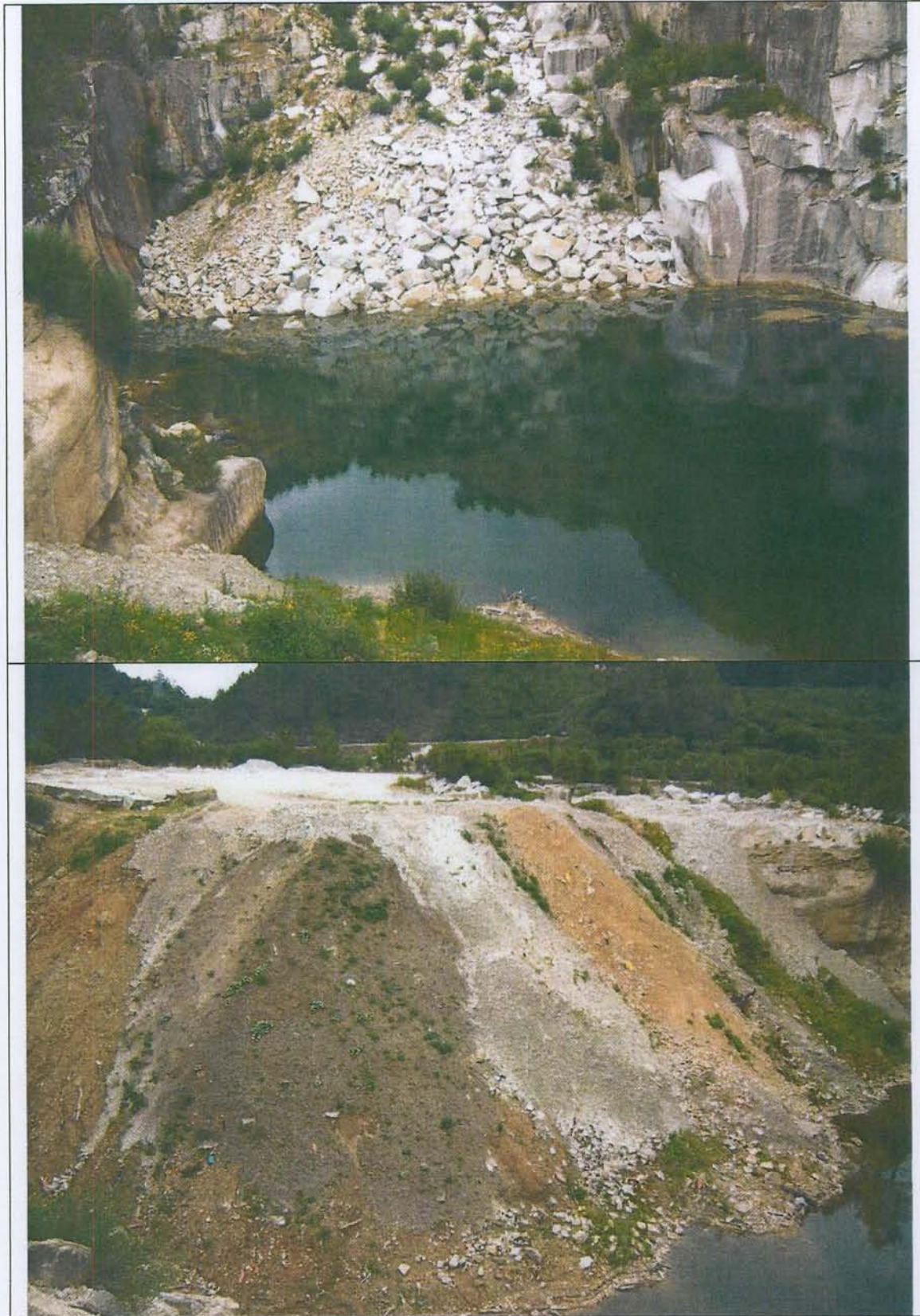
Figura 1. Zona de muestreo. Foto año 2011.



2011: <https://www.google.es/maps/@42.1226471,-8.5741454,729m/data=!3m1!1e3>



Fotografías actuales (26,52012) de los vertidos en la Cantera de SanXurxo







**Figura 3. Fotografías con diversos materiales y envases incluidos en los vertidos (plásticos, envases vacíos, escombros, hierros, fragmentos de madera, serrín, etc.)**



### Puntos de muestreo

Se seleccionaron 10 puntos de muestreo (S10 es muestra de agua). La selección se hizo en función de las diferencias observadas entre las distintas lenguas que forman el vertido y que se aprecia claramente que proceden del volcado de camiones que los transportaron hasta allí, así como de la información de personas de la zona que estaban presentes en el momento del muestreo

Los puntos S1, S4, S5, S6, S8, S9 y S10 están situados lo más cerca posible porque es donde se concentraron todos los residuos, es decir, es un depósito concentrado no difuso. Por otra parte el punto S2 se encuentra en otra zona donde se forma un arroyo con el drenaje que procede de la balsa con agua, y, por último, el punto S3 es un suelo natural colindante al punto S2.

La situación exacta de cada punto de muestreo figura en la tabla 1.

**Tabla 1: Situación de los puntos de muestreo**

Muestra	Latitud	Longitud
S1	42° 7' 26.47"	-8° 34' 34.53"
S2	42° 7' 20.02"	-8° 34' 36"
S3	42° 7' 20.02"	-8° 34' 36.158"
S4	42° 7' 26.47"	-8° 34' 34.53"
S5	42° 7' 25.896"	-8° 34' 33.92"
S6	42° 7' 25.5"	-8° 34' 34.17"
S7	42° 7' 26.472"	-8° 34' 34.53"
S8	42° 7' 25.6074"	-8° 34' 33.924"
S9	42° 7' 25.248"	-8° 34' 33.3474"
S10	42° 7' 26.5794"	-8° 34' 34.1754"

### Descriptiva de las muestras

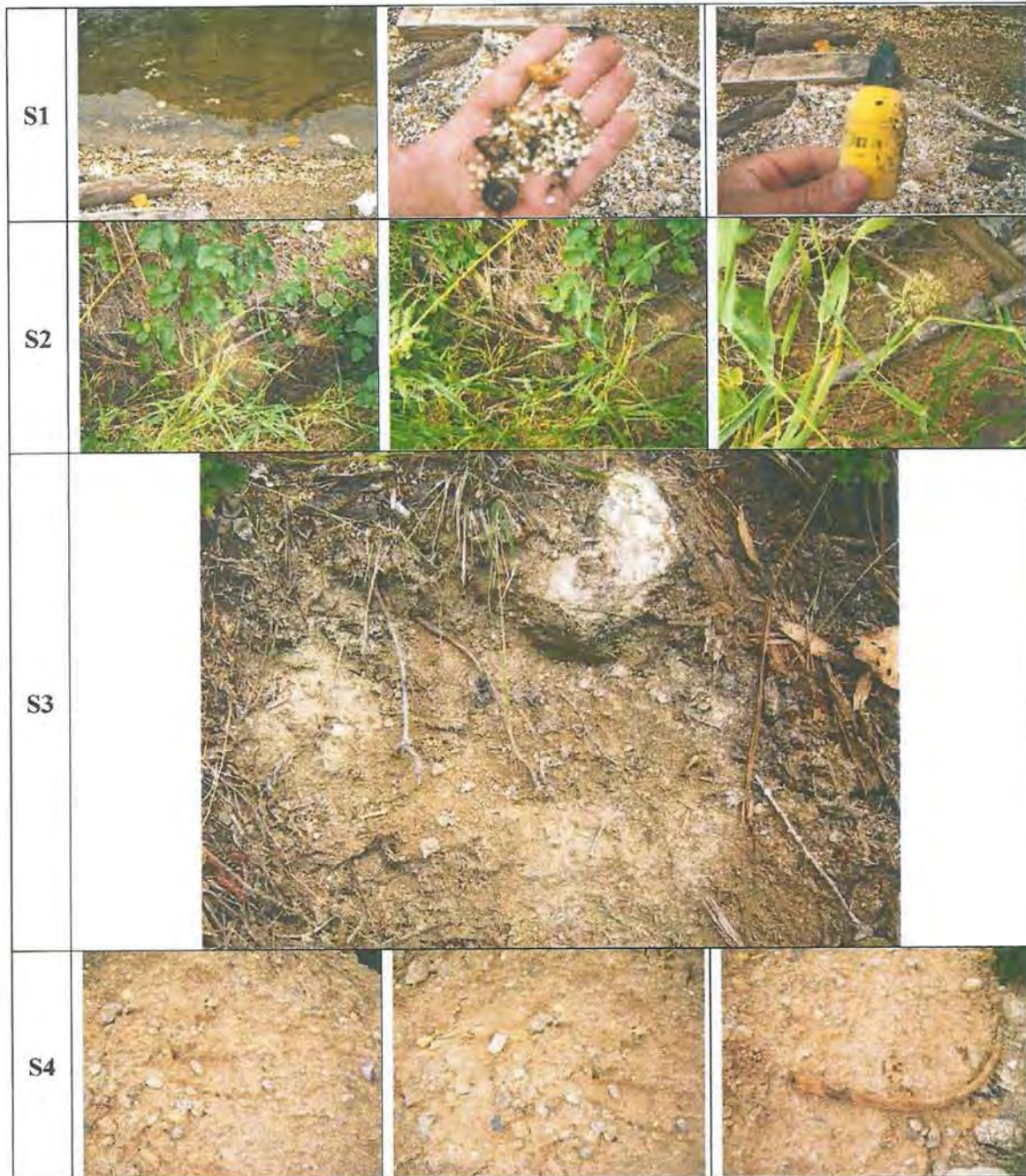
- S1: sedimento de la actual zona encharcada contigua al borde considerable en el centro.
  - S2: sedimento del fondo del regato de Bacon
  - S3: suelo lindante al regato
  - S4: Vertido de aspecto limoso, adherente en húmedo y con plasticidad, contiene piedras, y el tamaño de partícula es variable, color amarillento (10YR 6/6), suelto (no compacto). Desconocemos su origen.
  - S5: Material procedente del tratamiento de los suelos de las Gándaras de Budiño cuando estas fueron afectadas por un derrame de fuel-oil ( mezcla de suelo y del material con que fue tratado) ( información facilitada por personas del entorno de ambos lugares)
  - S6: Escombros de obra, aparentemente triturado, contiene de barras hierro y algún otro material.
  - S7: Lodos procedentes del corte de piedra 1
  - S8: Residuo de aspecto similar al de los lodos procedentes del corte de piedra pero según información de personas de la zona parecen proceder de una cementera.
  - S9: Lodos procedentes del corte de piedra 2
  - S10: Agua de la actual balsa, también recogida en zona cercana al borde (no se pudo recoger en otro lugar debido a la profundidad de la balsa y a la gran inestabilidad de las lenguas de residuo que dificultan, o casi impiden, el acceso a la balsa).
- Además del estudio que se realizó en el laboratorio, cuyos resultados se expondrán más adelante, es preciso destacar que en la zona de estudio se encontraron envases vacíos de







disolventes, detergentes, lejías, de productos farmacéuticos, etc., además de fragmentos metálicos y gran cantidad de plásticos de diversos orígenes.

La superficie de la balsa contenía gran cantidad de poliespan (Poliestireno expandido), producto derivado del petróleo y que puede tardar en años y con toda la problemática que acarrea al ser un derivado del petróleo y, claramente visible, al menos una rueda de camión en el agua (dada la profundidad de la balsa no se pueden percibir materiales presentes en el fondo).

**Figura 4. Aspecto de cada una de las muestras y algunos de los residuos encontrados en ellas**





S5	
S6	
S7	
S8	



### **Métodos utilizados**

En cada punto de muestreo se recogieron tres muestras que se mezclaron y homogeneizaron para formar una muestra compuesta.

En el laboratorio se secaron al aire, se deshicieron los agregados y se tamizaron por una malla de 2mm.

Se determinó el pH, se analizó el contenido de hidrocarburos y el contenido total y disponible de Al, Mn, Sb, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Mn, Zn y Fe, los tres primeros solicitados por los que encargaron el trabajo, el último debido a que se encontraron en diversas zonas restos oxidados de este metal y los demás porque son metales pesados que pueden llegar a producir efectos muy tóxicos cuando se encuentran en cantidades muy elevadas.

El contenido total (pseudotal) de metales pesados en las muestras de residuos, suelos y sedimentos se extrajo con agua regia (ácido nítrico y clorhídrico concentrados en relación 1:3). El análisis se realizó por ICP-OES.

El contenido disponible de los mencionados metales pesados, aquel que se solubilizará y podrá pasar a las aguas y/ o organismos a corto plazo se extrajo con DTPA (ácido dietilen triamino pentaacético) y el análisis de los extractos se realizó por ICP-OES) en un aparato Perkin Elmer Optima 4300 DV.

Todos los análisis se realizaron por triplicado y los resultados son la media de los tres análisis; expresando también la desviación standard.

### **Resultados**

Los resultados obtenidos se expresan en las tablas 2, 3 y 4.

La determinación del pH se hizo atendiendo fundamentalmente a su influencia sobre la movilidad/ disponibilidad de los metales pesados.

Si por cualquier motivo (aporte de otros residuos más ácidos, o materia orgánica (lodos residuales cloacales, estiércol, etc) que sufra procesos de putrefacción u oxidación, que son acidificantes, este cambio a condiciones más ácidas provocará la movilización de los metales pesados retenidos causando problemas de toxicidad.



También en las zonas encharcadas, si se produce desecación se oxidarán los residuos liberando los metales más fuertemente fijados.

**Tabla 2. pH de suelos y agua**

	pH
S1	8,47
S2	7,14
S3	5,38
S4	8,28
S5	7,69
S6	9,2
S7	9,08
S8	9,23
S9	9,01
S10	8,78

El pH del agua está en el límite de basicidad permisible, ya que los valores óptimos para la mayoría de las especies acuáticas están entre 6 y 7,2, aunque algunos autores indican que los valores permisibles son entre 6,5 y 8,5.

Se aprecia que, excepto la muestra S3, que tiene un pH ácido, que es el valor normal en suelos graníticos (es el único suelo muestreado, que puede utilizarse como referencia para comparar con los diferentes residuos) el pH de los demás (agua incluida) es básico incluso algunos fuertemente básico, como son los S8 y S9 (S2 y S5 muy próximos a la neutralidad).

Estos valores básicos de pH hacen, como se comprobará más adelante que los metales estén bastante fijados en el residuo lo que se confirma con la gran diferencia existente entre el contenido total y disponible, pero ello no implica que puedan movilizarse a medio plazo y ser transferidos a aguas u organismos.

En la tabla 3 se muestra el contenido pseudototal de los metales Aluminio (Al), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), plomo (Pb), níquel (Ni), manganeso (Mn), antimonio (Sb), zinc (Zn) y hierro (Fe) en los suelos, sedimentos, residuos y agua.

Excepto Al, Mn y Fe elementos que proceden mayoritariamente del granito de la zona, los contenidos de los demás metales de todas las muestras son, en general mayores, que los del suelo S3. Cabe destacar las muestras S4 y S5 con concentraciones muy elevadas de Cr, Cu, Pb, Ni y Zn, que superan en ambas muestras (por tanto en ambos residuos) los niveles genéricos de referencia de diversas guías internacionales (Kelly índices, ILCRCL) y los Niveles Genéricos de referencia de metales pesados en Galicia. No se ha detectado Cd en ninguna de las muestras que fue analizado por si entre los residuos vertidos en la zona hubiera restos de pinturas u otros materiales que contienen este metal. Asimismo el residuo S5 supera ampliamente los niveles máximos permitidos de Mn (500-800).

Por otra parte las muestras S1 y S2 contienen Antimonio (Sb) en concentraciones que, en la primera duplica y en la segunda es ocho veces mayor que el nivel máximo permitido (6 mg/kg) en suelos.

Los contenidos extraíbles son muy inferiores (tabla 4), lo cual es debido a que en condiciones de pH básico estos elementos están en forma insoluble pero, como ya se ha indicado previamente, podrían solubilizarse fácilmente si cambia el pH a valores menores de 6,5-7, lo cual hace a estos residuos potencialmente tóxicos.



Tabla 3. Contenido pseudototal de Al, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Mn, Sb, Zn, Fe (mg/kg) excepto S10 (mg/L)

	Al	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Mn	Sb	Zn	Fe
S1	21122±1849	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	324±35,1	12±5,43	45±1,74	21647±2471
S2	29525±3718	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	300±40,5	n.d.	42±6,25	23942±3087
S3	68646±620	n.d.	n.d.	n.d.	0,94±0,37	0,49±0,34	492±2,12	n.d.	63±9,48	33672±1238
S4	62446±6066	n.d.	108±15,4	193±90,1	86±9	41±6,88	561±84,3	n.d.	1171±257	45729±1510
S5	19484±228	n.d.	4995±448	1314±261	193±48,8	2102±125	4738±810	53±4,20	3259±866	164253±6623
S6	22730±1271	n.d.	43±11,3	64±0,93	98±5,33	26±8,76	422±42,9	n.d.	511±41,9	24668±3135
S7	20257±1867	n.d.	85±6,56	n.d.	n.d.	n.d.	322±23,8	n.d.	64±2,83	20999±1608
S8	20296±262	n.d.	47±4,34	n.d.	0,48±0,82	n.d.	299±4,66	n.d.	59±7,33	20834±399
S9	23507±1034	n.d.	35±4,21	1,62±2,81	1,31±0,57	n.d.	304±17,2	n.d.	128±53,9	22899±938
S10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,98	0,94

n.d.: no detectado

Tabla 4. Contenidos extraíbles con DTPA de Al, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Mn, Sb, Zn, Fe (mg/kg)

	Al	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Mn	Sb	Zn	Fe
S1	1,09±0,14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4,66±0,01	n.d.	1,68±0,11	9,02±0,38
S2	18,4±0,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3,23±0,28	n.d.	1,51±0,18	20,4±0,33
S3	138±6,6	n.d.	n.d.	n.d.	0,12±0,03	n.d.	11,6±0,04	n.d.	1,21±0,37	53,3±1,29
S4	n.d.	n.d.	n.d.	6,54±0,15	5,09±0,37	0,05±0,02	5,61±0,12	n.d.	95,3±8,46	46,5±0,36
S5	n.d.	n.d.	n.d.	143±4,46	15,3±1,35	6,49±0,31	133±3,65	n.d.	188±11,1	209±17,4
S6	4,77±0,5	n.d.	n.d.	19,6±2,32	23,3±8,89	0,50±0,11	13,5±0,41	n.d.	138±1,05	155±4,37
S7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	14,1±0,18	n.d.	6,54±0,43	177±1,43
S8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	12,5±0,07	n.d.	6,48±0,13	173±1,86
S9	n.d.	n.d.	n.d.	0,49±0,087	0,11±0,09	n.d.	5,76±n.d.,34	n.d.	2,58±n.d.,51	36,1±5,15

n.d.: no detectado

También es preciso indicar que el contenido total de hidrocarburos en la muestra S5 es de  $1,8 \pm 0,15$  g/kg. Aunque no es muy elevado no deberían verse residuos con estos componentes porque dependiendo del tipo de hidrocarburos podrían pasar a las aguas causando problemas de toxicidad.



**Tabla5. Niveles máximos permitidos ( contenidos totales**

	NGR para metales pesados y otros elementos para ecosistemas en Galicia (mg/kg)	Kelly Index mg/kg (contaminado)
Cd	1	1-3
Cr	80	100-200
Cu	50	100-200
Mn	850	> 500
Ni	75	20-50
Pb	80	500-1000
Sb	6	30-50
Zn	200	250-500

También es preciso indicar que la muestra S5 contiene hidrocarburos

Los resultados obtenidos indican, a nuestro juicio que, al menos, los residuos, S1 por su contenido de Sb), S4 y S5 ( por el contenido de ´ muy elevado de elementos tóxicos no deberían verse en esa zona, sino trasladados a en lugares adecuados para tratamiento o almacenamiento de residuos tóxicos y peligrosos. S4 y S5 deberían ser retirados y además se recomienda hacer un exhaustivo estudio de la balsa de agua y de los contenidos de elementos a mayores profundidades en toda la zona de depósito.

Vigo, a 27 de junio de 2014



The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular official stamp. The stamp contains the text 'No. 9 Audiencia Provincial de Vigo' and a central emblem. The signature is written in a cursive style.

## ANEXO:

Efectos tóxicos de los elementos detectados, si se produce su solubilidad, cambiando el pH, lo cual es factible, y es ingerido en aguas, plantas o entra por vía respiratoria o dérmica.

*Debe primeramente tenerse en cuenta que la mayoría de estos elementos son necesarios para la vida de animales, plantas y el hombre, pero en cantidades muy pequeñas, por lo que a muchos se les denomina micronutrientes*

Cr: No se conoce que sea esencial para la vida. Al pH de estos residuos el Cr se encuentra como Cr +6. El cromo que tiene importancia I corresponde a la valencia +3 que es cancerígeno por vía gastrointestinal. En tanto, el cromo +6, que es absorbido por la piel y fácilmente ingresa a las células, en donde es reducido a +3, también reviste peligrosidad. El cromo +3 causa cáncer de pulmón, perforación del tabique nasal, bronquitis, asma y dermatitis de contacto. .

Cu: Elevados niveles de Cu pueden ser tóxicos para los microorganismos, de hecho es sobradamente conocida la utilización de sulfato de Cu para el control microbiano. El Cu juega un papel importante en diversos procesos fisiológicos: fotosíntesis, respiración, distribución de carbohidratos, reducción y fijación de N, metabolismo de las proteínas etc.

El Cu controla la producción de ADN y ARN y su deficiencia inhibe la reproducción de las plantas, reduce la producción de semillas y provoca esterilidad del polen.

Sin embargo, en concentraciones elevadas es tóxico, los síntomas generales de toxicidad son clorosis y malformación de las raíces.

El manejo del exceso de Cu en muchos lugares del mundo es análogo al que debe hacerse del Al. Si el pH no es mantenido en el rango más adecuado, entre 6 y 7 para la mayoría de los cultivos, la asimilabilidad del Cu, Zn, Mn y otros elementos será muy probablemente un problema

Ni: Es un elemento bastante móvil en plantas: bayas y granos son las partes que presentan concentraciones más elevadas. El nivel de toxicidad en plantas varías de 10 a 100 mg/ Kg.

En caso de excesos, tanto el Ni como el Cr pueden ser cancerígenos.

La acumulación en los horizontes superficiales ha tenido y tiene efectos nocivos sobre la actividad microbiana, germinación y desarrollo de las plantas en esta zona.

Pb: El particulado fino de plomo (10-100  $\mu\text{m}$ ) puede ser extremadamente peligroso por las siguientes razones:

Se adhiere más fuertemente a la piel.

Es más soluble que el particulado grueso en el tracto gastrointestinal.

Es fácilmente absorbible a través del sistema respiratorio

En caso de ingerir plantas o aguas con elevados contenidos de este metal, en adultos que trabajan en ambientes expuestos a la contaminación con plomo, el metal puede acumularse en los huesos, donde su vida media es superior a los 20 años. La osteoporosis, embarazo, o enfermedades crónicas pueden hacer que éste plomo se incorpore más rápidamente a la sangre. Los problemas relacionados con la sobreexposición al plomo en adultos incluyen:

Daño en los riñones.

Daño en el tracto gastrointestinal.

Daño en el sistema reproductor.

Daño en los órganos productores de sangre.



Daños neurológicos.

Zn: La toxicidad del Zn es bastante bien conocida a elevadas concentraciones, los efectos más claros son interacciones en la absorción de otros elementos esenciales como P y Fe.

Este elemento se acumula fundamentalmente en raíces, aunque hay otros síntomas de toxicidad como clorosis, principalmente en las hojas nuevas, y puntos de coloración rojo violeta en las hojas.

Las plantas lo absorben fundamentalmente como catión divalente.

Sb: El antimonio se encuentra a niveles muy bajos en el medio ambiente, tan bajos que con frecuencia no se puede medir.

Las concentraciones de antimonio que se disuelven en ríos y lagos son muy bajas, generalmente menores que 5 partes de antimonio por 1 billón de partes de agua (ppb).

El suelo contiene generalmente concentraciones muy bajas de antimonio, menores que 1 parte de antimonio por 1 millón de partes de suelo (mg/Kg). Sin embargo, se han encontrado concentraciones cercanas a 9 (mg/Kg). Las concentraciones más altas encontradas en sitios de desechos tóxicos

El antimonio puede entrar al cuerpo si se toma agua o consumen alimentos, tierra u otras sustancias que contengan antimonio. El antimonio también puede entrar al cuerpo si se respira aire o polvo que contenga antimonio.

Una pequeña cantidad de ese antimonio entrará a la sangre después de unas cuantas horas. La cantidad y la forma del antimonio presente en el agua o en los alimentos determinarán la cantidad de antimonio que entrará a la sangre. El antimonio presente en los pulmones entrará a la sangre después de varios días o semanas. Se desconoce la cantidad de antimonio proveniente de los pulmones que entra a la sangre.

Después de que el antimonio entra a la sangre, llegará a muchas partes del cuerpo. La mayor parte del antimonio va al hígado, los pulmones, los intestinos y el bazo. El antimonio saldrá del cuerpo a través de las heces y la orina a lo largo de varias semanas.

La exposición a 9 miligramos de antimonio por metro cúbico de aire ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) durante largo tiempo puede causar irritación de los ojos, la piel y los pulmones. Respirar  $2 \text{ mg}/\text{m}^3$  de antimonio durante largo tiempo puede causar problemas pulmonares (neumoconiosis), cardíacos (electrocardiogramas irregulares), dolor estomacal, diarrea, vómito y úlceras estomacales. Las ratas y conejillos de Indias (cobayas) que respiraron cantidades muy altas de antimonio por poco tiempo murieron. Las ratas que respiraron altos niveles de antimonio durante varios días sufrieron daños pulmonares, cardíacos, hepáticos y renales. Respirar muy bajos niveles de antimonio durante largo tiempo ha causado en las ratas irritación de los ojos, pérdida de pelo y daño en los pulmones. Los perros y las ratas que respiraron bajos niveles de antimonio durante mucho tiempo presentaron problemas cardíacos (electrocardiogramas irregulares). Se han observado problemas de fertilidad en las ratas que respiraron niveles muy altos de antimonio durante un par de meses. Ni el Departamento de Salud y Servicios Humanos (Department of Health and Human Services, DHHS), ni la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (International Agency for Research on Cancer, IARC) ni la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE. UU. (EPA, por sus siglas en inglés) ha clasificado los efectos del antimonio según sus propiedades cancerígenas.

Mn: El manganeso es un metal de transición indispensable en la producción de acero. Además, es un componente de las soldaduras y de sus humos. Está presente en pinturas, en insitidas, como antidetonante de gasolinas y también se utiliza como nutriente de animales. Su principal vía de ingreso es la respiratoria y su vida media es de 39 días. Se elimina principalmente por las heces. Altas exposiciones a manganeso alteran la velocidad de respuesta visual, el movimiento fino de mano y antebrazo y suscita la aparición de temblor fino. A partir de determinados niveles tiene efectos tóxicos en el Aparato Respiratorio por depósito e



interferencia con la inmunidad local y en el Sistema Nervioso Central, por alteración del metabolismo de catecolaminas y melatonina.

La toxicidad por manganeso puede causar múltiples problemas neurológicos y es un reconocido peligro sanitario para las personas que inhalan polvo de manganeso, como soldadores y fundidores. A diferencia del manganeso ingerido, el manganeso inhalado es transportado directamente al cerebro antes de que pueda ser metabolizado en el hígado. Los síntomas de la toxicidad por manganeso por lo general aparecen lentamente en un periodo de meses y hasta años. En su peor forma, la toxicidad por manganeso puede derivar en un trastorno neurológico permanente con síntomas similares a los de la enfermedad de Parkinson, incluyendo temblores, dificultad para caminar, y espasmos de los músculos faciales. Este síndrome, con frecuencia denominado manganismo, algunas veces se ve precedido por síntomas psiquiátricos como irritabilidad, agresividad, e incluso alucinaciones. Además, la inhalación ambiental o laboral de manganeso puede causar una respuesta inflamatoria en los pulmones. Los síntomas clínicos de los efectos en el pulmón incluyen tos, bronquitis aguda, y disminución de la función pulmonar.9).

Zn: No son frecuentes los efectos nocivos por ingesta de Zn ya que Las manifestaciones clínicas de la toxicidad por zinc (dosis mayores de 80 mg/día) incluyen una disminución en los niveles de colesterol HDL, cobre y linfocitos en la sangre. También pueden producirse alteraciones del metabolismo del colesterol y trastornos gastrointestinales si se ingieren excesivos suplementos de zinc. El límite superior de seguridad para el consumo de zinc es de 40 miligramos diarios para los adultos.

