

INFORME SOBRE O PROXECTO DE AUTORIZACIÓN DE VERTE DURAS DA MINA DE SAN FINS, LOUSAME

SUSCRITO POR

Eliseo Baluja Casales
Enxeñeiro Técnico Industrial

Steven H. Emerman
Doutor en Xeofísica

Sabela Iglesias Garrido
Técnica Superior en Tratamento de Augas

Jorge Mouriño Lourido
Licenciado en Bioloxía

Celestino Quintela Sabarís
Doutor en Bioloxía

Diego Rodríguez Vieites
Licenciado en Bioloxía
Master en Restauración de Ecosistemas

Margarita Rubido Bará
Doutora en Bioloxía

A SOLICITUDE DE



Concello de Muros
ALCALDÍA

verdegaia

Vigo, Decembro de 2017

INFORME SOBRE O PROXECTO DE AUTORIZACIÓN DE VERTEDURAS DA MINA DE SAN FINS, LOUSAME

INTRODUCCIÓN	3
1. SOBRE A EXISTENCIA DUN FONDO NATURAL DE METAIS	4
1.1. Que se entende como Fondo Natural de Metais e como se determina?.....	4
1.2. Invalidade do experimento de lixiviación	6
1.3. Inconsistencias nos resultados de analíticas de augas	11
1.4. Mostras tomadas en zonas de influencia mineira.....	18
1.5. Interpretación errónea dos datos sobre concentracións aluviais.....	21
1.6. Invalidade da información sobre contexto xeolitolóxico.....	25
2. A CONTAMINACIÓN ANTROPOXÉNICA EN SAN FINS	31
2.1. Comparación de valores en augas superficiais "augas arriba" e "augas abaixo"	31
2.2. As Drenaxes Ácidas de Mina	32
2.3. Os lixiviados das escombreyas.....	38
2.4. As presas de colas mineiras	41
2.5. Unha "bomba química de reloxaría"	46
3. SOBRE O SISTEMA DE TRATAMENTO PROPOSTO	49
3.1. Antecedentes	49
3.2. A proposta de tratamento de 2016.....	51
3.3. Mudanzas no sistema e obxectivos do tratamento proposto en 2017	53
3.4. Falta de documentación preceptiva que impide avaliar o tratamento proposto	57
3.5. Análise do rascuño de tratamento de 2017.....	62
4. CONCLUSIÓN: O PESO DA EVIDENCIA E O PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN.....	69
REFERENCIAS	72

INFORME SOBRE O PROXECTO DE AUTORIZACIÓN DE VERTE DURAS DA MINA DE SAN FINS, LOUSAME

INTRODUCCIÓN

O presente *Informe sobre o proxecto de autorización de verteduras da mina de San Fins, Lousame* foi realizado a petición da Alcaldía do Concello de Muros e a Asociación Verdegaia, entidades personadas no expediente de solicitude de autorización de verteduras con clave DH.V15.54967 actualmente en trámite no organismo autónomo de Augas de Galicia. Este informe procura contribuir a clarificar diversas cuestións levantadas durante o amplo expediente de referencia, tanto nos sucesivos proxectos, memorias e adendas e restante documentación administrativa que conformou a solicitude inicial sometida a exposición pública, como na resposta ás alegacións e informes anexos.

O presente informe non entra a valorar todas as cuestións levantadas polas distintas entidades alegantes e os organismos consultados e tampouco as respostas que a unha parte delas formulou a peticionaria. Unha primeira parte céntrase en analizar o argumento sobre a presunta existencia dun fondo natural de metais que impediría cumprir as Normas de Calidade Ambiental (NCA) no medio receptor das verteduras e que ademais condiciona aspectos importantes do proxecto, incluíndo a reformulación da proposta de tratamento. Nela explícase o concepto de fondo natural de metais e realízase unha revisión crítica dos argumentos presentados polo peticionario en relación á existencia dun fondo natural de metais que impediría cumprir as NCA.

Frente aos argumentos defendidos polo peticionario, na segunda parte ofrécense unha explicación alternativa dos mecanismos antropoxénicos que provocan a contaminación por metais pesados constatada no río San Fins, principalmente as drenaxes ácidas de mina, os lixiviados das escombreciras e as presas de colas mineiras. O problema, no seu conxunto, é exposto á luz do concepto de “bombas de relaxaría químicas”.

Esclarecidos estes extremos en relación á natureza, fontes e procesos contaminantes, o informe realiza unha análise do sistema de tratamento de augas ácidas de mina proposto polo peticionario. Ante a mudanza completa na abordaxe do tratamento polas concesionarias desde o inicio do expediente de concesión de augas con clave DH.A15.27802 (en 2010), do que se deriva o actual expediente de solicitude de autorización de verteduras, nesta parte comézase presentando os principais antecedentes da proposta de tratamento. A continuación dáse conta das principais alegacións relativas á proposta de tratamento inicial de 2016, explícanse as mudanzas no sistema e obxectivos do tratamento proposto en 2017 en resposta ás alegacións e indícase a ausencia de documentación que impide avaliar adecuadamente o tratamento proposto. Finalmente, preséntase unha breve análise desta nova proposta.

No derradeiro apartado ofrécense unha serie de conclusións e recomendacións que representan a opinión de quen subscribe o presente informe sobre o mellor proceder ante a situación descrita. Estes elementos, así como o resto dos formulados ao longo deste informe, representan unicamente a opinión e criterio de quenes subscriben o documento, e non a posición oficial das entidades ou organismos cos que gardan relación profesional.

1. SOBRE A EXISTENCIA DUN FONDO NATURAL DE METAIS

A empresa solicitante, através do seu escrito de resposta ás alegacións e dunha serie de informes que o acompañan, utiliza recorrentemente a xustificación da existencia dun suposto fondo natural de metais que impediría o cumprimento das Normas de Calidade Ambiental (NCA) para certos parámetros no medio receptor das verteduras. Nomeadamente, é utilizado:

- 1) para xustificar un sistema de tratamento de augas residuais que non garante nin ten por obxectivo o cumprimento das NCA no medio receptor, pois só se indica que as verteduras *"no superarían las concentraciones de fondo natural de metales y elementos existentes en la zona que impiden cumplir con los valores fijados en la correspondiente Norma de Calidad Ambiental (NCA)"* (p. 63, folio 1696);
- 2) para excluir do circuito de tratamento os efluentes de augas ácidas de mina procedente do desaugue das plantas superiores da mina (galerías transversal a 2ª planta [T2] e transversal a 3ª planta [T3]), e que, por tanto, se continuarían vertedendo ao DPH sen tratamento, en base a que *"las calidades de las aguas a las que se hace referencia por los alegantes, no superarían las concentraciones de fondo natural de metales y elementos existentes en la zona, que impiden cumplir con los valores fijados en la correspondiente Norma de Calidad Ambiental (NCA) establecida con carácter general."* (p. 30, folio 1663).

Esta xustificación recorrente fundaméntase no *"Informe sobre alegaciones relativas a la Autorización de Vertido del Proyecto Minero de Tungsten San Fins, S.L.U."*, realizado por Macías Vázquez et al. (2017) Frente a esta base argumental que representa o principal criterio para considerar válidas determinadas solucións técnicas con implicacións ambientais notábeis, nos subapartados seguintes **sostense que non existe base algunha para considerar que exista no río San Fins un fondo natural de metais que impida o estricto cumprimento das Normas de Calidade Ambiental**. Polo contrario, a evidencia dispoñíbel apunta a que foi e continúa sendo a actividade mineira a principal responsábel pola presenza no citado río de niveis de determinadas substancias perigosas e perigosas prioritarias que superan as referidas NCA de aplicación. Considérase ademais que é através do axeitado tratamento de todos os efluentes e da restauración de todas as zonas degradadas pola actividade mineira que será posíbel cumprir as NCA no sistema fluvial en cuestión. En ningún caso podería un fondo natural de metais xustificar a intensificación e falta de tratamento de verteduras contaminantes, especialmente ao ter en conta os seus efectos bioacumulativos e proximidade da ría.

1.1. Que se entende como Fondo Natural de Metais e como se determina?

A Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeo e do Consello, de 23 de Outubro de 2000, que establece un cuadro de acción comunitaria no dominio da política da auga, marca unha serie de obxectivos de calidade das augas, fixados inicialmente para o ano 2015. No entanto, a Directiva prevía unha serie de excepcións nos prazos marcados para o cumprimento xeneralizado das NCA, entre as que se inclúen a existencia dun fondo natural de metais que impidise alcanzar os obxectivos das NCA nunha determinada masa de auga. Esta posibilidade foi transposta ao cuadro legal estatal por medio do *Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental*. En concreto, o *"ANEXO IV Normas de calidad ambiental para las sustancias prioritarias y otros contaminantes"*, no seu *"Apartado B. Aplicación de las normas de calidad ambiental establecidas en el apartado A"*, indica que: **"Al cotejar los resultados de los controles con la correspondiente NCA, se podrán tener en cuenta: a) Las concentraciones de fondo naturales de metales y sus compuestos, cuando dichas concentraciones impidan cumplir el valor fijado por la correspondiente NCA."** No mesmo apartado indícase que *"El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en aras*

de la estandarización y comparabilidad de los resultados, podrá elaborar guías metodológicas en las que se especifiquen y desarrollen los procedimientos de aplicación de las NCAs establecidas en el apartado A".

Conforme a directiva comunitaria, o fondo natural de metais ou fondo xeoxénico refírese única e exclusivamente ao estado das masas de auga derivados de procesos naturais, isto é, dos controlados por procesos naturais de carácter xeoxénico, biolóxico e atmosférico e non influenciados por actividades humanas (antropoxénicas), como podería ser a actividade mineira (Reimann e Garrett, 2005). Vestindo unha situación de contaminación continuada por actividade mineira como un fondo natural, co obxecto de perpetuar esa mesma situación no tempo, estaríamos incurrindo nunha fraude de lei. Diversos estudos téñense ocupado expresamente de isolar eventuais fondos de metais xeoxénicos en zonas alteradas por actividade mineira, existindo metodoloxías rigurosas ao respecto (Nordstrom, 2011; 2015). A pesar de que tanto a normativa europea como a lexislación estatal contempla o deseño dunha metodoloxía estandarizada, este paso aínda non se ten producido, suplíndose en todo caso polas metodoloxías validadas deste o ámbito científico, como aplicábeis, representativas e transferíbeis. A nivel europeo, o proxecto BRIDGE (*Background cRiteria for the IDentification of Groundwater thrEsholds*) estableceu unha metodoloxía común que serve de referencia para as augas subterráneas, mentres que outras metodoloxías se teñen ocupado das augas superficiais, mesmo en zonas de intensa actividade mineira (Schneider et al., 2017), de modo que existen ferramentas dispoñíbeis para unha axeitada caracterización.

Á vista do coñecemento científico ao respecto debe terse en conta, en primeiro lugar, que as metodoloxías utilizadas para determinar o fondo natural de metais se sustentan en métodos estadísticos aplicados a conxuntos de mostras de augas superficiais, cuxos puntos de mostraxe deben atender a unha sistemática precisa e rigorosa, atendendo ao disposto na *Directiva 2000/60/CE* e RD 817/15 de transposición. En todos os casos, os datos de partida son sempre as analíticas das mostras de auga reais tomadas como parte dos controis da calidade das augas dos cauces fluviais que se pretenden caracterizar. As simulacións e inferencias realizadas en laboratorio (como as presentadas no informe de Macías Vázquez et al.), inconexas coas condicións de campo, son irrelevantes desde o punto de vista normativo á hora de establecer un rango cuantitativo do fondo natural de metais a afectos do contemplado na lexislación. A multiplicidade de factores e procesos que determinan o fondo natural de metais non gardan relación coa exposición a auga destilada en condicións de laboratorio dunha mostra de rocha mineralizada. Contrariamente, o fondo natural de metais pode e debe determinarse con criterios rigurosos a partir dos resultados dos controis das augas superficiais.

Un aspecto fundamental das metodoloxías en uso (especialmente en zonas de actividade mineira) é a necesidade de eliminar todos os puntos de mostraxe que poidan estar suxeitos a influencia antropoxénica, particularmente excluindo calquera punto próximo a traballos mineiros, como galerías de extracción ou drenaxe, chemineas de ventilación, labores a ceu aberto, escombreira, instalacións de procesado mineral, etc. (Schneider et al., 2017).

Téñase en conta que os metais pesados procedenes dunha planta de lavado e escombreira (das características da de San Fins), extensibel a outras influencias antropoxénicas como as drenaxes ácidas de mina, mobilizadas na fase acuosa, poden afectar a todo un curso, mesmo a varios kilómetros da fonte contaminante (Sims e Francis, 2010). No contexto español, sistemas hidrográficos intensamente afectados pola actividade mineira, en particular polas drenaxes ácidas de mina, como pode ser a demarcación dos ríos Tinto, Odiel e Piedras, en Andalucía, obrigarán á administración hidráulica a pospoñer os prazos para o cumprimento efectivo das NCA (Macías, 2012) e a realizar cuantiosos investimentos (véxase, por exemplo, o proxecto europeo LIFE-ETAD para o tratamento de augas ácidas de mina, precisamente coparticipado pola empresa matriz da concesionaria mineira de San Fins: <<http://www.life-etad.com>>).

Mesmo que poida resultar evidente, é igualmente imprescindible á hora da realización das análises de control de augas, utilizar instrumental e métodos analíticos cuxos límites de detección teñan suficiente sensibilidade, en particular perante substancias perigosas prioritarias con umbrais máximos permitidos situados en concentracións relativamente pequenas, como o cadmio. Se ben todas as augas superficiais e subterráneas presentes na natureza presentan un fondo natural de metais (polo menos dalgúns elementos), con frecuencia este fondo non só non supera os valores máximos establecidos polas NCA, senon que mesmo está por debaixo da capacidade de detección do instrumental convencional utilizado polos laboratorios acreditados para análises de auga superficial. Mesmo así, e a modo de exemplo, no estudo de Schneider et al. (2017) os límites de detección para cadmio, cobre e cinc, eran, respectivamente, 0.02 µg/L, 0.2 µg/L e 10 µg/L (semellantes aos presentados en polo menos algunhas das analíticas axeitadamente realizadas para Augas de Galicia).

No caso da contaminación fluvial por actividades mineiras, outras metodoloxías teñen utilizado a análise de sedimentos tanto para identificar os fondos xeoxénicos como para desenvolver modelos predictivos do impacto e mobilización de sedimentos contaminados ao longo dunha cunca hidrográfica. En contextos mineiros destaca o modelo de Coulthard e Macklin (2003), denominado TRACER, que, combinando rexistros históricos de actividade mineira con información xeográfica, mostra como os sedimentos contaminados se concentran en "*hot spots*" ("puntos quentes"), operando como focos secundarios de contaminación que tenden a actuar mesmo centos de anos despois do peche das explotacións mineiras. Neste sentido, as referencias no informe de Macías Vázquez et al. aos estudos mineralóxicos por concentrados de batea, realizados polo IGME nos anos 1970, como xustificación da presenza de acumulacións de metais pesados na desembocadura do río Traba na ría de Noia e no propio sistema fluvial, deberían considerarse á luz deste impacto prolongado da actividade mineira e seren obxecto de estudo específico, pois non pode pretender utilizarse un estudo mineralóxico realizado fai case medio século para a procura de xacementos mineiros explotábeis para avaliar a contaminación das masas de auga superficial pola actividade mineira (e menos aínda para tentar inferir a existencia dun fondo natural de metais).

En síntese, considerando a metodoloxía científica aplicada e testada na determinación dos rangos de fondo natural de metais en augas superficiais, os principios metodolóxicos elementares brevemente apuntados evidencian unha serie de elementos invalidatorios das afirmacións sobre os niveis xeoxénicos de certas especies metálicas vertidas no informe de Macías Vázquez et al. e, en consecuencia, do uso que destas afirmacións se realiza nos proxectos asociados ao trámite de autorización de vertedura da Mina de San Fins. Nos seguintes apartados destácanse algúns dos máis relevantes.

1.2. Invalidez do experimento de lixiviación

Da lectura do informe de Macías Vázquez et al. (2017) despréndese un conxunto amplo de datos e argumentos que **conxecturan** a existencia dun fondo natural de metais que impediría o cumprimento dos límites legais establecidos polas NCA; a restante documentación proporcionada pola empresa peticionaria da por confirmada a conxectura e fundamenta ou pretende fundamentar as **solucións propostas nuns "valores de referencia" proporcionados polo equipo de Macías Vázquez et al. que virían a constituir un "límite establecido por modelización termodinámica", presentado como substitutivo ou suspensivo dos límites legais que establecen as NCA**. A modo de exemplo, considérense as seguintes afirmacións realizadas no *Informe de resposta a las alegaciones del Proyecto de solicitud de vertido de la Mina de San Fins. Consideración sobre galerías históricas, coas que se pretende xustificar a ausencia de tratamento das augas ácidas de mina procedentes das galerías transversais a 2ª e 3ª planta (T2 e T3), e que superan as NCA para algunhas das substancias prioritarias:*

Por ello, para la redacción de este informe nos apoyamos, asimismo, en los valores de referencia obtenidos por el Laboratorio de Tecnología Ambiental de la Universidad de Santiago de Compostela al analizar una disolución en equilibrio y un Lixiviado oxidante, definiendo así el rango de concentraciones que pueden darse en las aguas de escorrentía circundantes a la explotación San Finx de forma natural. (p. 5, subliñado noso).

Sobre la base de los datos aportados por TSF y el estudio de la LTA-USC, se realiza la comparación de los valores de Cadmio y Cobre obtenidos en las analíticas de las aguas de T2, respecto al rango de referencia definido por el LTA-USC y se puede entender que dichas concentraciones son coherentes con el hecho de que provengan de un fenómeno de origen natural, característico del entorno de San Finx, siendo los valores de calidad analizados más bajos que las concentraciones modelizadas. (p. 7, subliñado noso)

Se realiza la comparación de los valores de Cadmio y Cobre obtenidos para las aguas de T3 con el rango de referencia definido por el LTA-USC y se observa que se encuentra dentro del mismo, entendiendo, al igual que para el caso de T2, que las concentraciones obtenidas son coherentes con el hecho de que provengan de un fenómeno de origen natural, característico del entorno de San Finx. Por ello, se deduce que la calidad será inferior al límite establecido por modelización termodinámica realizado por la LTA-USC. (p. 8, subliñado noso)

Sobre la base de los datos aportados por TSF y el estudio de la LTA-USC, las aguas de las zonas no explotadas e históricas correspondientes a las surgencias de T2 y T3 son compatibles con el medio en tanto en cuanto se encuentran dentro del rango determinado por el mencionado estudio del LTA-USC. (p. 9, subliñado noso).

Por "concentraciones modelizadas", "valores de referencia" e "límite establecido por modelización termodinámica" os documentos presentados pola empresa concesionaria refírense a un experimento de laboratorio realizado polo equipo de Macías Vázquez et al. no que se estudou unha mostra dun filón non oxidado en condicións de equilibrio e mediante oxidación forzada con auga destilada (p. 35-38). Se ben un experimento destas características, e os modelos xeoquímicos en xeral, poden ser axeitados para determinar o potencial de lixiviación dos materiais acumulados nas escombeiras (de realizarse cos mesmos) ou para axustar o funcionamento dunha planta de beneficio de mineral, non é aplicábel á determinación do fondo natural de metais, que en base á lexislación vixente, debe determinarse con base ás análises das propias masas de augas superficiais. O factor máis importante na capacidade da auga para filtrar os ións dos sedimentos é o pH da auga e por este motivo os sedimentos das operacións mineras (que neste caso colmataron o cauce do río San Fins) poden actuar como unha "bomba de tempo", que retén os ións ata que cambia o pH da auga.

O método que propoñen Macías Vázquez et al. (2017) foi testado fai 25 anos por Runnells et al. (1992), na procura de simular os posibles rangos de concentración de metais nas augas superficiais e subterráneas nunha zona mineira de Kansas (EUA). Aínda que a metodoloxía utilizada polos autores do estudo de 1992 era máis sofisticada do que a descrita por Macías Vázquez et al. para o seu experimento (número e condicións das mostras, simulación das condicións das augas superficiais e subterráneas, cálculo das concentracións de metais nas augas non contaminadas utilizando PHREEQC, etc.), Runnells et al. **admitiran que os modelos propostos eran simplistas e o método foi descartado** pola Axencia de Protección Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) por non servir para os obxectivos propostos.

Se ben Macías Vázquez et al. non aprecian "indicios de efectos acidificantes, con lixiviación de sulfatos y metales pesados" indican que "los altos niveles de Cd, Cu y Mn respecto a los objetivos de calidad a alcanzar pueden ser de origen litológico, por lo que nuevos muestreos deben concentrarse en conocer los niveles de fondo". Desta última afirmación, desprenderíase que Macías Vázquez et al. (2017) efectivamente pretendería apoiarse en novas analíticas de

augas superficiais para determinar un hipotético fondo natural de metais. Non obstante, nin os resultados das análíticas que acaban por presentar nin todas as outras existentes no expediente administrativo sustenta a hipótese de que os altos niveis de metais "*pueden ser de origen litológico*". Tampouco recolleron sedimentos fluviais sobre os que tivesen a certeza de non teren sido nunca afectados pola actividade mineira en San Fins. Contrariamente, a existencia do fondo natural de metais pretende inferirse por medio dun "*sencillo experimento*" de lixiviación e oxidación en laboratorio. Non se explica a procedencia ou base científica da suposta metodoloxía utilizada, nin a énfase na oxidación, en oposición á redución. É sabido que en moitos casos, os ións adsorbidos se liberan dos sedimentos por redución. Esta é unha das formas en que os sedimentos fluviais da actividade mineira poden actuar como unha "bomba de tempo," á espera que as condicións fluviais cambien de oxidación a redución.

Nas páxinas 37 e 38 do informe vértense unha serie de preguntas que suxeren a posibilidade de existencia dun fondo natural de metais que impide cumprir as NCA tabuladas, non proporcionando resposta algunha, pero concluíndo igualmente que "*queda claro perfectamente que el factor litológico y el factor grado de oxidación producida modifican fuertemente las concentraciones del agua en contacto con los materiales filonianos*". O que nada achega á existencia dun fondo natural de metais, dado que o propio experimento (exposición do filón a auga destilada) contrasta coa realidade do subsolo da mina, na que a auga destilada pura que foi utilizada no experimento con pH de 7 nunca entra en contacto con material filoniano en San Fins.

O propio informe de Macías Vázquez et al. asinala que o "*sencillo experimento*" apenas pretende "ilustrar" a "*dificultad de poner límites a la calidad de las aguas generalistas*" (p. 35), sendo a principal conclusión a de que "*el filón es una fuente de acidez y lixiviación de elementos metálicos en condiciones naturales y mucho más rápidamente cuando se produce su oxidación forzada*" (p. 37). Aínda que por "oxidación forzada" Macías Vázquez et al. se refiren probabelmente ás condicións do seu experimento en laboratorio, é evidente que a existencia dunha mina subterránea e de escombres de residuos mineiros, en ambos casos con potencial demostrado para a xeración de drenaxes ácidas de mina, encaixa na consideración de "oxidación forzada", de carácter antropoxénico, causada pola actividade dos sucesivos titulares mineiros. Se ben o experimento non serve para a determinación dun fondo natural de metais, ilustra en parte algúns dos procesos responsábeis pola xeración de **drenaxes ácidas de mina**, fenómeno sobradamente coñecido para a minería metálica subterránea pero que **non se cita en toda a documentación do petionario**.

Aínda que en ningún momento no informe de Macías Vázquez et al. se indica de forma explícita que os valores resultantes deste experimento de laboratorio se presenten como "*valores de referencia*" dun suposto fondo natural de metais, substitutivo das NCA, a restante documentación da empresa sí fai uso dos valores indicados no informe Macías Vázquez et al. nese concreto sentido. O equipo de Macías Vázquez et al. ten a prudencia de indicar que os valores presentados de ningún xeito se poden considerar como datos confirmados, de modo que o experimento unicamente podería ilustrar, en todo caso, algunhas das dinámicas xeoquímicas que poderían estar detrás dun fondo natural de metais, pero que terían que ter en conta igualmente, os complexos factores de atenuación natural, adsorción superficial, coprecipitación, intercambio iónico, etc., que se dan en superficie. Se ben o propio *Decreto 817/2015, de 11 de setembro*, indica que un eventual fondo natural de metais só se podería determinar cotexando os resultados dos controis de augas fluviais en zonas non afectadas pola actividade mineira (e non de experimentos en laboratorio) coa correspondente NCA, no informe de Macías Vázquez et al. cométese a imprudencia de utilizar os seus resultados (mesmo que hipoteticamente) como se en verdade fosen un valor de referencia para un fondo natural de metais: "*En caso de que se confirmaran los datos anteriormente expuestos (tabla 2)*

y tomando un valor de Cd de 7,47 µg/L (utilizado por los alegantes), en un ambiente escasamente alterado (lixiviado oxidante) los valores serían 571 veces inferiores a los de fondo."

A pesar de indicar que se trata de datos non confirmados, ao faceren isto Macías Vázquez et al. están a aplicar os valores resultantes do seu experimento de lixiviación a mostras reais de augas superficiais tomadas no río San Fins, como se realmente os resultados do experimentos puidesen considerarse valores de referencia dun fondo natural de metais. O dato de 7,47 µg/L para o cadmio corresponde a unha analítica realizada por Tungsten San Finx S.L. o 23/06/2015 augas abaixo da presa mineira n.º 1 (X=513971 Y=4734167). Como indican os alegantes, e a modo ilustrativo, as augas do río neste punto **superarían 16 veces os valores máximos permitidos** para o cadmio en calquera momento (NCA-CMA) e en **93** veces a cantidade admisíbel en promedio anual (NCA-MA), aumentando en 311 veces fronte os valores detectados nas mostras de 1 km augas arriba, tomadas no "Chán da Mina", situados por debaixo do límite de detección instrumental (a pesar de estar nunha zona de influencia por actividade mineira). Non obstante, segundo Macías Vázquez et al., este valor extremadamente alto de cadmio estaría **571 veces por debaixo** ao fondo natural de metais que, en virtude do seu experimento, suxiren sería de aplicación.

Como se pode ver na **Táboa 1** a continuación, os niveis de fondo natural de metais propostos para os distintos elementos metálicos supoñen considerar como "naturais", isto é, non ligados a actividades antropoxénicas, **niveis a 1,5 km augas abaixo da explotación** que, para o cadmio, superan **42,5** veces a NCA-MA e **7,5** veces a NCA-CMA (cantidade máxima admisíbel en calquera momento), para o cobre superan **22,8** veces as NCA-MA; e para o cinc superan **4** veces as NCA-MA, un elemento para o que o "experimento" demostraría que non habería fondo natural de metais. Para cadmio o valor que supostamente marcaría o novo límite legal excepcional da NCA por "fondo natural de metais" serían 4.270 µg/L; isto é, 53.375 veces (cincuenta e tres mil trescentas setenta e cinco veces) superior á verdadeiramente legal NCA-MA (0,08 µg/L). Para o cobre tabúlase un fondo natural de metais de 112.110 µg/L, 22.420 veces (vintedúas mil catrocentas vintedúas veces) superior á verdadeiramente legal NCA-MA (5 µg/L). Na **Táboa 2**, máis abaixo, recóllense outros resultados analíticos de augas abaixo das escombeiras e presas de colas mineiras.

Parámetro	Límite NCA-MA	Límite NCA-CMA	Valor Augas arriba	Valor augas abaixo	Experimento LTA-USC
Cd disolto	0,08 µg/L	0,45 µg/L	0,34 µg/L	3,4 µg/L	4270 µg/L
Cu disolto	5 µg/L		1,4 µg/L	110 µg/L	112100 µg/L
Zn disolto	30 µg/L		< 9 µg/L	124 µg/L	<5 µg/L

Táboa 1. Comparación entre NCA, valores reais e límite proposto por LTA-USC. Notas: O valor augas arriba e abaixo correspóndese coas mostras tomadas por Augas de Galicia o 26/01/2017, tomándose o punto de mostraxe AA6 (512860 Y 4734119 ETRS_89), situado **1,5 km augas abaixo da mina** como referencia augas abaixo, e o punto de mostraxe AA1 (X 514618 Y 4733372 ETRS_89), **no "Chan da Mina"** como referencia augas arriba dos traballos de explotación mineira actuais.

Téñase en conta que os límites de cadmio (4270 µg/L) e cobre (112.000 µg/L) propostos por Macías Vázquez et al. (2017) matarían toda a vida acuática ao instante. Atendendo aos Estándares da EPA¹ para a vida acuática, a dose aguda de cadmio é 1,8 µg/L en auga doce e 33

¹ <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

µg/L en auga salgada mentres que a dose aguda de cobre é 4,8 µg/L en auga salgada. Os valores extremadamente altos, e inéditos en calquera masa de auga superficial do mundo, propostos polo LTA-USC demostran o absurdo da súa metodoloxía (que, por outra parte, tampouco se presenta ou elabora) e fan que o presentado nin tan sequera poida considerarse un “estudo”, máis unha mera opinión ou conxectura carente de calquera fundamento. Esta conxectura, á luz dos valores de cinc resultantes do experimento, nin sequera consiguen explicar os valores reais que se presentan no río.

Como é evidente, o que se consegue, independentemente da invalidez dos datos presentados á hora de defender a existencia dun fondo natural de metais e determinar o seu rango, é relativizar os altos valores de certas substancias perigosas presentes nas augas superficiais. Utilizar unha provisión de excepcionalidade disposta na *Real Decreto 817/2015* para dar “patente de corso” ás emisións contaminantes da concesionaria e desresponsabilizala de posibles danos sobre o ecosistema, a saúde pública e o tecido productivo local (en particular o marisqueiro), presenta as características dunha fraude de lei. Esta praxe ademais de que resultaría ilegal é coñecida e condenada desde o ámbito científico-académico: "*natural background should not be used as an excuse for escaping clean-up responsibilities*" ["o fondo natural non debe ser utilizado como excusa para fuxir das responsabilidades de restauración"] (Zhu e Anderson, 2002).

Para situar o grao de cumprimento da NCA, os valores reais das augas do río San Fins e o fondo natural de metais conxeturado por Macías Vázquez et al. (2017) (ambos presentados na tabela anterior) no contexto dos ríos europeos, merece a pena referir o indicado no *Geochemical Atlas of Europe* (Salminen, 2005), que informa sobre os niveis dos distintos elementos nas augas superficiais do continente. As mostraxes do *Atlas* abranxen o conxunto dos sistemas fluviais europeos, isto é, incluíndo tanto zonas con alta contaminación por cada un destes elementos (aínda que non tal alta como a evidenciada no tramo do río San Fins posterior ás escombreyas e presas da mina) e zonas con alta dispoñibilidade natural destes metais no solo pero que, mesmo así, non xeran un fondo xeoxénico como o suxerido por Macías Vázquez et al. (2017) para San Fins. Unha primeira comparación dos datos de San Fins coa dos recollidos no *Geochemical Atlas of Europe* deixa en evidencia os altísimos valores presentes augas abaixo da mina, e que fan que o cauce fluvial de San Fins mostre augas abaixo das escombreyas e presas de colas mineiras niveis de cadmio, cobre e cinc maiores dos que os rangos detectados en 807 masas de augas superficiais do continente europeo analizadas no *Atlas*. O convirte este tramo nun serio candidato a ser un dos que presentan valores máis altos de contaminación por estes elementos de toda a Europa. Adicionalmente, outra reflexión pode ser feita: se os valores actuais que presenta o río San Fins augas abaixo da mina son elevadísimos (ver **Táboa 2**), dos máis altos do continente europeo, ou directamente os máis altos; o rango de fondo natural de metais que se conxectura no informe de Macías Vázquez et al. e que asume como real e probado o petionario nas súas manifestacións, é directamente impensábel: estaría miles de veces por enriba dos valores máis altos e anómalos que recolle o *Atlas*. A este respecto, poderíase comparar igualmente cos resultados do río das Mestas, exemplo galego proposto por Álvarez-Vázquez et al. (2017) para estudar os elementos de fondo natural.

No caso do cadmio, os niveis nas augas fluviais da Europa varían entre os <0.002 µg/L e os 0.53 µg/L, sendo a mediana 0.01 µg/L (p. 107). Téñase en conta que o valor máximo de cadmio detectado na extensa mostraxe do *Geochemical Atlas of Europe* é de 1.25 µg/L, en Eslovaquia, nunha zona con intensa contaminación e moi alta dispoñibilidade de cadmio no solo superficial e subsolo. En San Fins, os niveis augas abaixo varían entre 1,6 µg/L (a 1,5 km da mina) e 7,47 µg/L (a 50 metros da escombreyas). No caso do cobre, os niveis nas augas fluviais da Europa varían entre 0,08 µg/L e 14.6 µg/L, sendo a mediana 0,88 µg/L (p. 141). En San Fins, os niveis augas abaixo varían entre 49 µg/L (a 1,5 km da mina) e 272 µg/L (a 50

metros da escombreira). **No caso do cinc, os valores para os cauces fluviais europeos varían entre <0.01 µg/L e 181 µg/L, sendo a mediana 2,68 µg/L (p. 420). En San Fins, os niveis augas abaixo varían entre 59 µg/L (a 1,5 km da mina) e 253 µg/L (a 50 metros da escombreira).** Para os ríos galegos, o referido estudo de Álvarez-Vázquez et al. (2017) indicaba para o río das Mestas, nas proximidades da ría de Cedeira e considerado como referente de augas prístinas (non afectado por actividade antropoxénica algunha), concentracións de <0.01 µg/L de cadmio e <0.2 µg/L de cobre; mentres que outro estudo (Bernárdez et al., 2013) de concentracións de referencia para augas fluviais non contaminadas nos ríos galegos (en base a datos dos ríos Landro, Sor e Mera) resultara en concentracións de cadmio de <0.03 µg/L, de cobre de <0.3 µg/L e de cinc de <2.5 µg/L.

Mostra	Cadmio (µg/L)	Cobre (µg/L)	Cinc (µg/L)
23/06/15	7,47	272	253
08/02/16	1,6	49	59
22/06/16	3,3	115	128
26/01/17	4,5	190	159
"	6,4	264	230
NCA-MA	0,08	5	30
NCA-CMA	0,45	-	-
Mediana Atlas	0,01	0,88	2,68
Bernárdez (2013)	<0,03	<0,3	<2,5

Táboa 2. Valores de cadmio, cobre e cinc no río San Fins augas abaixo da mina, límites máximos legais marcados nas NCA, mediana destes parámetros no Geochemical Atlas of Europe e valores de referencia para augas fluviais non contaminadas nos ríos galegos según Bernárdez et al. (2013).

Todo o exposto en relación a este primeiro punto constante que son inválidos, conxecturados e completamente infundados os niveis de substancias periogosas e perigosa prioritaria presentados e utilizados como "valores de referencia" ou "limite establecido por modelización" ou, en definitivo, o "fondo natural de metais" presentando pola empresa peticionaria para evitar cumprir coas NCA no medio receptor na vertedura que realiza e pretende legalizar. Un experimento de lixiviación e oxidación en laboratorio non é un método válido para determinar un rango de fondo de metais pesados nunha masa de auga superficial, que necesariamente debe sustentarse en series de analíticas de augas superficiais realizados utilizando as metodoloxías definidas na propia lexislación e en estacións definidas con criterios rigurosos, de modo que non existe ningunha base para aplicar as disposicións sobre fondo natural de metais incluídas no *Real Decreto 817/2015*, sendo de plena aplicación a obrigatoriedade de cumprir coas NCA correspondentes a masas de augas superficial.

1.3. Inconsistencias nos resultados de analíticas de augas

O informe de Macías Vázquez et al. (2017) presenta os datos dunha mostraxe de augas, nun conxunto de puntos que se ilustran na fig. 5 do mesmo (p. 29, fol. 1751 do expediente) e cuxos resultados se presentan nun anexo do Informe. Un primeiro conxunto de puntos (M1, M2, M3 e F1) tómanse na zona de confluencia entre o rego do Portiño (tamén denominado de Froxán ou Revolta, e que o informe identifica incorrectamente como "Rego do Espiño") e rego da Silva (ou de Silvarredonda), zona coñecida como "Chán da Mina" ou lugar das Minas de San Fins. Outra serie de mostras (M9, M10, M12 e M13) tómanse ao paso e augas abaixo da escombreira, unha (M5) tómase no río despois da incorporación das augas residuais procedentes do transversal a 3ª planta, e un último grupo inclúe mostras tomadas en diversas instalacións e desaugues da mina (M8, M7, M6 e M4).



Figura 1. Puntos de mostraxe de augas en decembro de 2016 por Macías Vázquez et al. (2017). No Este encóntrase o chamado “Chan da Mina” ou “Poboado” onde se tomaron as mostras M1, M2, M3 e F1. Aproximadamente no centro do plano obsérvanse as escombreiras, balsa de decantación final (M8) e transversal de desaugue T4 (M6) e a presa nº 1 (M10, zona indicada con perímetro vermello). Na parte Oeste encóntrase identificada con perímetro vermello parte da Presa n.º 2 (mostra M12).

Na páxina 27 indícase que *"El Cd oscila entre 1 y 6 ppb, con media en torno a 3,6 ppb, Cu oscila entre 2 y 147 ppb y Mn entre 7 y 3998 ppb."* Aínda que se superan amplamente en todos os casos augas abaixo da mina as NCA, o informe conclúe que *"la calidad de las aguas del muestreo realizada por el Laboratorio de Tecnología Ambiental es buena a moderadamente buena."* Á vista dos datos de presenza de cadmio nos ríos gelegos e europeos, mencionados no *Geochemical Atlas of Europe* e estudos de Álvarez-Vázquez et al. (2017) e Bernárdez et al. (2013), sorprende que, por unha parte, estes niveis non se consideren insólitamente elevados e, por outra, que poidan considerarse compatíbeis cunha caracterización da calidade das augas *"buena o moderadamente buena."* Reitérase que, á vista dos datos, nos encontramos ante un dos ríos europeos con maiores niveis destas substancias perigosas e que Macías Vázquez e Calvo de Anta (2009: 75), na súa obra sobre *Niveles Genéricos de Referencia de metales pesados y tros elementos traza en suelos de Galicia*, indican que o cadmio é *"uno de los metales más tóxicos que se conocen"* e que, pola súa elevada solubilidade, volatilidade, mobilidade e índice de bioconcentración, fai con que *"concentraciones muy bajas pueden causar serios problemas,"* motivos que precisamente fundamentan a súa inclusión na categoría de substancias perigosas prioritarias.

Aínda que como se discutirá no apartado seguinte, o conxunto de mostras tomadas no "Chán da Mina" non resultaría válido para a determinación do fondo natural de metais por estaren tomadas todas elas en puntos con evidente influencia antropoxénica, en particular mineira, este subapartado centrarase na discusión dos mesmos, pois son os que dun ou doutro xeito se presentan como referenciais das augas superficiais antes do seu contacto coa zona de

explotación. Máis alá da problemática escolla dos puntos de mostraxe, a invalidez destas mostras derívase do uso aparente de instrumentos analíticos cuxos límites de detección cuantitativa se encontrarían por arriba dos umbrais máximos permitidos polas propias NCA para estas substancias. Este feito, invalidante de por si, agrávase ao non ser recoñecido, de modo que se dan por válidos datos analíticos que apenas evidencian a insuficiente capacidade de detección do instrumental utilizado polo Laboratorio. O informe de Macías Vázquez et al. tampouco explica os métodos analíticos utilizados, os límites de detección e cuantificación, a incertidume do método. Tampouco se informa sobre os sistema de calidade e homologación a que están suxeitos o instrumental e laboratorio utilizados. Todo isto en contraste con calquera das analíticas realizadas por laboratorios acreditados ao servizo de Augas de Galicia. O que fai que, sumado ás inversomilitudes que agora se exporán, os datos que presenta o informe de Macías Vázquez et al. carecen da información acompañante necesaria para alcanzaren a categoría de resultados de analíticas de control de augas. E, así, o Informe de Macías Vázquez et al. (2017) é completamente inválido.

Esta situación evidenciase, indirectamente na p. 28 do informe, cando Macías Vázquez et al. indican que dispoñen adicionalmente de "*datos analíticos realizados por laboratorios acreditados remitidos por la empresa. Aunque los datos de metales, especialmente de Cd, **son algo más bajos**, las conclusiones son similares, aportando un mayor peso a las mismas" (negrita e subliñado noso). Interesa sinalar que tal afirmación indica que os datos de Macías Vázquez et al. non proceden, por tanto, de laboratorios acreditados. Por "*algo más bajos*", no caso das mostras augas arriba, Macías Vázquez et al. refírense a que, mentres as mostras dos laboratorios acreditados presentan valores por debaixo dos límites de detección (<0,024 µg/L), **as súas mostras para a mesma zona presentan valores de ata 2 µg/L, cando a NCA-MA é de 0,08 µg/L.** Nas proximidades dos puntos M1, M2 e M3 de Macías Vázquez et al. (2017), tomáronse mostras e realizáronse analíticas por laboratorios acreditados a pedido de Augas de Galicia en 08/02/2016 (A4), 22/06/2016 (dnota) e 26/01/2017 (AA1) (ver Táboas 3 e 4). Cabe preguntarse: dispoño de datos de laboratorios acreditados, porque se utilizan outros non acreditados realizados polo propio equipo de Macías Vázquez et al.? Á vista da diverxencia entre as analíticas, porque non se tenta explicar esa diferenza e valores? En todo caso, como pode esa diferenza de resultados maior peso ás conclusións de Macías Vázquez et al. en lugar de as invalidar directamente?*

Estas preguntas tórnase aínda máis relevantes á vista da comparación entre as analíticas realizadas polo equipo de Macías Vázquez et al. e as realizadas tanto pola empresa concesionaria como polo organismo autónomo Augas de Galicia na zona do Chan da Mina (tomada no expediente de autorización de verteduras como referente de calidade das augas, augas arriba da explotación), e que se representan nas Táboas 3 e 4, a continuación, e Figura 3 no seguinte apartado.

Táboa 3. Analíticas de auga fluvial no entorno do "Chán da Mina" (As Minas de San Fins, Lousame) por laboratorios acreditados

Organismo solicitante e laboratorio de análise		Mostra: Tungsten San Finx. Laboratorio: Iproma		Augas de Galicia Laboratorio: Iproma		Augas de Galicia Laboratorio: dnota		Augas de Galicia Laboratorio: Iproma		
Ubicación		"Chan da Mina" ¹		"Chan da Mina" ¹		"O Portiño" ²		"Chan da Mina" ³		
Denominación		Augas arriba		M-DC-JPR-080216-A4		Aguas Arriba Mina		M-DC-JPR-250117-AA1		
Máximos legais (RD 817/15)		Data	29/02/16	Data	08/02/16	Data	22/06/16	Data	26/01/17	
Parámetro	Límite NCA-MA	Límite NCA-CMA	Límite cuantitativo	Valor medido	Límite cuantitativo	Valor medido	Método*	Valor medido	Límite cuantitativo	Valor medido
Cd disolto	0,08 µg/L	0,45 µg/L	0,024 µg/L	< 0,024 µg/L	0,024 µg/L	< 0,024 µg/L	LA-1203.e55	<0,20 µg/L	0,024 µg/L	0,34 µg/L
Cu disolto	5 µg/L		1 µg/L	< 1 µg/L	1 µg/L	< 1 µg/L	LA-1203.e55	1,3 µg/L	1 µg/L	1,4 µg/L
Zn disolto	30 µg/L		9 µg/L	< 9 µg/L	9 µg/L	< 9 µg/L	LA-1203.e55	13 µg/L	9 µg/L	<9 µg/L

Observacións: 1. Coordenadas: X: 514.591 Y: 4.733.375 (ETRS_89); 2. X: 514895 Y: 4733431 (ETRS_89); 3. X 514618 Y 4733372 (ETRS_89). As denominacións son as indicadas nos respectivos informes de analíticas. *Nas analíticas do Laboratorio dnota, non figura indicación referente ao límite cuantitativo, constando apenas o método descrito sen maior concreción nin referencia.

Táboa 4. Analíticas de auga fluvial no entorno do "Chán da Mina" (As Minas de San Fins, Lousame) por Macías Vázquez et al. (2017)

Organismo e laboratorio		Laboratorio de Tecnoloxía Ambiental da Universidade de Santiago de Compostela (Macías Vázquez)								
Ubicación		"Chan da Mina"		"Chan da Mina"		"Chan da Mina"		"Fonte do Cuartel Vello"		
Denominación		M1 "Rego Espiño"		M2 "Rego San Finx"		M3 "Mezcla"		F1 "Cuartel"		
Máximos legais (RD 817/15)		Data	12/16	Data	12/16	Data	12/16	Data	12/16	
Parámetro	Límite NCA-MA	Límite NCA-CMA	Límite cuantitativo	Valor medido	Límite cuantitativo	Valor medido	Límite cuantitativo	Valor medido	Límite cuantitativo	Valor medido
Cd disolto	0,08 µg/L	0,45 µg/L	?	1 µg/L	?	1 µg/L	?	2 µg/L	?	1 µg/L
Cu disolto	5 µg/L		?	2 µg/L	?	2 µg/L	?	2 µg/L	?	2 µg/L
Zn disolto	30 µg/L		?	55 µg/L	?	45 µg/L	?	38 µg/L	?	24 µg/L

Observacións: Macías Vázquez et al. (2017) non ofrecen as coordenadas dos seus puntos de mostraxe, indicándoos apenas na figura aquí numerada como Figura 1.

As analíticas de 08/02/2016 (A4), 29/02/2016 realizadas polo Laboratorio IPROMA a pedido, respectivamente, de Augas de Galicia e da empresa mineira, dan resultados para cadmio, cobre e cinc por debaixo dos límites de detección instrumental: < 0,024 µg/L para cadmio, < 1 µg/L para cobre, < 9 µg/L para cinc. A analítica realizada case un ano despois por Augas de Galicia, en 26/01/2017 (AA1), con idénticos límites de detección, resultan nos valores 0,34 µg/L para cadmio, 1,4 µg/L para cobre, e por debaixo do límite de detección (<9 µg/L) para cinc. Algo máis afastada, na ponte sobre o rego do Portiño, realizouse tamén a pedido de Augas de Galicia a análise (efectuada polo laboratorio dnota), de 22/06/2016, neste caso mostrando valores por debaixo do límite de detección para cadmio (<0,20 µg/L), 1,3 µg/L para cobre e 13 µg/L para cinc. Mesmo que as concentracións de metais disoltos normalmente varían coa estación, debido á actividade biolóxica, e ao caudal do río, debido á dilución, a diverxencia de resultados é notoria.

Frente a todas as anteriores, as analíticas realizadas en decembro de 2016 polo Laboratorio de Tecnoloxía Ambiental amosan un panorama ben distinto. Tómanse un total de catro mostras no entorno do "Chán da Mina": a primeira (M1) no rego do Portiño (ou da Revolta, ou de Froxán, máis non "rego do Espiño", aínda que nalgũa cartografía se represente erroneamente con esa denominación); a segunda (M2) no rego da Silva (ou de Silvarredonda); a terceira (M3) augas abaixo da confluencia destes dous regos, que forma o río San Fins; e unha cuarta (F1) nunha fonte que mana ao pé do "Cuartel Vello", e da que se canaliza a auga de consumo doméstico de varias vivendas, un restaurante e as instalacións do museo (descoñecéndose cal a relevancia desta mostra). **No caso do cadmio, indícase o valor de 1 µg/L para todas as mostras, exceptuando a M3, na que se indica 2 µg/L. Exactamente 1 µg/L e 2 µg/L.** Superaríase así amplamente a NCA-CMA do cadmio, establecida en 0,45 µg/L, dando azos á idea de que non sería posíbel o cumprimento das NCA tabuladas no medio receptor. Non é posíbel valorar se nos encontramos ante un erro técnico, un defecto instrumental ou unha reelaboración intencional de datos analíticos. Evidentemente, é responsabilidade do equipo de Macías Vázquez et al. (2017) explicar a súa metodoloxía, omitida do Informe ou dos seus anexos. Só é posíbel conxeturar que, no caso do cadmio, se omitiu referir un límite cuantitativo do instrumental, **presentando como 1 µg/L o que podería ser <1 µg/L, isto é: dando como resultado da medición o que en realidade é o límite de detección do instrumento analítico empregado.** Cómpre lembrar que o *Real Decreto 817/2015, de 11 de setembro*, no seu art. 18 indica que "*el valor medio calculado de los resultados de una medición, realizada mediante la mejor técnica disponible que no genere costes excesivos, se considere «inferior al límite de cuantificación», y el límite de cuantificación de dicha técnica sea superior a la NCA, el resultado para la sustancia objeto de la medición no se tendrá en cuenta a efectos de evaluar el estado químico general de dicha masa de agua.*" De modo que no caso de que o límite de detección fose 1 µg/L, a analítica sería complementante inválida.

No caso do cobre, indícase o valor 2 µg/L para todas as mostras, máis alto do que en todas as analíticas da mesma zona realizadas por laboratorios acreditados, pero sen superar as NCA. O feito de que coincida o resultado nas 4 mostras, sendo exactamente = 2 µg/L, parece novamente indicar que se presenta como resultado o que en realidade é o límite cuantitativo instrumental (isto é, que a metodoloxía ten unha resolución de 2 µg/L para ese parámetro. Este tipo de resultados "exactos" contrastan coa variabilidade normalmente presente en mostras tomadas en augas superficiais, suxerindo que o presentado no informe de Macías Vázquez et al. como resultados poden ser en realidade os límites de cuantificación dos instrumentos. De confirmarse esta situación, estaríamos ante unha grave manipulación.

En calquera caso, e independentemente de que as medicións non poidan ser tomadas en conta á luz do *Real Decreto 817/2015, de 11 de setembro*, o que se consegue accidental ou

deliberadamente no informe é relativizar novamente os efluentes contaminados por metais pesados procedentes das galerías de desaugue e escombreyras da mina fronte a un suposto fondo natural de metais previo, tomando como referencia valores "augas arriba" da explotación que non parcen correctos. Isto é, presentando valores augas arriba que superan as NCA para o cadmio, precisamente a única substancia perigosa prioritaria que supera amplamente as NCA nas mostras augas abaixo, conséguese relativizar a responsabilidade dos efluentes contaminantes da empresa mentres se dá aparencia de verosimilitude á suposta imposibilidade de se cumpriren as NCA no cauce do río San Fins en base á existencia dun fondo natural de metais que o impediría.

En contraste, todas as analíticas realizadas por laboratorios acreditados en puntos próximos do Chán da Mina presentan de forma consistente resultados para cadmio por debaixo dos umbrais das NCA (mesmo tratándose dunha zona de evidencia actividade mineira histórica).

En conclusión, aínda que Macías Vázquez et al. non chegan a inferir ou propor un rango de fondo natural de metais a partir das súas analíticas de augas (o que, por outra parte, resultaría problemático para as súas propias teses), queda en evidencia que estas deben considerarse coa máxima cautela, á vista das dúbidas levantadas. Pola contra, as analíticas realizadas por laboratorios acreditados ao servizo de Augas de Galicia non achegan sustento á hipótese da existencia dun fondo natural de metais que supere tanto as NCA tabuladas como os aínda inferiores límites de cuantificación usados por eses laboratorios acreditados.

Outra dúbida importante que levantan o conxunto de analíticas e experimentos presentados por Macías Vázquez et al. derívase dos valores inéditos para o parámetro cinc, en relación aos presentados por laboratorios acreditados e que, neste caso, non resulta explicábel en base a un problema de límite de detección instrumental. Se nas analíticas dos laboratorios acreditados as concentracións de cinc augas arriba sempre estiveran por debaixo dos límites de detección e das NCA correspondentes, nas mostras M1, M2 e M3 do informe de Macías Vázquez et al. o resultado sería de 55, 45 e 38 $\mu\text{g/L}$ na "mezcla" (resultado inverosímil), superando a NCA amplamente (30 $\mu\text{g/L}$). Como é posíbel que por primeira vez se midan concentracións tan elevadas de cinc, e por enriba das NCA, na zona augas arriba? Tal vez a resposta teña que ver co feito de que o "sencillo experimento" feito por Macías Vázquez et al. para suxerir a existencia dun fondo natural de metais que incluíría altas concentracións de cadmio e cobre, indique como resultado da lixiviación $<5 \mu\text{g/L}$ e por tanto, non lle sirva á empresa peticionaria para xustificar unha eximente para os niveis de cinc presentes augas abaixo da mina. Oportunamente, estas analíticas do informe de Macías Vázquez et al. mostrarían que a procedencia do cinc xa se explicaría augas arriba, mesmo que para iso se contraríen todas as analíticas previas inseridas no expediente.

Adicionalmente, na analítica presentada por Macías Vázquez et al. "del agua de una de las galerías inundadas" (p. 30) os datos referentes ao cinc son inconsistentes cos resultantes das analíticas non só dos cauces fluviais, senon que dos propios efluentes das galerías de desaugue, cuxa auga se pretendía caracterizar. Así, nesta auga de galería inundada os valores para cadmio, cobre e cinc indicados no informe de Macías Vázquez et al. son 9,9 $\mu\text{g/L}$, 200 $\mu\text{g/L}$ e 0,6 $\mu\text{g/L}$. Os valores de cinc serían inusualmente baixos pero en consistencia co "experimento" de lixiviación, que para a disolución en equilibrio presentaría valores de 4 $\mu\text{g/L}$, 138 $\mu\text{g/L}$ e $<1 \mu\text{g/L}$ para cadmio, cobre e cinc, mentres que para o lixiviado oxidante os resultados serían 4270 $\mu\text{g/L}$, 112100 $\mu\text{g/L}$ e $<5 \mu\text{g/L}$. Nestes tres casos, os baixos valores de cinc non se corresponden cos valores efectivamente deitados desde os efluentes de drenaxes ácidas de mina ou cos presentes augas abaixo. En particular, **contradín as analíticas presentadas pola propia empresa** para diversas datas e que forman parte do expediente de autorización de verteduras. Considérese, entre outras, a analítica de augas da 6ª planta (133m) de 29/02/2016: **cinc, 403 $\mu\text{g/L}$** ; cobre, 283 $\mu\text{g/L}$; cadmio, 10 $\mu\text{g/L}$. Son valores que igualmente

contradín todas as mostras de efluentes de augas ácidas de mina provenientes das galerías transversais polas que se efectúa o desaugue da mina, en todos os casos con concentracións de cinc que superan ampliamente ou incluso multiplican por varios ordes de magnitude a NCA deste elemento.

Tendo en conta que as galerías inundadas son as inferiores a 4ª planta: 5ª, 6ª, 7ª e 8ª, e que as concentracións medidas por IPROMA a petición da empresa en 6ª para o cinc foron de 403 µg/L, como explica o equipo de Macías Vázquez et al. que as concentracións de cinc na mostra "del agua de una de las galerías inundadas" presente unha concentración de cinc de 0,6 µg/L segundo as súas análises? Máxime tendo en conta que o desaugue desas galerías inundadas se produce na actualidade principalmente pola bocamina "Buenaventura" (T4), con concentracións que segundo as propias analíticas de Macías Vázquez et al. presentan unha concentración de cinc de 596 µg/L.

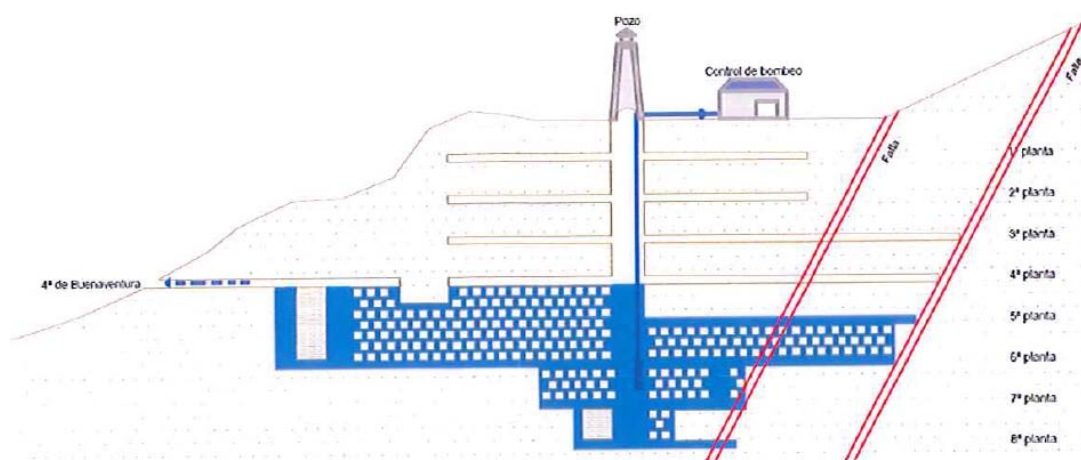


Figura 2. Esquema de plantas inundadas segundo Proxecto *Desagüe de Mina*, 2016. Obsérvase a inundación de labores ata a 4ª planta, e o transversal de desaugue a 4ª planta (denominado "Transversal Buenaventura" ou T4) na parte esquerda, por onde desauga a mina maioritariamente.

A conclusión, en forma de pregunta, é evidente: poden ter algo que ver os anómalos valores para o parámetro cinc presentados por Macías Vázquez et al. para as analíticas augas arriba, así como a pretendida caracterización das augas que inundan a mina como carentes de concentracións significativas de cinc, co feito de que o experimento de lixiviación e oxidación achegue como resultados valores mínimos ou indetectábeis para as concentracións de cinc que, en consecuencia, habería que xustificar augas arriba e esconder dentro da mina? Novamente, será o equipo de Macías Vázquez et al. quen deba esclarecer estas circunstancias.

Cómpre aclarar a invalidez do argumento relativizador que presentan Macías Vázquez et al. en relación á especiación e actividade nos resultados das análises de mostras de auga de galería. En primeiro lugar, **a lexislación que establece límites máximos para certos parámetros (como poden ser o cadmio, cobre ou cinc), faino para os elementos sen consideración pola especiación ou actividade dos mesmos.** Pódese compartir que diferentes especies químicas dun mesmo elemento poden presentar diferentes grados de toxicidade e bioacumulabilidade, máis a lexislación non contempla a discriminación por especies precisamente porque a propia complexidade dos factores que inflúen nos procesos de bioacumulación fai que a caracterización ofrecida para eses metais nun determinado momento, poida variar inmediatamente por mínimos cambios no ambiente a que se expón o elemento. Por exemplo, aínda que predomine unha especie química do elemento nunha galería inundada a máis de 100 metros de profundidade, a súa vertedura ao medio acuático do

sistema fluvial pode mudar completamente o tipo de especie química do elemento e por tanto a súa perigosidade. Véxase, a este respecto, a sección “A CONTAMINACIÓN ANTROPOXÉNICA EN SAN FINS” deste informe que explica os procesos de formación de drenaxes ácidas de mina, e que alteran de xeito fundamental a especiación e actividade dos elementos. En todo caso, tería sido máis útil e reveladora unha modelización xeoquímica das augas de escorra das escombreyas ou mesmo das augas do río San Fins augas abaixo da explotación mineira, pero o equipo de Macías Vázquez et al. non achega estes datos.

Para finalizar, recálcase a importancia de dispor de series de analíticas das augas superficiais feitas co máximo rigor para poder determinar eventualmente o rango de fondo natural de metais, se é que este se encontrase por riba dos límites de detección, unha vez que é só con analíticas realizadas atendendo á metodoloxía para a determinación de fondo natural de metais que a administración poderá establecer a súa existencia e aplicabilidade. As series deberían, no mínimo, atender á periodicidade disposta na lexislación e, desexabelmente, durante un ano, a amostras semanais en estacións seleccionados ao longo do cauce.

1.4. Mostras tomadas en zonas de influencia mineira

Como xa foi indicado, a determinación dun rango de fondo natural de metais esixe unha rigurosa selección dos puntos de mostraxe, excluindo aqueles que poidan asociarse a actividades antropoxénicas das que se poida derivar unha acción contaminante. En particular, e para o caso da minería, zonas con galerías de extracción ou drenaxe, labores a ceo aberto, escombreyas, instalacións de procesado mineral, pozos e chemineas, etc. (Schneider et al., 2017). Non obstante, o "Chán da Mina," (ver **Figura 3**) lugar escollido tanto por Augas de Galicia como pola empresa concesionaria, e agora tamén polo equipo de Macías Vázquez et al., para tomar as mostras de referencia de "augas arriba" da "zona da explotación," pode considerarse a "zona cero" da actividade mineira en San Fins, algo ao que xa apunta a propia denominación.

A escasos metros dos puntos onde foron tomadas as mostras M1, M2 e M3 encóntranse tres bocaminas, incluíndo a denominada "Galería Xeral," a cota 283,75 m, que dá acceso á 1ª planta da explotación e que foi o punto polo que se extraeu a produción ata o seu colapso en 1932. Ao pé da "Galería Xeral" encóntrase o Pozo a 3ª planta (tamén denominado "Pozo Vello" ou "Pocito") utilizado tamén ate o colapso de labores en 1932. Tamén a escasos metros se encontra o "Pozo Maestro" e intensos traballos a ceo aberto, apreciábeis por exemplo, no oficio e documentación remitida polo Concello de Lousame o 10/06/2016 e informe do arquitecto municipal de 16/06/2015, pola presenza de respiradoiros, gabias e zonas de minería abatidas.

A menos de 100 metros, remontando o rego de Silvarredonda ou da Silva, encóntrase o Pozo Silva 1 e o Pozo Silva 2 e máis traballos a ceo aberto, que chegaron a desviar o cauce natural do río. (ver **Figura 3**) No rego do Portiño ou Froxán encóntrase a bocamina Revolta a 100 metros da mostra M1. Téñase en conta que todas estas instalacións forman parte das contempladas no actual Proxecto de Explotación de 2009, sendo portanto responsabilidade da concesionaria. A continuación reproducése plano de instalacións do proxecto de explotación do Grupo Mineiro con indicación dos puntos de mostraxe.

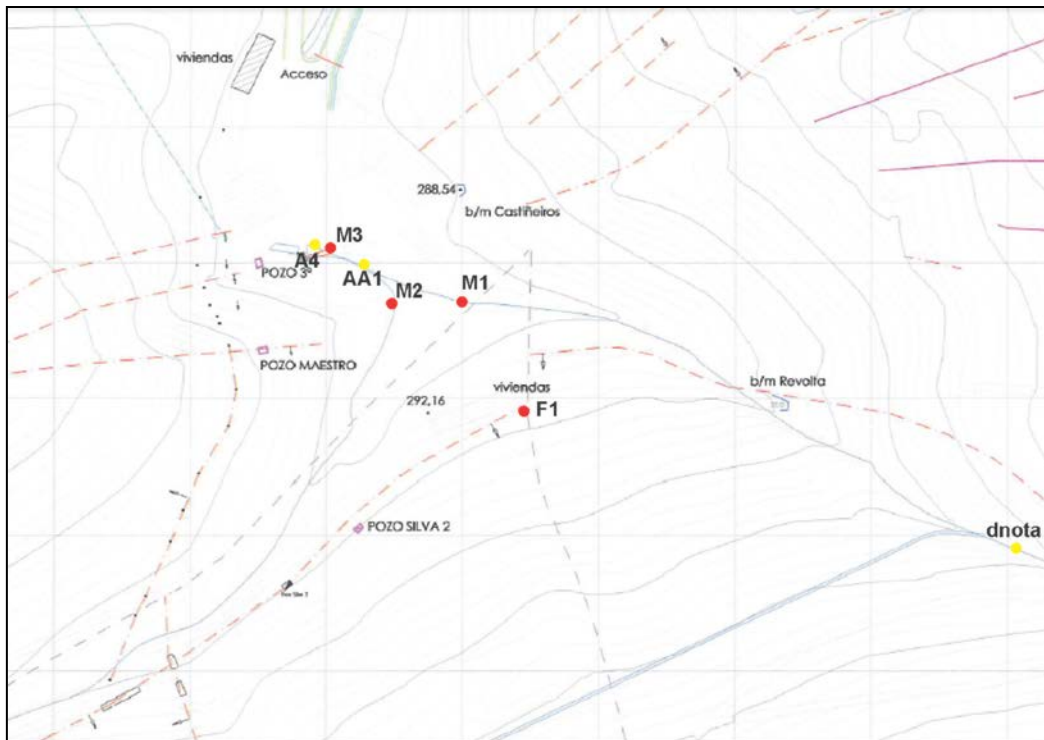


Figura 3. Puntos de mostraxe augas arriba sobre as instalacións mineiras do proxecto actual. Fonte: Plano n.º 3 "Instalaciones", *Proyecto de Explotación del Grupo Minero San Finx*, 2009. As liñas vermellas discontinuas correspóndense cos filóns explotados. "b/m" indica bocamina.

Por todo o exposto, debe resultar pacífico afirmar que as análíticas tomadas no chamado "Chan da Mina" non poden ser consideradas a efectos de determinar eventualmente un rango de fondo naturais de metais, unha vez que se trata de augas suxeitas ao impacto da acción antropoxénica mineira desde 1884, data na que se expide a primeira concesión neste preciso punto, e ata a actualidade. Pola contra, existen tramos augas arriba deste punto nos que non hai constancia de actividade mineira algunha. En relación ao punto seleccionado polo laboration "dnota" de 22/06/2016, cumpre apuntar igualmente que está inmediatamente ao carón das labores superficiais da zona de explotación "Revolta" e tamén augas abaixo doutra galería de desaugue mineiro contemplada no actual proxecto de explotación (o Transversal "Susana"). Deste xeito, tanto para seleccionar eventuais estacións de mostraxe indicativas da calidade das augas antes do seu contacto coa zona de explotación mineira como para unha eventual determinación do fondo natural de metais, débese garantir que os puntos escollidos atenden ás metodoloxías científicamente validadas e teñen en conta tanto as instalacións mineiras descritas no actual proxecto de explotación como os antecedentes mineiros da zona.

Por outra parte, o estudo dos labores mineiros do grupo que forma o conxunto de concesións ofrece datos adicionais para valorar os impactos antropoxénicos en relación a un eventual fondo xeoxénico. Á vista da distribución dos filóns mineralizados (ver **Figura 4**), estes sitúanse principalmente ao leste (augas arriba, por tanto) das instalacións actualmente en uso (planta de concentración, escombreira principal, balsas de decantación, etc.), mentres que non se ten constancia da existencia de filóns mineralizados de relevancia precisamente nas zonas do río onde se presentan niveis maiores de contaminación por metais pesados. Isto é, se os niveis de metais pesados (particularmente de cadmio, cobre e cinc) no río gardasen realmente relación coa influencia das zonas mineralizadas (o que podería indicar a existencia dun fondo natural de metais), cabería esperar encontrar as concentracións máis elevadas inmediatamente despois do paso do cauce por estas. Considérense, por exemplo, os filóns "Silva" e "Revolta", que transcorren de forma practicamente paralela aos regos de Silvarredonda e Portiño-Froxán, con

interseccións cos cauces (nas que realizaron desvíos do mesmo e traballos a ceo aberto), e que terían maior potencial de xerar unha mineralización nas augas no "Chan da Mina"; pero non o fan. Considérese ademais que os elementos en cuestión (cadmio, cobre e cinc) se asocian aos filóns mineralizados e non aos granitos encaixantes, de modo que un fondo natural de metais viría dado principalmente pola meteorización dos afloramentos filonianos (ben localizados na planimetría existente), hoxe descabezados na súa maior parte polos labores mineiros das sucesivas concesionarias.

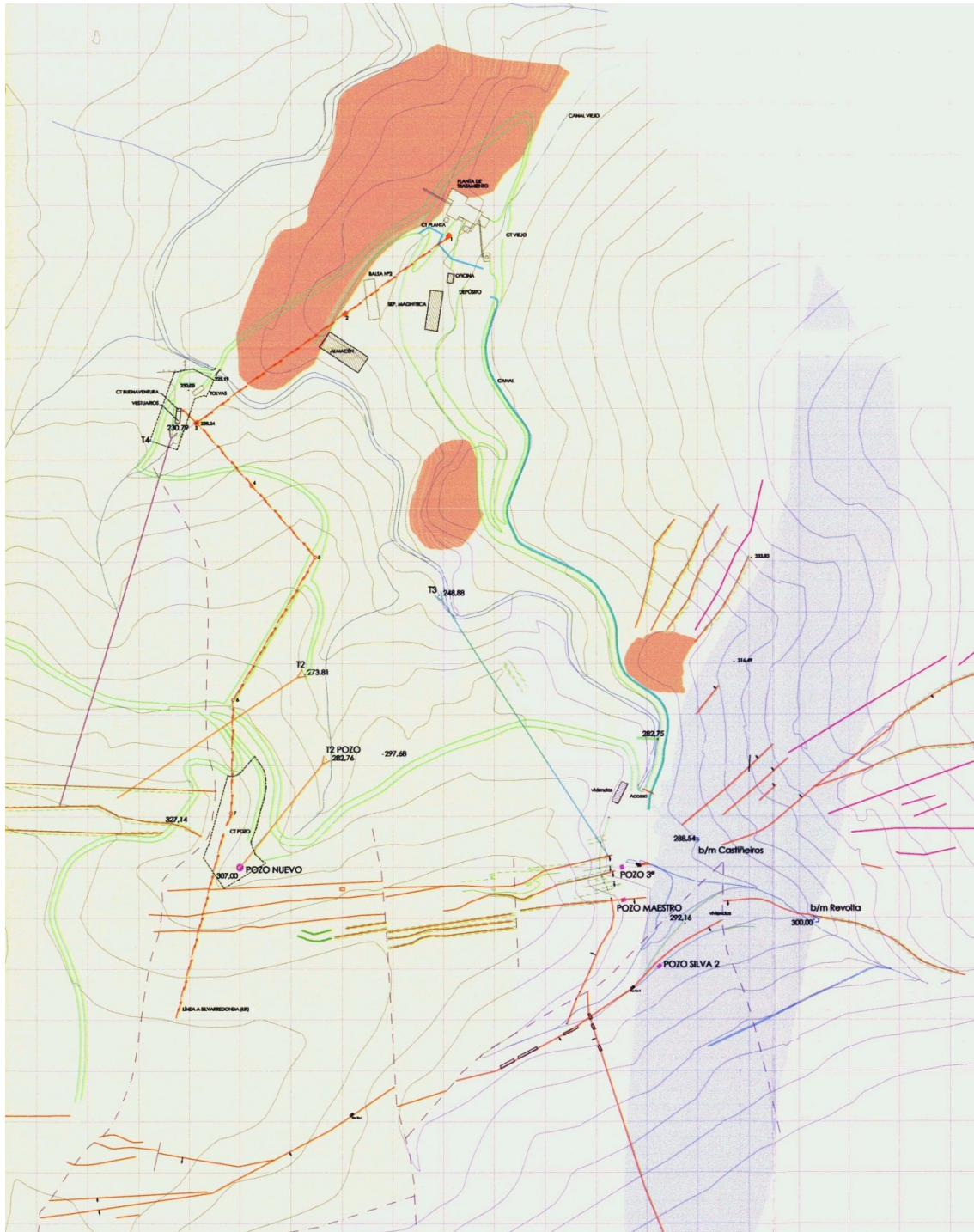


Figura 4. Zonas de escombreira, galerías de desaugue e zona de filóns explotados, con indicación de pozos, bocaminas e tallos a ceo aberto. Nota: as liñas vermellas e lilás indican os filóns traballados.

Únenselles as galerías transversais T2, T2 Pozo, T3 e T4 ("Buenaventura"), utilizadas para o desaugue de drenaxes ácidas de mina. En laranxa as zonas de escombeira.

No entanto, a distribución espacial dos niveis de concentración destes metais ilustra que é o tránsito do cauce polas zonas de emisións antropoxénicas máis evidentes (particularmente os transversais de desaugue de drenaxes ácidas de mina e as tres áreas de escombeira) o que marca a superación dos límites legais das NCA, e que só diminúen progresivamente augas abaixo da explotación polos procesos de dilución e precipitación. Tanto o esquema do xacemento incluído na páxina 12 do informe de Macías Vázquez et al. (extraído do estudo do IGME) como o plano de maior detalle que aquí se reproduce ilustran esta cuestión (**Figura 4**). O mesmo plano ilustra como a zona na que se tomaron as mostras de referencia para augas arriba (o "Chan da Mina") é en efecto a "zona cero" da actividade mineira, desde onde se realizou a extracción e desaugue durante a maior parte da historia da explotación.

Resumidamente: mentres que nas mostras de augas superficiais das zonas máis próximas ás mineralizacións do campo filoniano non se superan as NCA, a pesar da prolongada actividade extractiva, augas abaixo das galerías transversais de desaugue e das escombeiras sí se superan as NCA tabuladas. Esta observación resta credibilidade á hipótese da existencia dunha causa xeoxénica que explique a calidade das augas superficiais augas abaixo da mina, que se derivaría pola contra de fontes de emisións antropoxénicas ben definidas e coñecidas.

1.5. Interpretación errónea dos datos sobre concentracións aluviais

No informe de Macías Vázquez et al., en particular na súa resposta aos "*Riesgos para los recursos piscícolas y el marisqueo*," procúrase restar relevancia á chegada de metais pesados das Minas de San Fins á ría de Muros e Noia (ver **Figuras 5 e 6**), indicando que toda a zona "*se encuentra en un área donde existen abundantes mineralizaciones (...) que inducen lixiviados con alto contenido de metales*." Este argumento menciónase tamén na explicación xeolitolóxica inicial (p. 15), para argumentar que "*El enriquecimiento en elementos metálicos en algunos sedimentos, suelos y aguas de esta zona, es, por tanto, un proceso natural y conocido*." A pesar de ser un proceso tan ben coñecido, Macías Vázquez et al. (2007) non son quen de proporcionar referencias sobre o mesmo.

A mostraxe de sedimentos do estudo de García, Bernárdez e Prego (2013) evidencia como a contaminación por cobre na ría de Muros e Noia se localiza no esteiro onde desemboca o río Traba (do que é afluente o río de San Fins), con concentracións de ata 200 mg/kg e non noutros puntos da ría. Téñase en conta que neste punto supéranse os 200 mg/kg, valor só superado en toda a costa galega na zona portuaria de Vigo (e sendo maior que os recollidos nas zonas portuarias de Ferrol, Coruña, Pontevedra ou Marín). Ademais do cobre, as concentracións doutros metais pesados presentes no mesmo esteiro do Traba (como o volframio que diminúe o seu contido no sedimento desde 75 ppm no esteiro ata unha cuarta parte no medio da ría ou o cinc, que de 230 ppm decrece ata 50 ppm, Prego, 2017, comunicación persoal) apuntan para a procedencia antropoxénica desde a mina de San Fins, unha vez que os seus niveis dificilmente se poderían explicar sen a existencia de procesos de concentración debido ao tratamento de zafras. Téñase en conta que a actividade mineira multiplica en varios ordes de magnitude os ritmos dos procesos naturais de lixiviación que se poderían dar en certos solos (Zhu e Anderson, 2002).

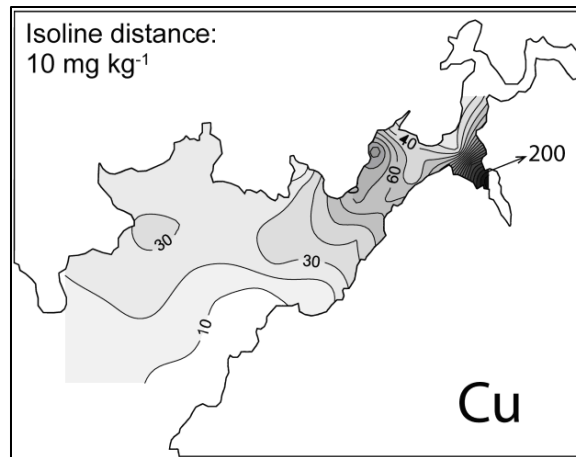


Figura 5. Concentracións de cobre na ría de Muros-Noia (García, Bernárdez e Prego, 2013).

O indicado deixa poucas dúbidas sobre a procedencia da contaminación por cobre da ría en relación ao río Traba, do que é afluente o río San Fins. Mesmo que o propio informe de Macías Vázquez et al., recoñece a posibilidade "*de que pueda provenir Cu de la mina de San Finx,*" a tese principal que presenta, consoante coa dilución de responsabilidades dos sucesivos titulares mineiros, é a orixe xeoxénica da contaminación, que entre outras fontes, derivaría da propia existencia dun fondo natural de metais que a ritmos xeolóxicos tería achegado estes elementos á ría. Para sustentar esta tese utilizan como fonte a memoria do estudo *Fase de exploración en la zona Sur de la Reserva de Finisterre* publicada polo Instituto Geolóxico y Minero de España en 1976. O estudo, que na altura procuraba localizar indicios de posibles xacementos minerais de estaño e volframio, aplicara o método de toma de mostras por medio de batea nos leitos fluviais, cunha densidade aproximada de 1 mostra por cada 4 km² (IGME, 1976: 118-9). Non obstante, o informe de Macías Vázquez et al. omite deliberadamente os principais elementos da análise e conclusións do propio estudo do IGME e manipula os datos reproducidos, como se exporá.

Na análise dos resultados (**Figura 6**), o estudo do IGME discute as anomalías detectadas, non por cunca hidrográfica máis por folla cartográfica, estando dividida entre dúas follas (Noia e Padrón) a cunca do río San Fins / Rabaceiros que, procedente das minas de San Fins, se une ao río Vilacoba/Sóñora nas proximidades de Noia, onde se denomina río Traba. Así, na folla correspondente con Noia aparece apenas a seguinte referencia:

En la Hoja n.º 119 (Noya), no se presentan valores anómalos en los contenidos de ningún mineral salvo en la muestra n.º 327 tomada en el río que drena el área de San Finx cuya mina está en explotación y su lavadero funcionando casi ininterrumpidamente desde principios de siglo (IGME, 1976: 128).

A propia explicación do IGME identifica por tanto esta concentración aluvial de metais non con procesos naturais a escala xeolóxica, senon cunha fonte claramente antropoxénica: a mina de San Fins. O mesmo acontece para os puntos situados no plano da seguinte folla, a n.º 120 (Padrón), na que tamén se indica que: "**los únicos valores altos en contenido corresponden al drenaje del área de San Finx y de otra zona, al Norte de la misma que presenta valores anómalos en casiterita [sulfuro de estaño] con una muestra con 345 g/t**" (id.).

Esta mostra ao Norte corresponde ao rego da Candosa, procedente da aldea de Vilar de Reconco, xa na cunca do río Vilacoba/Sóñora, onde, segundo Ruiz Mora (1982: 612), "*cerca de la aldea de Vilar de Reconco, existió una mina de Sn que extrajo al parecer algo de mineral durante los años 40. El yacimiento es un filón mineralizado con casiterita, ya dentro del granito*

de dos micas." Descoñecendo a existencia desta explotación na zona do rego da Candosa (que fundamenta a orixe antropoxénica tamén desta última mostra), a análise do IGME (1976: 131) conclúe que apenas merecerían unha investigación en detalle as zonas das "**muestras tomadas en sus vertientes no contaminadas por la mina** [de San Finx]" (negrito e subliñado noso), isto é, ao Norte da mesma. Deste modo, a análise que o IGME fai dos datos de 1976, agora rescatados por Macías Vázquez et al., é precisamente a oposta á que presentan estes últimos, que buscan presentar os datos como evidencias de concentración xeoxénica de metais nos sedimentos fluviais. As reducidas concentracións de mineral nos afluentes do río San Fins tamén desbotan esta hipótese.

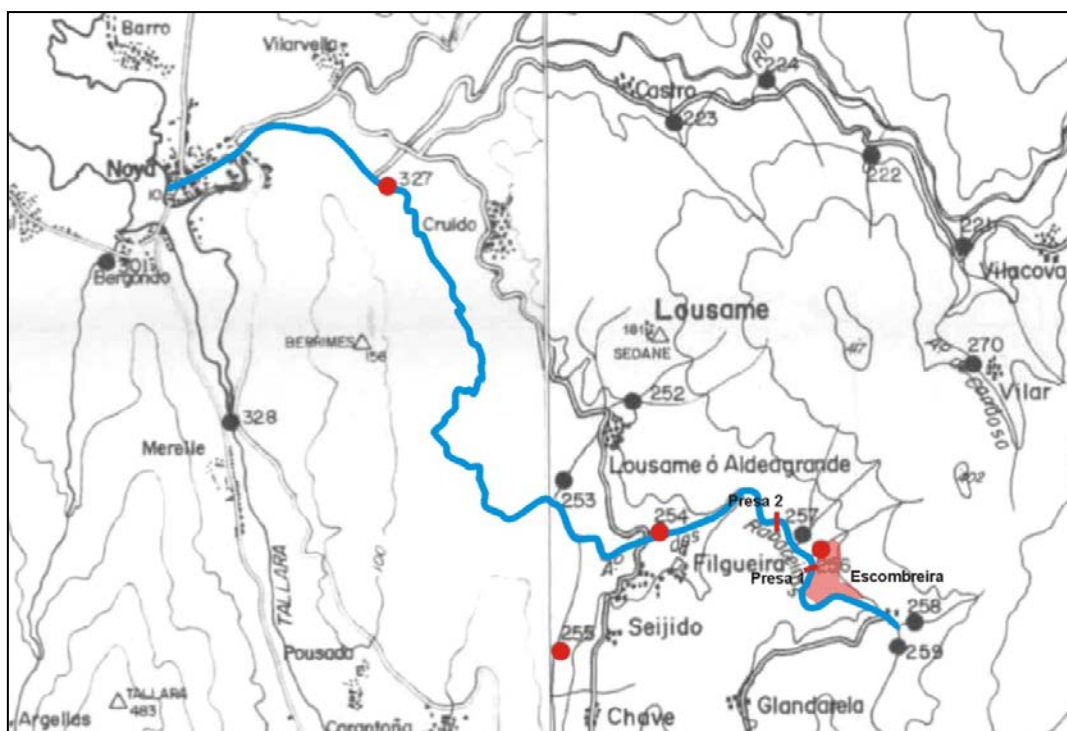


Figura 6. Detalle dos planos de "Prospección a la batea" do estudo do IGME (1976). Nota: En azul destácase o río de San Fins (tamén denominado rego de Rabaceiros, río das Barxas e río Pesqueiras), así como a súa continuación ata a ría de Muros e Noia despois da súa confluencia co río Traba / Vilacova / Sóñora, a continuación do punto de mostraxe 327. En vermello destacáronse as mostras 327, 254, 255 e 256, que presentan valores de concentración de metais anormalmente altos (ver **Táboa 5**). Nótese que o punto 255, situado no plano sobre o "Rego de Chave", no listado de mostras identifícase como "A^o das Robaceiros". Identificáronse en vermello a escombreira da mina de San Fins e as dúas presas de colas mineiras situadas augas abaixo da mesma.

Macías Vázquez et al. mesmo chegan a reproducir (Tabla 8) unha serie de datos de diversos puntos de mostraxe do estudo do IGME, mesmo que sen isolar os da cunca fluvial de San Fins, que ademais se manipulan, aparentemente para ocultar os elevadísimos niveis de calcopirita (CuFeS_2 , a principal mena de cobre) procedente da mina de San Fins, e que resulta inverosímil pretender presentar como xeoxénicos, isto é, asociados a un fondo natural de metais. Así, en dous dos puntos de mostraxe do río de San Fins / Rabaceiras (327 e 254), así como no rego contiguo á escombreira (256), **os valores orixinais para cobre da memoria do IGME (27 gr/m^3 , 36 gr/m^3 e 42 gr/m^3) son alterados para $2,7$, $3,6$ e $4,2 \text{ gr/m}^3$** . Podería considerarse como erro de transcripción, moi oportuno á vista do uso dos datos, cando precisamente se pretende rebater "*el dato de incremento de Cu localizado en la zona de la desembocadura del río Traba, presentado por García et al., y utilizado en las alegaciones.*"

A **Figura 6** mostra o plano dos puntos das follas 119 e 120 presentados na memoria do IGME, mentres que a **Táboa 5** mostra as concentracións mineralóxicas das mostras de batea tomadas das cunca do río San Fins / Rego das Rabaceiras. En negrito indícanse as mostras tomadas no cauce principal da cunca. **Tal e como explica a propia memoria do IGME, as concentracións de metais no río San Fins / rego das Rabaceiras (mostras n.º 327, 254 e 255) para diversas especies metálicas débese á contaminación procedente da explotación da Mina de San Finx** (desaugue de augas ácidas de mina con dilución de metais pesados, vertidos procedentes da planta de tratamento e lixiviados das propias escombreciras). Destácase tamén o rego da Cernadela (n.º 256), ao que verten as augas de escorrega da escombrecira, mentres que os dous regos que, á súa unión, forman o río de San Fins / rego das Rabaceiras (o de Froxán e o de Silvaredonda), augas arriba das escombreciras, mostran concentración moi inferiores, a pesar de estaren igualmente en zonas con filóns mineralizados que foron obxecto de labores mineiras por parte das concesionarias.

N.º	Cauce	Wolframita (WO ₄)	Ilmenita (FeTiO ₃)	Magnetita (Fe ₃ O ₄)	Hierro (Fe)	Granates	Turmalina	Casiterita (SnO ₂)	Calcopirita (CuFeS ₂)
327	Rabaceiras	16,5	465	34	13	129	103	452	27
252	Seoane ¹	0,4	33	1	1	2	7	-	-
253	Lousame	0,5	15	5	3	4	10	-	0,3
254	Rabaceiras²	11,4	454	45	38	34	28	14,4	36
255	Rabaceiras³	8,5	481	32	7	33	9	58	2,8
256	Cernadela	14	745	109	76	155	29	90	42
257	Marselle	1,6	30	1	1	37	20	10,8	0,5
258	Froxán	-	45	1	1	6	0,4	5,5	0,2
259	Silvarredonda	0,2	56	12	2	9	1	1	0,1

Táboa 5. Mostras da Cunca do Río San Fins / Rabaceiras (g/m³). Nota: Os nomes dos cauces identificáronse a partir do Anexo "Muestras de batea: Listado con los espesores de aluvión..." xunto coas indicación dos Planos das Follas 17 e 18 "Prospección a la batea", da memoria Fase de exploración en la zona Sur de la Reserva de Finisterre (IGME, 1976). Os contidos de mineral proceden do Anexo "Análisis mineralométricos: Listados con los contenidos en mineral en gr/m³". Observacións:

¹ A mostra 252 figura como "Arroyo de Chave" na lista, pero correspóndese no mapa co "Rego de Seoane".

² A mostra 254 figura na lista como "Arroyo de Seoane", pero correspóndese no mapa co Rego das Rabaceiras.

³ A mostra 255 figura na lista como "Aº das Robaceiros", pero o punto 255 no mapa correspóndese co "Rego de Chave". As mostras 256 a 259 figuran na lista como "Aflte. Aº Robaceiros", e indícanse os nomes correspondentes aos cauces indicados.

A pesar do exposto, Macías Vázquez et al. acaban por concluir "Los datos de sedimentos del IGME demuestran que las mineralizaciones, ya de por sí localizadas, pero muy frecuentes, han generado una serie de yacimientos secundarios con concentraciones diferentes de minerales propios de yacimientos neumatolíticos e hidrotermales", o que, segundo os autores, non supón un problema para a actividade pesqueira e marisqueira.

O que en realidade ilustran os datos de sedimentos do IGME (Táboa 5) é a contaminación por metais pesados que a mina de San Fins vén causando no val fluvial no que se encontra e na propia desembocadura na ría de Muros e Noia, sendo por tanto estes focos secundarios de contaminación por metais pesados unha consecuencia directa da actividade mineira das sucesivas concesionarias, ata a actualidade. Macías Vázquez et al. (2017), nada achegan sobre a comparación destes valores cos valores globales de fondo, non comparan os valores do río afectado pola Mina de San Fins cos seus afluentes non afectados, non presentan datos sobre os valores típicos de ríos afectados por actividade mineira nin tampouco dos ríos que drenan áreas mineralizadas que non foron afectadas por actividade mineira. Ao contrario do que afirman (e ocultan) Macías Vázquez et al. (2017), os datos do IGME, mesmo non se tendo recollido con ese obxecto, expoñen a contaminación por cobre exposta por García, Bernárdez e Prego (2013), revelando a súa fonte indiscutiblemente antropoxénica.

Sería preciso un estudo específico que achegase novos datos e aplique as metodoloxías específica. Os do IGME teñen máis de 40 anos, non foron recollidos para determinar o impacto contaminante da mina e, como se indicou en notas, presentan ademais algunhas inconsistencias na representación e denominación dos puntos de mostraxe. Á luz das evidencias históricas de contaminación posibelmente nos encontremos ante o que Coulthard e Macklin (2003) denominan "*hot spots*," ou puntos quentes que se convirten pola concentración de residuos mineiros en focos secundarios de contaminación de actuación prolongada. As substancias perigosas e perigosas prioritarias acumuladas non só na escombreira máis tamén no cauce (tanto do río San Fins como do rego da Cernadela), nas dúas presas mineiras así como na propia zona de desembocadura en Noia (que está proxectado dragar) son igualmente merecedoras de atención. **A existencia destes focos secundarios de contaminación procedentes da actividade mineira fai que non se poida considerar o procedemento de vertedura de augas ácidas de mina en curso de forma independente ao resto de focos de contaminación derivados da actividade mineira, que deben ser tratados de forma conxunta, tamén en termos de procedemento administrativo, garantindo a calidade das augas en todo o curso en relación a unha fonte primaria de produción de contaminantes e aos seus focos secundarios (presas de colas, sedimentos do cauce, esteiro do Traba).**

1.6. Invalidez da información sobre contexto xeolitolóxico

As consideracións xeolitolóxicas ofrecidas no Informe de Macías Vázquez et. al, procurando sustentar a xustificación dun fondo natural de metais que impediría o cumprimento das NCA, son extraídas, na súa literalidade e maiormente sen indicación de fonte do estudo *Posibilidades de explotación de yacimientos de estaño-wolframio y molibdeno en mineralizaciones filonianas tipo San Finx* publicado polo Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en decembro de 1981. O recurso á transcripción literal, sen maior consideración nin esforzo de actualización, evidénciase xa non só da comparación entre os documentos, senón tamén no uso de terminoloxía e explicacións xeolóxicas hoxe consideradas desfasadas na comunidade académica. Non obstante, o realmente relevante son as diverxencias entre o orixinal (reproducido na esquerda nas tabelas seguintes) e a "copia" (reproducida na dereita) onde se aprecian máis do que obvias manipulacións practicadas polo equipo de Macías Vázquez et al. para eliminar inconsistencias entre o indicado no estudo de 1981 e o argumento que se pretende defender, ou para amosar consistencias inexistentes. A continuación reproducense e coméntanse algúns exemplos, nos que se subliña as partes obviamente plaxiadas, e en negro as partes inseridas diverxentes que mudan o sentido do orixinal (o informe cítase como Macías Vázquez et al., 2017).

Na p. 5 do estudo *Posibilidades de explotación...* (IGME, 1981) explícase a situación xeolóxica da Mina de San Fins no "*complejo migmatítico y de las rocas graníticas, Grupo de Laxe*", en las inmediaciones del contacto Este del 'Complejo de Noya' (tamén coñecida como "fosa blastomilonítica"), que se sitúa, acompañando un esquema paleográfico (situado na p. 5 do estudo IGME, e inserido na p. 7 do Informe de Macías et al.). A continuación o Estudo do IGME cita e brevemente expón distintas teorías existentes no momento (finais da década de 1970), divididas entre autóctonas e alóctonas, para explicar as orixes e relación destes complexos xeolóxicos. Pasando isto por alto, Macías Vázquez et al. continúan a transcripción literal nas páxinas 15 e 16. Só que o que no orixinal é unha síntese das diverxentes teorías científicas sobre "*las relaciones tanto estructurales como genéticas, de la situación geológica relativa de los complejos anteriormente citados*" **pasa a converterse en teorías desenvolvidas para explicar o "enriquecimiento en elementos metálicos en algunos sedimentos, suelos y aguas de esta zona"** (Macías Vázquez et al., 2017, p. 15), obxecto que non pode estar máis lonxe do planteamento dos estudos referidos. Con iso preténdese crear unha suposta base "científica" para a argumentación sobre a existencia dun fondo natural de metais.

IGME (1981), p. 5

El área estudiada se encuentra en la zona V "Galicia Occidental, NO de Portugal" de la distribución en zonas de la Península Ibérica propuesta por MATTE, Ph. (1968).

(...)

Actualmente no está resuelta definitivamente la problemática que plantean las relaciones tanto estructurales como genéticas, de la situación geológica relativa de los complejos anteriormente citados y los datos que existen se interpretan de una u otra forma según las hipótesis existentes (autóctonas o alóctonas) para los Complejos de Noya y Ordenes.

La tendencia autoctonista está sostenida principalmente por la holandesa escuela de Leiden, afirmando que el origen de la fosa blastomilonítica está relacionado con la existencia de un "Mantle plume" en el Paleozoico Inferior, que al intruir originaría una serie de fallas profundas de movimiento vertical, dando lugar a una tectónica de "horsts" y "graben", siendo uno de éstos la "fosa blastomilonítica".

La teoría aloctonista (RIES y SHACKLETON, 1971) supone a los Complejos de Cabo Ortegal, Ordenes, Laxe, Morais y Brazaña restos de un gran cabalgamiento de al menos 150 Km de recorrido hacia el Este durante la Orogenia Hercínica. Los materiales Cámbricos y Precámbricos cabalgarían sobre los Silúricos, y la fosa blastomilonítica correspondería a una sinforma en cuyo núcleo se encuentra el citado manto.

Macías Vázquez et al. (2017), p. 4, 15-16

Geológicamente se encuentra en la zona V "Galicia Occidental-NO de Portugal" de la distribución en zonas de la Península Ibérica propuesta por MATTE. (1968) (fig. 1). [p. 4]

(...)

El enriquecimiento en elementos metálicos en algunos sedimentos, suelos y aguas de esta zona, es, por tanto, un proceso natural y conocido, siendo varias las teorías que se han desarrollado para explicarlo, desde la hipótesis de un manto pluma, desarrollada fundamentalmente por los geólogos holandeses del grupo Galicia, de la Universidad de Leiden, quienes consideran que el origen de la fosa blastomilonítica está relacionado con la existencia de un "manto pluma" en el Paleozoico Inferior, que, al intruir en los materiales del precámbrico paleozoico antiguo, originarían una serie de fallas profundas de movimiento vertical, dando lugar a una tectónica de "horsts" y "graben", siendo uno de éstos la "fosa blastomilonítica." Esta hipótesis genética explicaría la fuerte concentración de elementos propios de cortezas oceánicas y materiales profundos (corteza inferior, manto) en algunos sedimentos y suelos de las rías de Muros-Noya, Arosa, Pontevedra y Vigo, identificadas por el IGME y numerosos estudiosos de la geología y biogeoquímica de Galicia. [p. 15-16]

Otro enfoque genético lo presenta la denominada teoría aloctonista (RIES y SHACKLETON, 1971), quienes suponen que los Complejos de Cabo Ortegal, Ordenes, Laxe, Morais y Brazaña son restos de un gran cabalgamiento, de al menos 150 Km de recorrido hacia el Este, producido durante la Orogenia Hercínica. Los materiales Cámbricos y Precámbricos cabalgarían sobre los Silúricos, y la fosa blastomilonítica correspondería a una sinforma, en cuyo núcleo se encuentra el citado manto. [p. 16]

A conexión realizada por Macías Vázquez et al. (2017) entre a hipótese da pluma do manto e un fondo natural de metais é desconcertante e incomprendible. Non existe ningún corpo de literatura científica que defenda ou sequera expoña unha relación global entre as plumas do manto e a ocorrencia de fondos naturais de metais e os autores, na súa alteración dos textos copiados, tampouco presentan un fío argumental que consiga presentar a súa hipótese de forma comprensible, por exemplo, ofrecendo un mapa xeotectónico. Todo iso, sen entrar no feito de que a hipótese da Escola de Leiden foi superada hai case 40 anos.

A transcripción literal continúa, intercalando a explicación técnica ofrecida polo IGME, que non garda relación cos propósitos de Macías Vázquez et al., con frases de elaboración propia que buscan reforzar artificialmente a idea-forza do fondo natural de metais:

IGME (1981), p. 22

En las paraógenesis Cuarzo-Casiterita-Wolframita-Molibdenita, los minerales se pueden presentar

Macías Vázquez et al. (2017), p. 14-15

En las paraógenesis Cuarzo-Casiterita-Wolframita-Molibdenita, los minerales se pueden presentar

solos con cuarzo o feldespato o asociados con algún otro. En San Finx esta asociación está bien representada. El período de formación de estos minerales suele ser muy amplio. Comienza en la fase gaseosa en las etapas pegmatíticas y neumatolíticas, continuando dentro de la fase hidrotermal.

En los depósitos de este tipo, existen frecuentemente cambios en las condiciones de presión y temperatura de las soluciones residuales durante la deposición de los minerales, debido al movimiento inverso de las superficies isotermales, de tal manera que en un mismo depósito, la paragénesis pegmatítica puede continuarse por una neumatolítica y ésta por una subsecuente paragénesis hidrotermal.

solos con cuarzo o feldespato o asociados con algún otro.

La acusada fracturación de la zona en la que se encuentran los filones, permite la fácil penetración del agua de lluvia, con la consiguiente oxidación de los sulfuros y la lixiviación de elementos metálicos y no metálicos, al tiempo que provoca una alteración más intensa y la formación de alteritas y suelos, que, por erosión, pueden transportar estos elementos a través de los cauces fluviales, en formas sólidas o disueltas, basta ser depositadas en aluviones fluviales o costeros.

A permeabilidade do terreno presentada por Macías Vázquez et al. contrasta ademais co escrito de "Contestación" da empresa, ao que precisamente acompaña o Informe de Macías Vázquez et al. (2017), cando o que se pretende xustificar é a impermeabilidade dos terrenos sobre os que se instalaron as balsas de residuos mineiros: *"los esquistos, gneis, granitos, migmatitas y micaesquistos son rocas de baja permeabilidad (con dificultad para que el agua pase a través de ellas) "* (p. 64). A empresa peticionaria presenta a continuación nesa Contestación a cartografía do IGME en relación á permeabilidade, concluíndo que *"salvo las condiciones de permeabilidad inducida generada por la actividad minera subterránea, esto es la provocada por la presencia de galerías y chimeneas propias del proyecto de interior, las características litológicas de la roca en el yacimiento minero San Finx, según criterios hidrogeológicos, clasifican el área como de baja o muy baja permeabilidad, excepto, obviamente, por fracturación o fisuración"* (id.) Recoñece así a empresa que a penetración de auga de chuvia nas labores mineiras subterráneas, causante do fenómeno coñecido como drenaxes ácidas de mina, non se debe ás características xeolóxicas do terreno, senon á existencia de *"galerías y chimeneas propias del proyecto de interior."* Cabe notar que entre as alegacións presentadas se encontraba a *"Falta de estudio hidrogeológico y ubicación de las balsas de decantación sobre suelos no adecuados,"* que o Informe de Macías Vázquez et al. enumera entre as principais (p. 24), pero para a que non se pronuncia. En resumo, o Informe de Macías Vázquez et al. ocúpase de sinalar a elevada permeabilidade e fracturación da zona, en apoio da conxectura do fondo natural de metais, omitindo comentar nada sobre os solos nos que se ubican as balsas de decantación. Mentres que é a empresa peticionaria a que responde a esta alegación afirmando o contrario: a elevada impermeabilidade dos solos da zona. En calquera caso, non se presentan estudos de fracturación da zona que acheguen datos sobre se esta é ou non homoxénea, unha vez que a permeabilidade da rocha derivada da fracturación non é mesmo que a permeabilidade dos solos derivada da existencias de tipos distintos de rocha (i.e., os esquistos poden ser permeábeis por facilidade de fracturación, máis os solos derivados teñen tendencia a seren impermeábeis). Sorprende ademais que téndose realizado probas de bombeo non se presentaran os datos de conductividade hidráulica.

Máis problemáticas resultan outras afirmacións de "producción propia" incluídas por Macías Vázquez et al. en relación á composición das augas. Así, por exemplo, na páxina 9, dise:

Por ello, hay muy poca modificación de la composición de las aguas de lluvia en su interacción con los granitos y sus suelos derivados. Además, los filones mineralizados explotados, y probablemente la mayor parte de los existentes, no están asociados a los granitos, sino a las rocas migmatíticas que los encajan, por lo que su influencia en la composición de las aguas debe ser mucho mayor y espacialmente concentrada.

Descoñécese, porque non o indican nin presentan referencias que a avalen, como os autores do Informe puideron chegar a esta conclusión. A modificación na composición das augas de chuva vai depender fundamentalmente do tipo de granito e a súa composición mineralóxica, mentres que as mineralizacións, se ben non aparecen nos granitos, sí teñen unha relación indirecta con eles, é dicir, non mantén unha relación espacial máis si temporal que explica a súa presenza e formación.

Outro empeño que se deduce das modificacións nos plaxios do estudo orixinal do IGME é a omisión de referencias ás labores mineiras superficiais realizadas polas concesionarias mineiras desde a constitución dos dereitos mineiros actualmente vixentes, que en absoluto contribúen para sostener unha orixe xeoxénica do hipotético fondo natural de metais, apuntando máis ben para unha contaminación de orixe antropoxénica no contexto da actividade mineira das actuais concesións. Así, se no estudo do IGME se indica que os afloramentos superficiais do campo filoniano, portador da mineralización, foron traballados intensamente en superficie (sendo por tanto a actividade mineira das concesionarias a responsábel pola súa meteorización), o Informe de Macías Vázquez et al. suprime este importante dato, engadindo ao final a subordinada "**que no se encuentra en superficie**".

IGME (1981), p. 12

Superficialmente todos los filones se encuentran en la actualidad trabajados y sólo es posible seguirlos por los socavones y hundimientos debidos al laboreo. Llevan una dirección aproximada de 40 a 50° E y sus buzamientos son de subverticales a verticales (de 75 a 90° hacia el Sur, siendo su valor más frecuente el de 80°). Están atravesados por dos sistemas de fracturas: la más antigua, de dirección N-150°E y buzamientos de 60° hacia el Oeste que viene representada por dos fracturas principales que originan desplazamientos en la horizontal de hasta 40 a 50 m; el sistema de fracturas más moderno tiene una dirección de N120E 20°E y buzamientos de alrededor de 45° con componente Oeste; el efecto principal de la fractura más importante es que hacia el Norte de los filones, éstos se desplazan en la horizontal hacia el Noroeste y se produce en ellos un giro con lo que adoptan una disposición subparalela a la de la falla; se trata, pues, de una falla en tijera.

Macías Vázquez et al. (2017), p. 11

El yacimiento se encuentra cortado por una serie de fallas posteriores. Los filones llevan una dirección aproximada de 40 a 50° E y sus buzamientos son de subverticales a verticales (de 75 a 90° hacia el Sur, siendo su valor más frecuente el de 80°). Están atravesados por dos sistemas de fracturas: la más antigua, de dirección N150E N-150° E y buzamientos de 60° hacia el Oeste que viene representada por dos fracturas principales que originan desplazamientos en la horizontal de hasta 40 a 50 m; el sistema de fracturas más moderno tiene una dirección de N120E 20°E y buzamientos de alrededor de 45° con componente Oeste; el efecto principal de la fractura más importante es que hacia el Norte de los filones, éstos se desplazan en la horizontal hacia el Noroeste y se produce en ellos un giro con lo que adoptan una disposición subparalela a la de la falla; se trata, pues, de una falla en tijera, **que no se ha localizado en superficie.** (IGME, 1981).

Noutros treitos reproducidos literalmente, suprimíense pola contra as mencións a mineralizacións non localizadas en superficie que, aínda que en realidade carecen de transcendencia para explicar os procesos de lixiviación das áreas mineralizadas, tal vez Macías Vázquez et al. estimaron que non contribuían a sustentar a súa hipótese, aínda que en realidade que a presenza ou ausencia de granates na superficie nada achega nin garda relación coa existencia dun fondo natural de metais. Véxanse algúns exemplos nos que as únicas palabras suprimidas son "**que no se han localizado en superficie**" e "**en profundidad**":

IGME (1981), p. 8

Tienen como componentes principales cuarzo, moscovita, biotita y plagioclasa (albita-olioclasa ácida). Algunas muestras tienen turmalina como componente principal, tardía, claramente posterior a la esquistosidad, lo que demuestra la

Macías Vázquez et al. (2017), p. 9

Los granitos tienen como componentes principales cuarzo, moscovita, biotita y plagioclasas (albita-olioclasa ácida). Algunas muestras tienen turmalina como componente principal, tardía, claramente posterior a la esquistosidad, lo que

acción de fluidos ricos en Boro provenientes de magmas ácidos cercanos. En algunas muestras en superficie y en prácticamente la totalidad de ellas en profundidad se aprecian intensas moscovitizaciones posiblemente por fenómenos metasomáticos posteriores. Las biotitas están en gran parte cloritizadas.

Los componentes accesorios son carbonatos, feldespatos potásico, turmalina, opacos, apatito, circón. Como componentes secundarios se pueden citar sericita y clorita. En profundidad algunas muestras presentan granates, que no se han localizado en superficie.

IGME (1981), p. 11

2.1.3.- Rocas filonianas

Se trata de rocas tardías que rellenan fisuras, tanto en los granitos (**en profundidad**) como en los micaesquistos y migmatitas. Son de dos tipos fundamentalmente: cuerpos pegmatoides y filones cuarcíferos.

Son de gran importancia pues, como se ha apuntado con anterioridad, son los portadores de la mineralización de modo casi exclusivo, aunque también existan minerales diseminados en las rocas de caja.

demuestra la acción de fluidos ricos en boro provenientes de magmas ácidos cercanos. En algunas muestras superficiales y en prácticamente la totalidad de ellas en profundidad se aprecian intensas moscovitizaciones, posiblemente por fenómenos metasomáticos posteriores. Las biotitas están en gran parte cloritizadas.

Los componentes accesorios son carbonatos, feldespatos potásico, turmalina, opacos, apatito, circón. Como componentes secundarios se pueden citar sericita y clorita y, en profundidad, algunas muestras presentan granates.

Macías Vázquez et al. (2017), p. 10

Según el estudio del IGME de 1981, sobre las posibilidades de explotación de minas, como las de San Finx, en todos los casos se aprecia una silicificación de la roca de caja y el relleno de las fisuras por rocas filonianas, en las que se pueden diferenciar cuerpos pegmatoides y filones cuarcíferos. Son de gran importancia pues, como se ha apuntado con anterioridad, son los portadores de la mineralización de San Finx, de modo casi exclusivo, aunque también existan minerales diseminados en las rocas de caja.

Otra serie de omisiones parecen tener como objeto ocultar algunos indicadores del potencial de formación de drenajes ácidos de mina. En las pp. 13-14 del Informe de Macías Vázquez et al. transcribe en su práctica literalidad el apartado de "Asociación mineral y génesis de la mineralización" del Informe del IGME (p. 20-21). En los párrafos correspondientes a casiterita, molibdenita, bismuto, pirita y arsenopirita, esfalerita y estannina se incluyen íntegros sin apenas modificación, no el párrafo relativo a calcopirita (CuFeS_2 , la principal mena de cobre, un metal pesado que supera las NCA de aguas abajo de la explotación), apenas se mantiene la primera frase, eliminando precisamente la descripción de los depósitos de sulfato que se evidencia en la 7ª planta y las elevadas concentraciones de este metal en la escombreira donde "tiene siempre un contenido mayor de 400 ppm":

IGME (1981), p. 21

La Calcopirita normalmente aparece en pequeños granos diseminados en cuarzo, formando bordes de reacción en la Esfalerita o incluida en ella. La empresa explotadora de la mina obtiene un beneficio adicional de su explotación y nos parece muy interesante el estudiar la calcopirita a fin de conocer bien su importancia económica en el entorno de la mina de San Finx. Posiblemente, por lavado, está dando lugar actualmente a Carbonatos de Cu, en forma de grandes manchones azul-verdosos que impregnan las paredes de la 7ª planta. En probeta pulida no aparece como mineral mayoritario; en nuestras observaciones en la mina aparecía como un mineral minoritario pero, no obstante, teniendo en cuenta el hecho anteriormente citado y que en las muestras de geoquímica tomadas en la

Macías Vázquez et al. (2017), p. 14

La Calcopirita normalmente aparece en pequeños granos diseminados en cuarzo, formando bordes de reacción en la Esfalerita o incluida en ella.

escombrera de la mina, el Cu tiene siempre un contenido mayor de 400 ppm., pensamos interesante realizar un estudio más exhaustivo de la mineralización de sulfuros que llevan los filones.

Pola contra, na páxina anterior do Informe de Macías Vázquez et al. inclúese unha modificación en sentido contrario, na que se recoñece que as metalizacións sulfuradas, causantes das drenaxes ácidas de mina, se deben á presenza de pirita, calcopirita e arsenopirita:

IGME (1981), p. 12

En profundidade, estos filones son cuarcíferos o cuarzo-moscovíticos con mineralización asociada y con fenómenos de greisenización en los bordes, que suele llevar asociada metalizaciones sulfuradas además de Casiterita.

Sus componentes principales son: Cuarzo, mica blanca (moscovita) y a veces opacos y apatito, carbonatos, opacos, a veces moscovita como componentes accesorios.

Hacia el Este de la planta 7ª los filones empiezan a ser cuarzo-feldespáticos, a veces casi pegmatitas y, relativamente se van esterilizando. Están compuestos por cuarzo, mica blanca (moscovita) plagioclasa (albita + oligoclasa sódica), microclina y biotita como minerales principales y apatito, carbonatos, clorita (secundaria) y opacos como componentes accesorios. Presentan metalización, pero es casi exclusivamente de sulfuros, sin que se haya localizado casiterita ni wolframita. (...)

Macías Vázquez et al. (2017), p. 13

En profundidade, los filones son cuarcíferos o cuarzo-moscovíticos con mineralización asociada de W (wolframita y alguna scheelita) y Sn (casiterita), con fenómenos de greisenización en los bordes, que suele llevar asociada metalizaciones sulfuradas además de casiterita, en las que se encuentran representados mayoritariamente pirita, calcopirita y arsenopirita. Sus componentes principales son: cuarzo, mica blanca (moscovita) y, a veces, opacos y apatito, carbonatos, a veces moscovita como componentes accesorios. Hacia el Este de la planta 7ª los filones empiezan a ser cuarzofeldespáticos, a veces casi pegmatíticos y, relativamente se van esterilizando. Están compuestos por cuarzo, mica blanca (moscovita) plagioclasas (albita + oligoclasa sódica), microclina y biotita como minerales principales y apatito, carbonatos, clorita (secundaria) y opacos como componentes accesorios. Presentan metalización, pero es casi exclusivamente de sulfuros, sin que se haya localizado casiterita ni wolframita.

En calquera caso, cómpre indicar que o conxunto do apartado 1 "La influencia geológica" do Informe de Macías Vázquez et al. non achega en realidade ningún dato determinante que avale as conclusións que se inclúen nas páxinas 16 e 17, e novamente nas páxinas 22 e 23 (na que se inclúen tamén unha serie de argumentos históricos, que son obxecto dun Informe complementario ao presente documento). Estas conclusións son:

- "hay procesos naturales que pueden explicar la existencia de zonas de aguas, suelos y sedimentos del entorno de la mina de San Finx enriquecidos en elementos y minerales potencialmente tóxico[s] y con una distribución espacial fuertemente heterogénea"
- "Por ello, no es preciso que existan procesos contaminantes, pues aunque estos pueden ser la causa de muchas de las modificaciones de calidad de las aguas, también lo pueden ser, y sin duda lo han sido, los procesos naturales relacionados con las variaciones litológicas y los efectos de la fracturación"
- "En consecuencia, dada la heterogeneidad litológica existente y la intensa fracturación que origina flujos preferentes no es posible aplicar los mismos objetivos de calidad de las aguas en todos los puntos de aguas superficiales del entorno de San Finx y la comparación entre las concentraciones de elementos tóxicos entre zonas de aguas arriba y abajo de las áreas con enriquecimiento filoniano carecen de todo fundamento"
- "debe tenerse en cuenta que los minerales portadores de elementos como As, Cd, Cu, .. no han sido distribuidos en la zona por los mineros explotadores, sino por la

Naturaleza, que, con otros ritmos más lentos que los producidos tras las explotaciones mineras, también libera esos minerales y elementos a las aguas, suelos y sedimentos, fundamentalmente, a través, o como consecuencia de la intensa fracturación"

E incomprendible como os autores do Informe poden chegar a calquera destas conclusión en función das citas anteriormente reproducidas. Pola contra, o que revela en realidade o estudo orixinal do IGME é o modo en que a intensa actividade mineira das concesionarias traballou as zonas mineralizadas non só por medio de galerías subterráneas senón que tamén en superficie, expoñendo a condicións atmosféricas e á meteorización materiais que presentan un alto potencial contaminante polos procesos que serán expostos a continuación, en particular os de oxidación e lixiviación que explican de forma específica a xeración das drenaxes ácidas de mina.

Por outra parte, o uso que das fontes de referencia (en xeral desactualizadas, e neste caso de hai 36 anos) evidencia que os datos proporcionados no informe realizado por Macías Vázquez et al. para a peticionaria non proceden do traballo realizado polos autores, máis dunha reutilización (plaxio en verdade) sesgada e manipuladora de informacións que non só non gardan relevancia, se non que en algún aspectos están obsoletas. Este proceder, evidenciado especialmente nesta última sección, é extensíbel non obstante a outras partes do informe de Macías Vázquez et al., e en particular da histórica, que pola súa especificada é abordada en informe separado.

2. A CONTAMINACIÓN ANTROPOXÉNICA EN SAN FINS

2.1. Comparación de valores en augas superficiais "augas arriba" e "augas abaixo"

Como xa se apuntou reiteradamente, a determinación do rango de fondo natural de metais para unha determinada masa de auga superficial require da aplicación dunha metodoloxía rigorosa, especialmente en contextos de intensa actividade antropoxénica. Os puntos de mostraxe escollidos para as analíticas realizadas por laboratorios acreditados ante a administración hidráulica, particularmente nos puntos tomados como referencia da calidade das augas "augas arriba" da explotación, non consideraron que estes puntos estarían igualmente expostos ás influencias antropoxénicas mineiras. Non obstante, e a efectos simplemente ilustrativos, utilizaranse estas mostras dispoñíbeis para a zona de "augas arriba" para a súa comparación coas mostras "augas abaixo".

No tramo fluvial comprendido entre as dúas zonas encóntranse algúns dos puntos críticos de contaminación antropoxénica, particularmente os principais puntos de desague de drenaxes ácidas de mina (T4, T3 e T2, así como a zona de vertedura dos achiques forzados desde o "Pozo Novo" entre 2010-2013), as diversas escombreyas situadas a carón do cauce (incluíndo a maior delas, cuxo canal de guarda situado non no perímetro senón no centro da mesma, desagua na balsa final de decantación e finalmente no río San Fins), as balsas de decantación final construídas sobre o leito natural do río, así como o canal que leva as drenaxes ácidas de mina ata elas de forma paralela ao cauce, e as dúas presas de colas mineiras, que acumulan no cauce grandes cantidades de residuos (ver **Figuras 4 e 6**). Pola contra, e atendendo ao "*Plano de Filones*" que inclúe o informe de Macías Vázquez et al. (2017) na p. 12, a única zona onde o campo filoniano entra en contacto próximo co cauce é precisamente a do "Chan da Mina," na zona onde se tomaron as mostras "augas arriba", mentres a influencia xeolitolóxica das zonas mineralizadas tería que ser menor augas abaixo deste punto.

Téñase en conta que os puntos de mostraxe, particularmente "augas abaixo" non son homoxéneos, estando a distintas distancias da zona contaminante (en algúns casos a máis dun quilómetro e medio), o que explica as diverxencias por disolución, precipitación, adsorción

abiótica no sedimento e bioadsorción. Así, a mostra "augas abaixo" de 23/06/2015 é tomada á altura da presa menor (n.º 1), a de 08/02/2016 a un punto 1,5 km augas abaixo do primeiro, a de 22/06/2016 a un punto 350 metros augas abaixo do primeiro, e a de 26/01/2017 no mesmo punto 1,5 km augas abaixo. Na última das datas tomouse outra mostra no mesmo punto da mostra de 23/06/2015. Isto axuda a demostrar a diversidade de resultados, conforme os procesos de dilución evidenciados na **Figura 8**. En relación ás mostras "augas arriba," apenas diverxe a mostra de 22/06/2016, tomada 250 metros augas arriba das outras (ver **Figura 3**).

Mostra	Cadmio (µg/L)		Cobre (µg/L)		Cinc (µg/L)	
	Augas arriba	Augas abaixo	Augas arriba	Augas abaixo	Augas arriba	Augas abaixo
23/06/15	-	7,47	-	272	-	253
08/02/16	<0,024	1,6	< 1	49	9	59
29/02/16	<0,024	-	< 1	-	< 9	-
22/06/16	<0,20	3,3	1,3	115	13	128
26/01/17	0,34	4,5	1,4	190	<9	159
"		6,4		264		230
Media	0,121	4,218	0,925	156,5	7,75	149,75

Táboa 6. Comparación de valores analíticos "augas arriba" e "augas abaixo" tomadas por Augas de Galicia e que constan no expediente de autorización de vertido. Nota: Atendendo ao establecido no *Real Decreto 817/2015, de 11 de setembro*, para o cálculo de valores medios "Si las cantidades medidas de los parámetros fisicoquímicos o químicos de una muestra determinada son inferiores al límite de cuantificación, los resultados de la medición se fijarán en la mitad del valor del límite de cuantificación correspondiente para el cálculo de los valores medios" e "Si un valor medio calculado de los resultados de la medición a que se refiere el apartado a) es inferior a los límites de cuantificación, el valor se considerará «inferior al límite de cuantificación»." En virtude diso, nos valores <0,024 para cadmio, <1 para cobre, e <9 para cinc, utilizouse a metade destes valores para facer a media. No caso do valor <0,2 para cadmio, descartouse por ser o límite cuantitativo superior á NCA.

Observando os resultados, parece evidente que o aumento das concentracións destas tres substancias perigosas e perigosa prioritaria, nalgún caso en varias ordes de magnitude, durante o transcurso de apenas 1 km de cauce, dificilmente pode explicarse á luz dun fenómeno natural de orixe xeoxénica nunha zona onde non hai filóns mineralizados. Cales son, á luz da evidencia científica, os máximos posíbeis aumentos nas concentracións de cadmio, cobre e cinc para unha distancia dada nunha rexión mineralizada sin historia de minería? A conxectura do fondo natural de metais que impediría o cumprimento das NCA tabuladas tampouco explica as concentracións de cinc augas abaixo, dado que foi fundamentada no "sencillo experimento" que non produciu lixiviados apreciables deste metal pesado. Pola contra, este treito é coincidente cos puntos de aporte de drenaxes ácidas de mina, das que existe igualmente unha caracterización química realizada por laboratorios acreditados, e que explicaría de xeito claro, e sen necesidade de conxecturas, o aumento de concentracións no medio receptor destas verteduras. O tramo é tamén coincidente con varias zonas de escombreyas de residuos mineiros (de cuxa ecotoxicidade existe un estudo, Álvarez et al., 2003) e das presas de residuos mineiros construídas sobre o propio cauce. A continuación explícase brevemente os mecanismos polos que estes focos contaminantes afectan a calidade das augas superficiais ao seu paso.

2.2. As Drenaxes Ácidas de Mina

As drenaxes ácidas de mina, en inglés "*Acid Mine Drainage*" (AMD), son un fenómeno contaminante característico da minería metálica subterránea, definido polos efluentes ácidos (de baixo pH) e considerábeis concentracións de metais pesados disoltos que se producen como consecuencia da oxidación de minerais sulfurados (Akcil e Koldas, 2006, Kalin et al., 2006, Younger et al., 2002, Bigham e Nordstrom, 2000). Trátase dun fenómeno sobradamente

coñecido desde a década de 1920 e que afecta a practicamente todas as explotacións de minería metálica pero que, sorprendentemente, non se nomea nin no proxecto de explotación do Grupo Mineiro San Finx de 2009, nin no proxecto de autorización de vertedura nin no informe de Macías Vázquez et al. Ausencia que aínda se fai máis notábel á vista de que a matriz da empresa peticionaria (Sacyr) coparticipa no Proxecto *LIFE-ETAD (Ecological Treatment of Acid Drainage)* da *Mina Concepción en Huelva*, financiado con 2,6 millóns de euros de axudas públicas. Entre a documentación publicada nese Proxecto, que analiza extensivamente a produción de augas ácidas de mina, infórmase entre outros aspectos de como este fenómeno é responsable da contaminación dos océanos por cobre e cinc:

La magnitud de la contaminación minera de los ríos Tinto y Odiel queda claramente manifestada si comparamos estas cantidades con los flujos globales que todos los ríos del mundo transportan hasta el océano (GESAMP, 1987); las cantidades transportadas por los ríos Tinto y Odiel suponen aproximadamente el 15% del cobre y el 47% del zinc. Es decir, estos dos pequeños ríos de la provincia de Huelva transportan casi la mitad del zinc aportado por todos los ríos del mundo a los mares y océanos.²

É sen dúbida un dos impactos ambientais máis importantes da minaría subterránea (Nyquist e Greger, 2009), e en moitos casos unha das principais fontes de contaminación por metais pesados tóxicos, especialmente perigosos pola súa bioacumulabilidade e potencial de afectación á cadea trófica unha vez que se acumulan na biota (Sarasquete et al., 1997). **Por estes mesmos motivos, a lexislación de avaliación do impacto ambiental inclúe entre os proxectos que deben submeterse a este trámite as explotacións de minaría subterránea os "Que su paragénesis pueda, por oxidación, hidratación o disolución, producir aguas ácidas o alcalinas que den lugar a cambios en el pH o liberen iones metálicos o no metálicos que supongan una alteración del medio natural."** (*Lei de Evaluación de Impacto Ambiental*)

Téñase en conta, ademais, que as drenaxes ácidas de mina son unha forma de contaminación que non cesa coa paralización ou peche dunha explotación mineira, polo que a relativización do problema (e responsabilidade) argumentando a suposta ausencia de actividade da mina de San Fins na actualidade é irrelevante. A produción e vertedura de drenaxes ácidas de mina pode continuar, de feito, durante centos ou miles de anos despois do fin da actividade mineira comercial se non se toman as medidas apropiadas para a súa supresión, minimización ou tratamento (Strömberg e Banwart 1994; Younger 1997), algo que debe terse en conta á hora de avaliar tanto proxectos de explotación como, particularmente, as propostas de tratamento para as drenaxes ácidas de minas, tanto durante a fase de explotación activa (neste caso prevista para 12 anos) como para a fase posterior ao fin da actividade extractiva.

Para a ocorrencia de drenaxes ácidas de mina deben darse condicións aerobias, coa interacción de auga e osíxeno. Adicionalmente, a acción de determinadas bacterias acidófilas e quimiolitótrofas, organismos catalizadores que poden multiplicar a velocidade das reaccións de oxidación, acelera a produción de drenaxes ácidas de mina. Se ben en determinados contextos estes procesos se poden producir de forma natural en afloramentos sulfurosos en superficie (son os chamados drenaxes ácido de rocha, ou "*Acid Rock Drainage*", ARD), a actividade mineira subterránea e os procesos de beneficio mineral en superficie crean as condicións idóneas para que se desencadeen a serie de reaccións xeoquímicas causantes das drenaxes ácidas de mina con concentracións e cantidades inexistentes en contextos xeoxénicos. **Así, se nas condicións naturais do subsolo, reductoras e anóxidas, os sulfuros son elementos estábeis e insolúbeis, a súa aireación derivada da actividade antropoxénica como a creación de galerías e chemineas conleva a desestabilización debido ás reaccións de oxidación que se producen pola interacción co osíxeno, auga e outros axentes oxidantes**

² <http://www.life-etad.com/index.php/es/drenajes-acidos-de-minas-amd>

(Cruz e Monroy, 2006). A auga, ademais, non só é instrumental para procurar as reaccións de oxidación, máis tamén para transportar os metais lixiviados para o exterior através dos sistemas de desaugue artificiais (sexan por gravidade ou achique forzado), coa consecvente contaminación das augas superficiais e/ou subterráneas (Younger, Coulton e Froggatt, 2005).

A apertura de labores de acceso, chimeneas de ventilación e galerías de desaugue, a excavación de quilómetros de galerías en zonas mineralizadas, a porosidade e incremento da superficie de contacto creada coa acumulación en escombres dos residuos mineiros, así como os procesos de concentración e beneficio e alteracións na composición física e química asociados á explotación mineira son fundamentais para que se produzan as drenaxes ácidas de mina. Téñase en conta que os procesos de tratamento industrial das zafras extraídas causan un enriquecemento das substancias presentes nos filóns mineralizados, sendo que as que non se veñen aproveitando comercialmente (como as calcopiritas, pero tamén outros elementos como o cinc, en San Fins), se veñen acumulando nas escombres suxeitas a procesos de oxidación, lixiviación e erosión. Os metais pesados son moi raros na súa forma pura na natureza, presentándose normalmente en forma de óxidos, carbonatos, sulfuros ou sulfatos. A apertura de galerías nas zonas mineralizadas, a trituración das rochas, aumentando a súa superficie de contacto e concentración dos elementos metálicos para o seu beneficio comercial, aplicando métodos químicos e mecánicos, e a exposición atmosférica prolongada en escombres tornan biodisponíbeis elementos que no seu estado natural estarían inmovilizados de xeito seguro no subsolo.

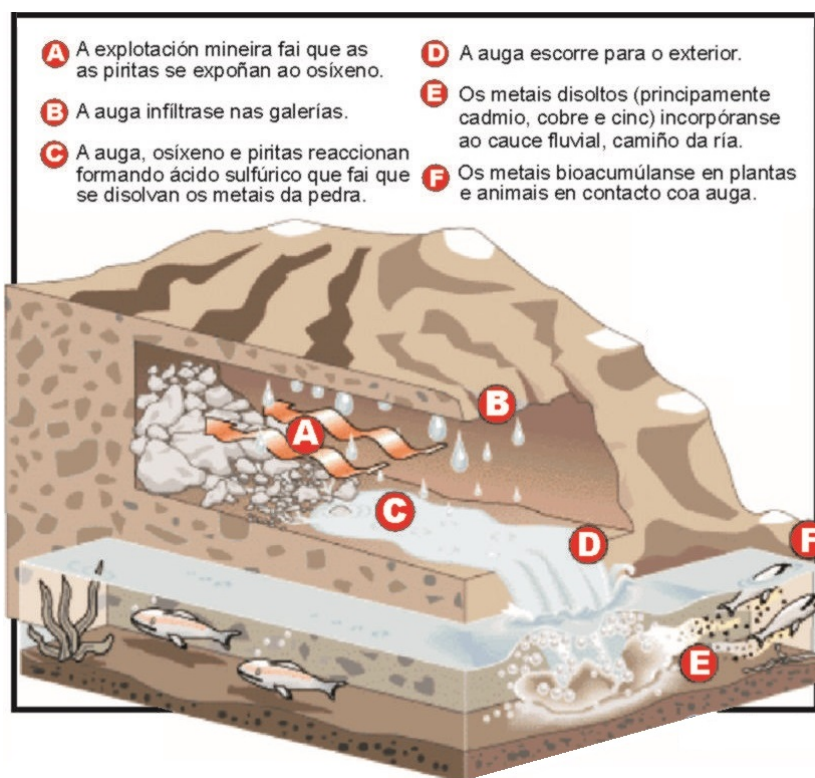


Figura 7. A produción de drenaxes ácidas de mina. Gráfico adaptado de *Post-Gazette* (1998).

A reacción química que goberna a produción de drenaxes ácidas de mina deriva da exposición do subsolo á oxidación por ventilación, responsábel de que a pirita (FeS_2) ou outros minerais de sulfuro que están presentes no subsolo produza ións ferrosos (Fe^{2+}) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). O carácter ácido deste lixiviado produce novas reaccións coas rochas mineralizadas polas que discorre, provocando a disolución dos metais pesados presentes neses filóns e nas rochas ao seu paso. O baixo pH facilita a mobilización deses metais.

Os propios informes do IGME aos que recorreron de xeito sistemático Macías Vázquez et al. indican a rica metalización en sulfuros e sulfoarseniuros presente no xacemento de San Fins (véxase pp. 13, 14, 22 do informe de Macías Vázquez et al. ou, no orixinal, IGME, 1981, pp. 12, 21, 26, 27), mostran a existencia das condicións para a formación das drenaxes ácidas deste xacemento. No caso de San Fins, estas concentracións teñen implicacións mesmo no sistema de concentración industrial, como explica Ruiz Mora (1982: 610), onde "*El problema de la abundancia de sulfuros actualmente se soluciona por flotación en mesas Wilfrey*", e explican as concentracións de cobre tanto nas escombreyras como nos seus arrastres río abaixo e no propio estuario da ría de Muros e Noia. Mesmo que sen nomealas (nen citar en todo o informe o concepto "*augas ácidas de mina*"), o propio informe de Macías Vázquez et al. sí ilustra o proceso de formación das drenaxes ácidas de mina en San Fins, se ben imputando en parte a responsabilidade á explotación clandestina e á actividade pasada:

El resultado de esta continua explotación, en parte legal y en parte clandestina, aunque con diferente intensidad, es la gran cantidad de huecos de explotación que se han realizado en la zona, facilitando la entrada del agua y la oxidación de gran parte del yacimiento, convertido en una especie de "queso gruyere" en cuyos huecos se oxidan los sulfuros y se lixivian determinados elementos metálicos y no metálicos asociados a ellos. En este sentido hay que tener claro que todas las labores mineras anteriores a los años 80 del siglo pasado no tenían ningún tipo de proceso de recuperación o restauración, siendo directamente abandonadas en el estado existente en el momento del cese de los trabajos, lo que implica la oxidación de los materiales presentes en escombreras, monteras de alteración y galerías o huecos de explotación o exploración realizados sin ningún tipo de control. (pp. 21-22, negrito noso)

A mina de San Fins é unha explotación de minaría metálica subterránea que ven xerando drenaxes ácidas de mina de forma continuada. Aínda que a concesionaria actual evite caracterizalas como tais, talvez polas impliación legais relacionadas coa obriga de someter a actividade ao procedemento de avaliación de impacto ambiental, tanto as analíticas dos efluentes de desaugue como os estudos de caracterización das escombreyras de San Finx (Álvarez et al., 2003), mostran que nos encontramos ante os escenarios de produción e vertedura de drenaxes ácidas de minas. A omisión reiterada da existencia das drenaxes ácidas de mina e da explicación dos seus procesos que inflúen a súa formación e emisión ao medio para o caso concreto de San Fins, non parece unha estratexia realista para abordar o serio problema de contaminación que representan e, en particular, para definir as formas máis axeitadas de xestión, corrección e tratamento. Isto é algo que mesmo algúns dos integrantes do equipo de Macías Vázquez et al. teñen destacado en traballos previos (Monterroso e Macías Vázquez, 1998).

Á falta de calquera medida restauradora ou de tratamento, a produción de augas ácidas de mina ven acontecendo tanto nas fases de abandono (1990-2009), como nas fases de explotación activa, durante as que aumentan as superficies xeradoras de drenaxes ácidas de mina tanto polo avance das galerías subterráneas nas zonas de filóns mineralizados como pola acumulación de novos residuos mineiros nas escombreyras. A presenza de cantidades elevadas de sulfuros nas escombreyras, non aproveitados comercialmente pola súa baixa lei pero suficientemente elevados para dar pé a procesos de oxidación, acidificación e lixiviación de metais, vese agravado polo machaqueo e fragmentación da rocha en entullos finos que aumenta enormemente a superficie exposta a meteorización.

En resumo, encontrámonos ante o escenario de produción de drenaxes ácidas de mina: infiltración de augas e osíxeno atmosférico no "*queso gruyere*" de labores mineiras realizadas polas sucesivas concesionarias e nas pilas de materiais acumulados nas escombreyras; exposición dos minerais de sulfuro, orixinalmente en condicións anóxicas, á auga e osíxeno e bacterias catalizadoras das reaccións químicas, provocando reaccións oxidantes e a diminución do pH das augas de contacto. **A diminución do pH acarreta a disolución de metais**

pesados, incluíndo o cadmio, cobre e cinc, polo baixo pH das augas e a conseguinte contaminación hídrica do curso do río San Fins polo aporte dos efluentes de mina, con alto contido de metais pesados nas súas augas e sedimentos; a coprecipitación de parte dos metais pesados e oxidróxidos de ferro no cauce fluvial (particularmente nas dúas presas mineiras), polo aumento progresivo do pH e bioadsorción, creando focos secundarios de contaminación potencial; e a precipitación e arrastre dos restantes metais pesados na zona de desembocadura do río Traba en Noia, que quedan retidos nos sedimentos, implicando a contaminación das áreas de marisqueo e a entrada dos mesmos na cadea trófica.

O cadmio, que xunto co cobre e o cinc supón un dos metais pesados achegados pola mina ás augas superficiais, é un elemento escaso que con frecuencia se presenta no contexto de mineralizacións de sulfuro, substituindo outros elementos como o cobre, cinc, mercurio ou chumbo (Salminen, 2005). A súa presenza á par do cobre e cinc explícase no contexto da explotación de filóns mineralizados que conteñen cantidades significativas destes elementos. Os solos graníticos (como os existentes no entorno de San Fins) son os que presentan as menores concentracións de cadmio, cobre e cinc, máis en función da mineralización a presenza no subsolo pode ser significativa. Para o caso do cadmio,³ os valores para chans graníticos en Galicia representan o horizonte superficial con menor presenza deste elemento (Macías Vázquez, Calvo Anta, 2009). Con frecuencia é a actividade mineira a responsábel pola mobilización do cadmio presente en zonas mineralizadas (Salminen, 2005).

A dureza da auga no río San Fins (<10 mg/L de CaCO₃) e os valores de pH que, inmediatamente despois das balsas de decantación final (presa n.º 1), caen por debaixo de 6, explican a disolución, mobilidade e biodisponibilidade do cadmio neste entorno. Aínda que os ácidos e sulfuros de cadmio presentes no subsolo son relativamente insolúbeis, os procesos de oxidación de sulfuros asociados ás drenaxes ácidas de mina fan con que se torne dispoñíbel en forma de sulfatos ou cloruros, estes sí solúbeis. Deste xeito, a actividade mineira non só favorece o lixiviado do cadmio presente no subsolo, senón que tamén fai con que se achegue ás augas continentais de forma totalmente biodispoñíbel (en disolución, facilmente introducíbel na cadea trófica). Estamos polo tanto perante un cadro de elevada biodisponibilidade do cadmio, que ademáis supera, augas abaixo da mina e a distancias de varios quilómetros, os valores máximos contemplados polas NCA. Atendendo ás analíticas de Augas de Galicia realizadas en xaneiro e febreiro de 2017, os valores das medicións no río diminúen progresivamente conforme aumenta a distancia desde a zona de contaminación: **6,4** µg/L á altura da presa n.º 1, **4** µg/L a 50 metros augas abaixo da presa n.º 2, **3,4** µg/L a 1,5 km augas abaixo, **0,6** µg/L a 3,5 km augas abaixo, **0,57** µg/L a 5 km augas abaixo, e **0,12** µg/L despois da mistura das augas do río de San Fins cos do Vilacova (de maior caudal), perto xa da súa desembocadura na ría de Muros e Noia.

³ É necesario sinalar o alto grao de ecotoxicidade do cadmio. Este metal é un elemento non esencial e altamente tóxico para a vida mariña e fluvial. Hakanson (1980) adxudícalle un índice de ecotoxicidade de 30, moi superior ao estimado para o resto dos metais (Cu, Pb, Ni, Cr, Zn). Goretti et al (2016) amosan claramente a máxima biodisponibilidade do cadmio en comparación co Cu, Pb e Zn en estudos onde se emprega o cangrexo americano (*Procambus clarkii*) como especie bioindicadora. Por outra banda Pereira et al (2016) atopan que a exposición a moi baixas concentracións de cadmio (0,1 - 1 µg/L) causa xenotoxicidade e alteracións hepáticas, renais e hematolóxicas en peixes de río. Gao et al (2016) atopan que o cadmio presenta, xunto co Ni, a taxa de transferencia auga-planta máis alta en comparación con outros metais (Cu, Pb, Cr).

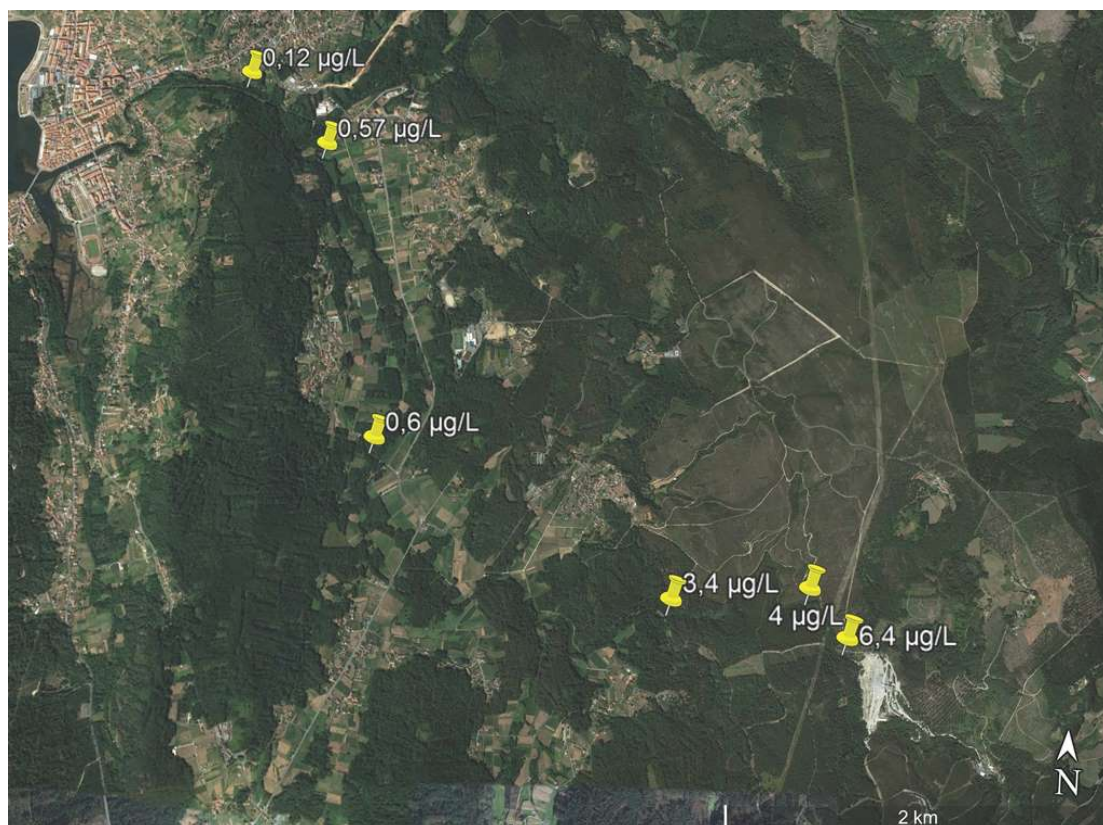


Figura 8. Resultados do parámetro Cadmio nas análises de febreiro de 2017 realizadas para Augas de Galicia no cauce do río San Fins / Rabiceiras / Pesqueiras / Barxas e á súa desembocadura no río Traba.

A pesar do potencial protector da materia orgánica fronte á dispoñibilidade do cadmio ao que fan referencia Macías Vázquez et al., cumpre lembrar que este efecto pode incluso aumentar a biodispoñibilidade, unha vez que as partículas de materia orgánica ás que se pode unir o cadmio son fonte de alimentación para numerosos invertebrados bentónicos base da cadea trófica. O cadmio tamén pode formar complexos con materia orgánica disolta, mantendo así o cadmio nunha forma biodispoñible. Por outra banda a concentración de materia orgánica nas augas é baixa, tal como reflicten distintas análises feitas polo laboratorio IPROMA, con valores de DBO5 < 2 mg/L, co cal o potencial efecto protector sería mínimo. Débese ter aínda en conta que as concentracións de materia orgánica disolta poden mudar de xeito moi rápido, por exemplo, durante episodios torrenciais. Estes valores baixos de DBO correspóndense con ríos de cabeza de cunca e ben reforestados, como é o caso do curso alto do val de San Fins, onde predominan as augas oligotróficas, xa que os arrastres de solo son pequenos, o que por outra banda resta credibilidade á hipótese da existencia dun fondo natural de metais que puidese impedir o cumprimento das NCA. Por outra banda a DQO é superior (valores de 5 mg/L), indicando que os procesos de oxidación na columna de auga se deben fundamentalmente á presenza de partículas inorgánicas e en menor medida a presenza de materia orgánica.

Conclúese por tanto que a presenza de metais pesados disoltos nas augas superficiais abixo da explotación mineira é consecuencia do mecanismo de produción de augas ácidas de mina. Mentres que a existencia dun rango detectábel de fondo natural de metais non pasa de ser unha mera conxectura ao servizo dos intereses da peticionaria: evitar a responsabilidade das verteduras (que correspondería á Natureza), evitar os custos do tratamento das augas precisos para cumprir as NCA no medio receptor, e evitar e amparar a falta de avaliación de impacto ambiental para o conxunto da actividade mineira.

Perante a existencia en San Fins dunha grave situación ligada á produción de drenaxes ácidas de mina, aconséllase establecer as seguintes prioridades:

1. De considerarse ambiental e economicamente viábel a continuidade da explotación, **debe proporse un sistema de tratamento de augas ácidas de mina que garanta o cumprimento das NCA no medio receptor**. Neste sentido, véxanse os comentarios específicos sobre o sistema de tratamento realizados no correspondente apartado. O tratamento debe en todo caso prever o sistema a utilizar durante a fase de explotación e tamén para a fase posterior ao peche da mina, e que deberá probabelmente manterse activo durante décadas; en particular na medida en que non se prevé o reenchido das galerías e selado das entradas que as airean.
2. **Non se debe permitir o baleirado das augas procedentes das plantas inundadas (5ª a 8ª)** en ausencia de tratamento para as mesmas que garanta o cumprimento das NCA no medio receptor. A vertedura sen tratamento axeitado sería unha temeridade en termos de riscos para a saúde e o ambiente. Tamén se debe considerar que, aínda que lonxe de ideal, a inundación das labores por debaixo do transversal de desaugue aberto en 1982 á altura de 4ª planta mantén os espazos inundados nunha situación anóxida nunha zona que ten aínda maior potencial de xeración de AMD, dada a súa extensión. O baleirado forzado non só implicará a vertedura dun enorme volume de augas xa contaminadas, senón que exporá quilómetros de galerías aos procesos de oxidación xeradores de augas ácidas de mina. Deste modo, é previsíbel que os achiques forzados posteriores ao baleirado inicial (mesmo que cun menor tempo de residencia) supoñan a inxección ao medio de augas ácidas de mina con maior acidez e concentracións de metais pesados do que xa presentan na actualidade.
3. Independentemente do anterior, e ante o custo económico do tratamento das augas ácidas de mina durante décadas, ou mesmo centos de anos, **débesse reconsiderar o propio proxecto de explotación e plan de restauración actualmente vixentes, e que en ningún momento consideran a existencia, impactos ou tratamento das drenaxes ácidas de mina**. A falta de avaliación de impacto ambiental contribúe á omisión deste grave problema ambiental e de saúde pública. Atendendo ás prácticas habituais en Europa na industria mineira para a minimización e eliminación de drenaxes ácidas, sería oportuno considerar a posibilidade de iniciar o recheo das zonas xa explotadas e esgotadas cos entullos xerados, de modo a evitar ou reducir a presenza de osíxenos nos sectores; contribuíndo deste xeito a reducir a acidificación das drenaxes e, por conseguinte, a disolución de sustancias perigosas. Ata o momento, os entullos foron vendidos na súa maior parte como áridos para a construción (sen atender aos riscos ambientais e para a saúde que iso terá suposto, por exemplo nos lixiviados de metais pesados de infraestructuras como estradas construídas con materiais procedentes de escombres de mina, véxase Arias et al., 2001), cando terían sido peza esencial no proceso de restauración. En todo caso, a fase de clausura debería prever o selado de todos os puntos de entrada de osíxeno para reducir ao máximo as reaccións oxidantes (Hill e Bates, 1979), algo que non contempla o actual plan de restauración.

2.3. Os lixiviados das escombres

As escombres de mina son, de forma xeneralizada, unha fonte de contaminación por drenaxes ácidas de mina seguindo os procesos xa expostos. Os denominados estériles, que con frecuencia supoñen máis do 90% das zafras extraídas, son residuos mineiros considerados como tais por careceren de concentracións suficientes dos minerais explotados comercialmente no xacemento. Estes residuos son depositados en escombres despois da súa trituración e beneficio, que aumenta tanto a superficie de exposición como a concentración dos elementos metálicos en procesos de separación química e mecánica. Nas

escombeiras, a interacción de auga e osíxeno coas piritas provoca reaccións de oxidación, xerando drenaxes ácidos que lixivian os metais pesados presentes nos residuos e que, dada a disposición das propias escombeiras, transportan estes contaminantes para o cauce fluvial.

Para axudar a caracterizar os materiais das escombeiras dispónse, ademais do indicado no informe de Macías Vázquez et al., dos datos ofrecidos polo xa referido estudo *Posibilidades de explotación de yacimientos de estaño-wolframio y molibdeno en mineralizaciones filonianas tipo San Finx* publicado polo Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en decembro de 1981, e dos artigos de Álvarez et al. (2003), referidos polos alegantes. O primeiro documento inclúe un estudo xeoquímico das escombeiras, na que se tomaron 5 mostras. Nestas mostras, o cobre varía entre 420 e 3360 mg/kg, o arsénico entre 16 e 420 mg/kg, o estaño entre 505 e 4949 mg/kg, e o volframio entre 88 e 1036 mg/kg (p. 43). O IGME conclúe, de feito, que a "*presencia de Cu en cantidades económicamente aprovechables en la escombrera*" xustifica "*realizar un desmuestre sistemático en las escombreras de la mina y cubicarlas*" (p. 44).

No estudo de Álvarez et al. (2003) dividiuse a zona de escombeiras en catro áreas, extraendo entre 5 e 10 mostras en cada unha das áreas. O pH oscilou entre 3 e 5, cunha media de 4.26. Os valores de pH máis baixos son explicados polas autoras como consecuencia da oxidación de minerais sulfurosos presentes nos materiais da escombreira. As concentracións de metais pesados no solo varían entre 4315 e 31578 mg/kg para ferro (media 14943), 273 e 5421 mg/kg para cobre (media 1492), 294 e 2105 mg/kg para o manganeso (media 953) e 73 e 894 mg/kg para cinc (media 242). Débese indicar que as concentracións de metais pesados tenden a seguir unha distribución lognormal, sendo máis común establecer a mediana ou a media xeométrica. Álvarez et al. (2003) indican que os minerais primarios de cobre e cinc eran sulfuros, mentres que o ferro e o manganeso se presentaban como óxidos, oxidróxidos e sulfuros. As elevadas concentracións de cobre, cinc e manganeso son explicadas pola "*oxidación de materiales piríticos.*" **Todas as mostras correspóndense coa fracción inferior a 2 mm, que é a fracción que goberna as propiedades químicas do chan.**

Finalmente, en decembro de 2016 o equipo de Macías Vázquez et al. realizou un "*muestreo de la escombrera*", sen indicar o número de mostras tomadas ou a súa localización, que fan que o estudo careza de valor. Os resultados preséntanse na tabela n.º 7 (p. 42), **pero nesta tabela apenas se mostran as propiedades xerais (incluíndo o pH) das gravas, omitindo a caracterización dos finos, que evidentemente teñen o maior impacto na calidade da auga.** Nada se indica sobre o método utilizado para a medición do pH do sedimento. Sí se presentan as concentracións de metais pesados nos finos (asumindo que se trata da fracción < 2mm), e que son similares á presentadas nos estudos de 1981 e 2003, aínda que neste caso non se indica o rango de valores (mínimos e máximos) nin se a cifra tabulada se corresponde coa media ou a mediana (dada a distribución lognormal das concentracións, a media pode ser moito maior do que a mediana.): 850 mg/kg de cobre; 880 mg/kg de manganeso; 560 mg/kg para cinc. A continuación o Informe comenta únicamente os datos relativos ás gravas indicando que estas non causan "*afeccione[s] ni por acidificación ni por lixiviación.*" O problema dos finos "soluciónase" sumariamente indicando que serían o componente minoritario das escombeiras (<5%), concluíndo que "*los datos sobre el efecto de las escombreras, basados en los datos de una fracción de tamaño muy minoritaria (< 2mm) no son adecuados para establecer sus riesgos potenciales.*" Parece ignorar que unha pequena cantidade de sedimentos finos pode ter un efecto moito maior sobre a calidade da auga do que unha gran cantidade de sedimentos grosos. E isto sen que se achegue un estudo granulométrico representativos das distintas escombeiras que permita cuantificar a porcentaxe real de finos e das restantes fraccións granulométricas.

Chama a atención esta última afirmación, que non só contraría as metodoloxías establecidas no campo da edafoloxía se non que coa propia traxectoria do primeiro dos autores do informe

de Macías Vázquez et al. **A fracción inferior aos 2 mm é utilizada de xeito practicamente universal para as análisis químicas e mecánicas, pois é nesta fracción (chamada "terra fina" ou "fine earth") onde se encontran a inmensa maioría das superficies reactivas do chan.** As gravas, pola contra, son moito menos reactivas e, por tanto, teñen menor influencia sobre o chan e o meio, de modo que, por regra, só é relevante coñecer a súa proporción nunha determinada mostra, e non a súa caracterización xeoquímica.

O dato do Informe de Macías Vázquez et al. estimando o volume de finos da escombreira no 5%, resulta igualmente problemático, dado que sería unha proporción inédita respecto a minas con semellantes características, incluídas de volframio en zona de granitos (Quintas Vázquez e Macías Vázquez, 1992) con proporcións do 50%. A fracción fina da escombreira de San Fins fora caracterizada por Álvarez et al. (2003), mostrando un indiscutíbel escenario de produción de drenaxes ácidas de mina con altos contidos de cobre e cinc. Minimizando esta realidade, o Informe de Macías Vázquez et al. usa a estimación do 5% para sinalar que o estudo da escombreira deixaría fora o 95% da mesma; para a continuación presentar unha caracterización mais detallada da fracción de gravas, que resultaría menos alarmante. **Frente a este proceder, cómpre sinalar que nos estudos de solos de escombreiras, o que se caracteriza é a fracción fina, por ser a que goberna as propiedades químicas do solo.**

Este feito é necesariamente coñecido polo menos por algúns dos autores do informe de Macías Vázquez et al., pois utilizaron idéntico método ao aplicado por Álvarez et al. (2003) en estudos para caracterizar outras escombreiras de minas. No estudo "*Datos para la recuperación de suelos de minas de Galicia*", Quintas Vázquez e Macías Vázquez (1992), no que se caracterizan os solos de 11 escombreiras galegas (sendo a proporción de gravas mais elevada do 72%, lonxe da estimación do 95% presentada para San Fins), os autores utilizan a fracción < 2 mm (e só a fracción < 2 mm) para determinar textura, pH (en auga e KCl), pH de abrasión, % de C e N, P asimilábel, capacidade de intercambio catiónico e concentracións de Mg, Al, Na e K. No artigo "*Caracterización de los suelos de la escombrera de la mina Puentes (La Coruña) en proceso de restauración ambiental*", Monterroso Martínez, Álvarez Rodríguez e Macías Vázquez (1993), non se dubidou tampouco en utilizar a fracción <2 mm para caracterizar os solos da escombreira. Noutro artigo metodolóxico dos mesmos tres autores (Monterroso Martínez, Álvarez Rodríguez e Macías Vázquez, 1999), considérase a aplicabilidade do reactivo Mehlich 3 (M3) á fracción <2 mm. **Por tanto, na medida en que a análise da fracción < 2 mm continúa sendo, a día de hoxe, a metodoloxía xeneralizada e validada para a caracterización dos materiais de escombreiras (i.e., Wang e Liang, 2015; Schneider et al., 2010; McGrath, Zhang e Carton, 2004), e en xeral de todos os tipos de solos, o argumento arguido por Macías Vázquez et al. para excluír os resultados analíticos da caracterización xeoquímica das escombreiras de San Fins carece de rigor e base científica.**

Por outra parte, mesmo coa caracterización que Macías Vázquez et al. ofrecen para a fracción superior a 2 mm (as gravas), non hai base para excluír o risco de lixiviación, sobre todo se, atendendo aos datos proporcionados por Álvarez et al. (2003), temos en conta que o cobre e cinc se presentan como sulfuros mentres o ferro como óxidos, oxidróxidos e sulfuros. Se ben Macías Vázquez et al. indican que "*El F [sic., Fe?] no es un elemento tóxico, sino un aliado por su gran facilidad para retener aniones y metales pesados*" (p. 40), sendo a primeira afirmación falsa, unha vez que o Ferro sí pode ser un elemento tóxico dependendo da concentración e a segunda relevante para o oxianión de arsénico, máis non para os metais pesados en xeral, non sinalan que a piritita (FeS_2) é unha compoñente importante dos relaves mineros. Cando a piritita se oxida, o Fe libérase na forma oxidada de Fe^{+3} . Só se neste punto o Fe precipita como FeO (OH), pode inmovilizar As. Isto queda aínda máis en evidencia considerando a caracterización da fracción fina (ante a que mesmo Macías Vázquez et al. recoñecen que, "*Lógicamente los*

finos tienen una mayor concentración de metales"), que nos coloca de forma evidente nun escenario para a formación de augas ácidas de mina.

Macías Vázquez et al. indican que "*La última vez que se expidió material de la escombrera fue después de la última parada [imaxinamos que se refiren á de 1990] y duró prácticamente hasta el año 2008; cuando se eliminaron 200.000 m³.*" A explicación achegada por Macías Vázquez et al. para a eliminación dos materiais de escombreira ("*se han utilizado como árido de construcción en repetidas ocasiones*") resulta igualmente problemática á vista da súa caracterización. A venda dos entullos de escombreira, mesmo que lucrativa para a concesionaria, está lonxe de supor unha solución a un problema, supoñendo pola contra a dispersión do mesmo, como ilustra o estudo de Arias et al. (2001) sobre a contaminación de solos próximos a estradas construídas con entullos procedentes da mina de Touro (A Coruña).

En base ao anterior, aconséllase establecer as seguintes prioridades:

1. Débese realizar unha caracterización rigorosa das escombreira e un levantamento topográfico do seu conxunto, apreciándose diverxencias entre as zonas de escombreira sinaladas pola empresa na documentación da solicitude de autorización de vertedura e a documentación anterior, que reflicte a existencia de zonas adicionais de escombreira non incluídas nos circuitos de recolla de augas de contacto.
2. En función desta caracterización e levantamento é necesario realizar unha correcta xestión que minimize a xeración de drenaxes ácidas de mina nas mesmas. Esta xestión debería incluír:
 - 1) a retirada dos entullos presentes por debaixo dos canais de garda así como no propio cauce fluvial do río San Fins (particularmente no tramo do cauce natural actualmente invadido polas balsas de decantación final) así como no cauce natural do rego da Cernadela (actualmente desviado por unha canle);
 - 2) O tratamento das augas de escorra das escombreira, que na actualidade non se realiza. O canal de garda que atravesa a escombreira desauga na actualidade nas balsas de decantación final, misturándose con outras augas ácidas de mina procedentes do transversal T4, para a continuación seren vertidas ao río San Fins. O proxecto de autorización de vertedura non contempla o tratamento das escorras da escombreira, precisamente en base á pretendida caracterización como inertes e non contaminantes.
 - 3) A revisión do disposto no plan de restauración, relativo á revexetación da escombreira, así como á viabilidade legal e ambiental de permitir a venda de materiais da escombreira pola dispersión de substancias contaminantes.

2.4. As presas de colas mineiras

No curso do río San Fins existen dúas presas de colas mineiras, situadas, a primeira delas (à que se refere en diversa documentación como "presa n.º 1" ou "presa menor") a 50 metros das balsas de decantación final; mentres que a segunda delas (referida na diversa documentación como "presa n.º 2" ou "presa maior") a uns 400 metros do mesmo punto (ver **Figura 9**). As presas foron descritas en detalle por sendos informes de Augas de Galicia de febreiro e xuño de 2017, tendo a maior 12,1 metros de altura e 50,7 metros de cumprimento, e a menor 5,6 metros de altura e 21,4 metros de cumprimento.

Estas dúas presas de colas foron construídas en 1928 e 1939 como parte do "sistema de clarificación" das augas procedentes da explotación das minas de San Fins. A problemática da contaminación do cauce polas sucesivas concesionarias ao longo do tempo está recollida con maior detalle no Informe Histórico, polo que non se abundará máis no referente ás queixas municipais por "*enturbiamiento de aguas*" e "*escombros*" (1921), "*arena depositada*" (1923),

"gran acumulación de escombros procedentes del laboreo de las minas" (1924), etc., culminando no que desde a propia Alcaldía de Lousame se considerou como o "verdadero desastre de 1960" e a "catástrofe de 1960." A finalidade das presas era decantar os elementos en suspensión procedentes das minas, particularmente os lodos e áridos xerados nos arrastres das escombreira. Ambas as dúas presas formaron parte das instalacións descritas nos sucesivos plans de labores, ata que, inexplicabelmente desde o punto de vista legal, se omiten nos proxectos de explotación e restauración aprobados en 2009, non constando que desde aquel momento as concesionarias teñan realizado calquera acción de mantemento ou monitorización.

Como refire Peón Martínez (1940: 33), *"En los años 1.924 y 1925 se construyeron tres estanques de decantación para recoger la grava y arena estériles del lavado, que lleva las aguas en suspensión al objeto de que estas aguas vertiesen en el río debidamente clarificada."* Estes estanques, á vista dos planos, encontrábanse situados sobre as propias escombreira do Páramo, sendo eliminados coa supresión parcial das escombreira con posterioridade a 1996. Ante a insuficiencia destas balsas de decantación, continúa Peón, **"Más tarde, en 1.928, se construye un muro-presa de 4 metros de altura, cerrando transversalmente una cañada y constituyendo un envalse [sic] de 4,200 metros cúbicos de capacidad, como complemento del sistema de clarificación y es donde se decantan las arenas que no fueron retenidas en los depósitos anteriores"** (id.). Esta instalación é referida como presa n.º 1 ou presa menor.

Perante as queixas continuadas pola contaminación do río San Fins (que recolle o Informe Histórico), constrúese a referida presa n.º 2 ou presa maior (Peón Martínez, 1940: 33):

Con el fin de completar éste sistema de clarificación, se proyectó y construyó últimamente, en 1939 otro depósito de decantación de aguas, aprovechando una garganta natural del terreno y formando con azud una presa en la que las aguas sufren una suficiente pérdida de velocidad y la decantación se lleva a cabo con los resultados convenientes, que son los de que las aguas sean utilizadas en los diversos usos públicos. El volumen del embalse es de 8.400 metros cúbicos. Este depósito recoge las arenas y lodos —sobre todo estos últimos— que escapan de los anteriores estanques de decantación, con lo cual y en virtud del respetable volumen de dicha balsa, las aguas, al quedar casi en reposo, permiten favorablemente la acción sedimentaria de los materiales en suspensión en un gran recorrido y durante el tiempo suficiente para conseguir la clarificación, ya que siendo el volumen de aguas a clarificar de 34 metros cúbicos hora, se tarda unos 10 días en llenar el embalse. Además se sabe que el volumen de lodos y arenas que las aguas llevan en suspensión es el 0,83 por % del volumen de éstas y suponiendo que los lavaderos trabajen a plena carga las 24 horas del día y 300 días al año, el volumen de sedimento será de 2.000 metros cúbicos por año y por tanto el embalse se tarde en llenarse cuatro años. Será preciso hacer la limpieza cada cuatro años y de esa forma conseguimos la total captación de las arenas e impurezas de las aguas dejando éstas en buenas condiciones para el uso público.

Mesmo que a día de hoxe as solucións proxectadas entre 1924 e 1939 en pleno cauce fluvial, serían impensábeis, a súa mera existencia ilustra, por unha parte, o problema histórico que supoñen as verteduras procedentes da Mina de San Fins e a complexidade das instalacións realizadas para tentar minimizalas, e por outra, o notábel desafío que presenta a restauración desta área de depósito de residuos mineiros, en pleno cauce fluvial. Os antecedentes e incidentes destas dúas presas (particularmente a chamada "catástrofe de 1960") son particularmente úteis para entender os datos sobre concentracións aluviais de metais pesados presentes no estudo do IGME de 1971. Aínda que non se dispoñen datos precisos sobre os recrecidos da presa ou eventuais baleirados practicados polos sucesivos titulares mineiros, parece que a capacidade inicialmente prevista de 8.400 m³ da presa maior se terá incrementado ata o punto actual, onde un tramo considerábel do val fluvial se encontra totalmente colmatado de residuos mineiros. O informe de descrición das presas de febreiro de

2017 estima a acumulación de residuos na presa maior en 33.879 m³, mesmo recoñecendo o importante grado de incertidume, por descoñecer a cota real do leito orixinal (que podería determinarse facilmente através de sondeos, como indica o propio informe). De feito, a comparación do perímetro da páxina 17 do informe coas fotografías aéreas de 1945-1986 da páxina 3 ilustran a exclusión de parte da cola da presa na estimación. A diverxencia entre a capacidade proxectada inicialmente e a actual débese non só acumulación progresiva colmatando tamén a zona de cola máis aos propios recrecidos practicados na presa.

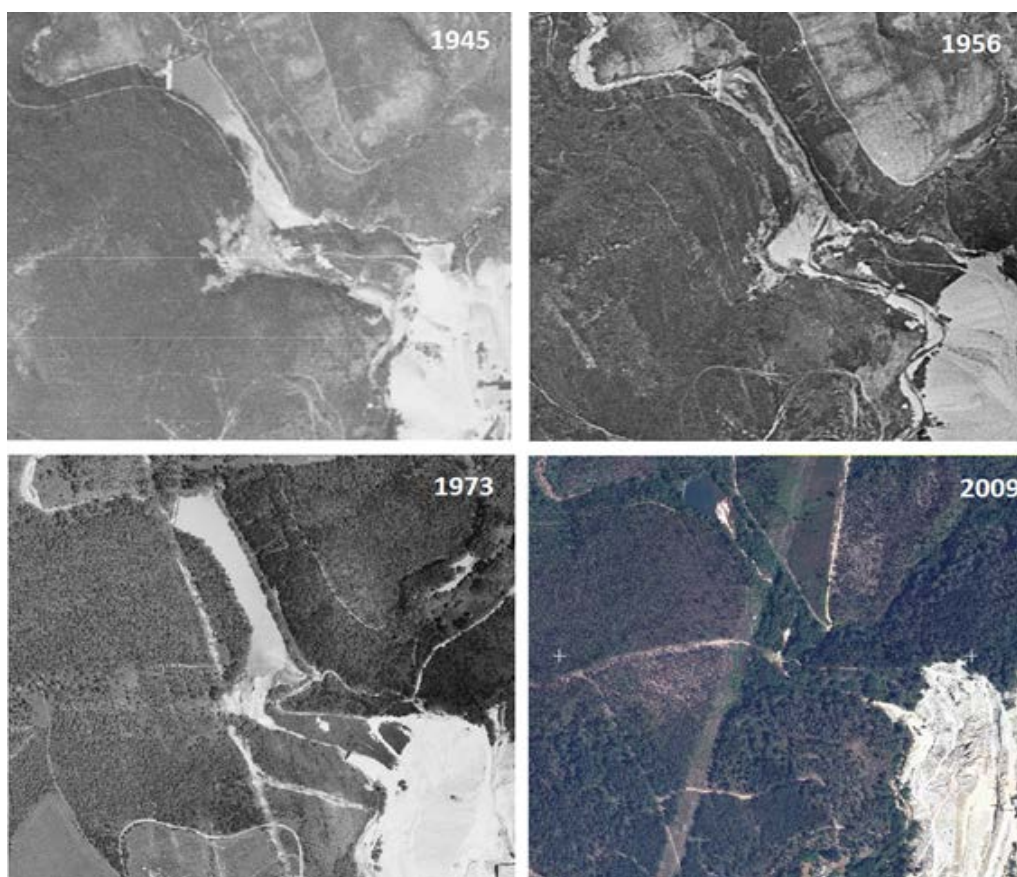


Figura 9 Sucesión de ortofotografías disponibilizadas polo Centro Nacional de Información Geográfica, correspondentes cos voos de 07/10/1945 (5 anos despois da construción da presa maior ou n.º 2), 01/07/1956, 1973 e 2009.

Considerando a documentada historia de ambas presas mineiras, que se suma aos Plans de Labores de sucesivos titulares mineiros, sorprende que o informe de Augas de Galicia use unha expresión tan cautelosa como que "*todo parece indicar que os sedimentos acumulados proceden dos arrastres da explotación mineira.*" Non se achegan datos sobre a súa caracterización e riscos, por non ser "*un dos traballos incluídos no obxecto desta asistencia técnica avaliar a composición química dos sedimentos.*" Ante a falta de datos que caracterizen os lodos e gravas acumulados, neste subapartado inférense os procesos e riscos asociados ás presas, á luz da observación visual en superficie e da literatura existente sobre situacións similares. Mesmo así, a súa caracterización precisa é necesaria non só para avaliar os riscos asociados á presenza dos residuos no cauce fluvial, máis tamén para calcular os custos da restauración da zona de Dominio Público Hidráulico e terrenos adxacentes igualmente afectados pois, como ben apunta o informe de Augas de Galicia, a xestión deses residuos debe atender á natureza dos mesmos.

A presa forma na actualidade un humidal artificial derivado da colmatación da presa de colas, que acarreta a aparición dunha ampla superficie con baixa pendente. Ao seu paso, unha parte dos metais pesados procedentes da mina coprecipitan xunto cos oxihidróxidos de ferro. A precipitación de metais en zonas de humedais (particularmente para Fe, Cu, Zn, alén doutros elementos) é sobradamente coñecida, e mesmo se ten utilizado de xeito controlado, como sistema de bioremediación (Brooks, Dunn e Hall, 1995), aproveitando as reaccións de hidrólise e formación de sulfuros insolúbeis pola acción biolóxica. Este fenómeno é observábel a simple vista, tanto polos precipitados de Fe visíbeis nas zonas de menos movemento de augas, como polos exudados de Fe que manan polas comportas obstruídas e infiltracións dos muros de ambas as dúas presas. A pesar da súa aparencia, estes exudados presentan con certeza valores de metais pesados inferiores ao da propia auga superficial no mesmo punto, non sendo o principal problema, pero sí un indicativo da existencia do mesmo. Deste xeito, a zona de colmatación creada pola presa ven actuando como un "**sumidoiro de metais pesados**" ("*chemical sinks*") (Miguel-Sarmiento, A. et al., 2009), que quedan retidos nos sedimentos acumulados pola presa. **Aínda que este proceso non reduce significativamente a carga contaminante da auga superficial, sí transforma os miles de metros cúbicos de residuos mineiros retidos nas presas nun importante foco secundario de contaminación e nun elemento de alto risco, cuxo potencial de mobilidade debe ser considerado.**



Figura 10. Precipitados de Fe no embalsamento que forma a presa n.º 2 Fotografía tomada en agosto de 2017.

Outro factor de risco asociado á precipitación en zonas de humedais está relacionado coas alteracións hídricas estacionais que inflúen nas condicións de saturación que permiten a retención dos precipitados. As secas estacionais, como as que se producen no val de San Fins, con importantes variacións de caudal, producen a oxidación de sulfuros e a formación de sais que, non obstante, voltan a mobilizarse na seguinte estación de enchente, xunto con ácido sulfúrico e os metais previamente precipitados (Lottermoser, 2007). Isto é especialmente evidente na presa n.º 2 e no tramo de cauce inmediatamente posterior á mesma, este último totalmente recuberto de precipitados nos períodos de seca, pero que se mobilizan coas primeiras chuvias intensas, producindo presumiblemente momentos de intensa descarga augas abaixo. A presenza de estacións de control de augas permanentes que permitan avaliar as variacións estacionais axudaría tamén a documentalas.

Este mecanismo de precipitación de metais en humedais, con límites descoñecidos de acumulación (Kalin, 2004) e derivados dunha situación totalmente incontrolada, non deseñada e non planificada como a de San Fins, conleva que o humedal e os propios metais contidos na presa supoñan un factor de contaminación periódico, **aínda na eventualidade de que se solucionase a situación das augas procedentes das galerías e das escombreyras**. Por estes motivos, non parece prudente excluir a eliminación dos depósitos de residuos mineiros que supoñen estas dúas presas e a restauración do cauce natural ao seu paso, da solución integral que debe representar a autorización de verteduras. Se ambas fontes de contaminación, derivadas da mesma fonte (a mina) non son tratadas en conxunto, mesmo que se conseguisen depurar os efluentes contaminantes que chegan ás presas, inmediatamente despois de seren vertidas as augas estarían novamente expostas a seren contaminadas cos mesmos metais pesados acumulados en forma de entullos nas 2 presas de colas. Trátase dunha situación semellante á que acontece co proxecto de tratamento que exclúe o tratamento das escorras da escombreyra: unha vez que supostamente as augas de galería terían sido tratadas e alcanzan as balsas de decantación, misturaríanse coas augas ácidas de mina das escorras da escombreyra recollidas polo canal de guarda que a atravesa e que desemboca nas balsas de decantación.

Se ben a materia orgánica presente na zona colmatada favorece a precipitación dos metais pesados limitando temporalmente a súa biodisponibilidade, prodúcese paralelamente unha mineralización da materia orgánica que eventualmente, e tratándose dun proceso non controlado, acaba por acumular e liberar metais pesados en formas novamente biodisponíbeis (Azevedo Silveira et al, 2003), actuando como "bomba química de reloxa" (Ciadamidaro, 2013). No caso da presa maior, tense establecido *Betula sp.* sobre a zona de acumulación de residuos, unha especie con grande capacidade de acumulación de metais e que por iso mesmo é considerada indicadora da contaminación por metais pesados (Marguí et al., 2007; Dmuchowski et al., 2014). A combinación da presenza significativa dunha especie de crecemento rápido, folla caduca e grande capacidade de absorción de metais en zonas contaminadas pode presentar un horizonte problemático: os metais pesados bioacumulados regresan ao solo e ao cauce en forma orgánica coas follas caídas que, unha vez disoltas, acaban novamente no medio de forma biodisponíbel.



Figura 11. Precipitados de Fe no curso fluvial posterior á presa n.º 2. Fotografía tomada en agosto de 2017.

Ao anterior súmase o risco evidente de rotura, inmente a tenor do estado das comportas, de ambas presas de colas. No caso de se producir unha rotura ou desbordamento, mobilizaríanse millares de metros cúbicos de lodos, precipitados de metais pesados e outros residuos de minería metálica subterránea que se veñen acumulando ininterrompidamente durante os últimos 90 anos. Esta mesma conclusión é á que chega o informe de Augas de Galicia sobre as presas, no que se apunta: ***“No caso da presa 2, cuxo encoro se encontra practicamente colmatado, ao estar situada augas abaixo e ter unha maior altura, o arrastre dos materiais podería producir un importante impacto ambiental coa eventual rotura da presa”*** (negrito noso).

En conclusión, tanto as presas como os residuos mineiros nelas contidos deberían seren merecedoras da atención prioritaria da Administración. Parece evidente a necesidade de determinar e monitorar, por medio dos procedementos de auscultación, a integridade e seguridade das estrutura das presas, en particular das comportas, de modo a garantir que non se produza unha falla estrutural que poña en risco a poboación, os ecosistemas e os recursos marisqueiros augas abaixo. Deberíanse tamén caracterizar da forma máis precisa posíbel a natureza e volume dos residuos mineiros acumulados, de modo a determinar a forma máis segura e de menor impacto para a súa eventual remoción e tratamento controlados. O informe descritivo realizado por Augas de Galicia en febreiro de 2017 é un bo punto de partida, que ademais apunta xa para a necesidade tanto de proporcionar unha cubicación máis precisa do volume de residuos acumulados mediante a práctica de sondeos, que permitan determinar a cota real do leito orixinal, como caracterización química dos materiais.

Concordando igualmente co expresado no referido informe, que indica que *“De cara á restauración da zona do Dominio Público Hidráulico, sería preciso retirar os áridos acumulados nos dous enconros e realizar a xestión dos mesmos segundo corresponda en función da súa natureza”* e proceder igualmente á demolición das presas, considérase que a remoción total dos residuos e das propias presas e a restauración do val fluvial ao seu estado natural debe ser o horizonte a alcanzar no prazo máis breve posíbel, sendo o único que eliminaría os riscos asociados á situación actual. **Considérase ademais que esta restauración debe ser previa á autorización de verteduras, unha vez que a permanencia deste “sumidoiro de metais pesados” poderá anular calquera solución adoptada augas arriba.** Neste sentido, calquera fraccionamento de proxectos, autorizacións e trámites administrativos asociados á mesma explotación mineira debe ser sospeita de fraude de lei, nos termos da lexislación de impacto ambiental, que a proscribe con sanción de invalidez e ineficacia as autorizacións administrativas e as propias declaracións responsábeis asociadas (Art. 9 da Lei 21/2013 de Avaliación de Impacto Ambiental). Disociar o presente expediente de verteduras, do correspondente á restauración dos espazos afectados polas presas mineiras, e ambos do global de avaliación de impacto ambiental, parece unha estratexia clara de fraccionamento de proxectos destinada a obter as autorizacións sectoriais que permitirían poñer en funcionamento a explotación mineira mentres que, analizada no seu conxunto, tería que estar sometida a mais rigorosos requirimentos.

2.5. Unha "bomba química de relaxaría"

Unha *“chemical time bomb”* (*“bomba química de relaxaría”*) fai referencia a unha cadea de eventos ou procesos que provocan de xeito diferido e repentino efectos dañinos sobre o ecosistema a causa da mobilización de elementos químicos acumulados nos solos, sedimentos ou depósitos (Stigliani, 1991). Como foi exposto, os sedimentos teñen unha notábel capacidade de almacenar e manter en condicións de inmovilización substancias tóxicas perigosas, xerando os chamados *“sumidoiros químicos”* (*“chemical sinks”*). Estes sumidoiros,

non obstante, non eliminan os metais pesados, que apenas se inmovilizan (por veces de xeito precario e instábel) polas alteracións nas súas formas físicas e químicas (Förstner, 2003). O alto potencial adaptativo do ecosistema minimiza visualmente algúns dos impactos adversos destes elementos, de modo que, mesmo que os efectos da contaminación non se manifesten de xeito directo, a aproximación aos límites críticos (con frecuencia descoñecidos) continúa coa súa acumulación ambiental (Tack, 2010). A Axencia Europea do Ambiente explica estes límites (EAA, 1999: 191) en relación ás bombas químicas de relaxaría: "*Cando se excede a capacidade de almacenamento do solo en relación a unha determinada substancia, a substancia libérase ao ambiente. Esta emisión diferida de contaminantes é moi perigosa e convirte ao chan nunha 'bomba química de relaxaría'*". As variacións estacionais de caudal, un incremento significativo das emisións (por exemplo, polo baleirado das plantas inundadas da mina) ou a mudanza de calquera outro parámetro que poida influir na capacidade dos sedimentos para acumular e reter metais en formas non biodisponíbeis poden causar de forma repentina e imprevista a mobilización destas substancias (Stigliani, 1988).

Unha situación de bomba química de relaxaría fai con que sexa esencial coñecer a caracterización dos sedimentos e cales das súas propiedades controlan os niveis de toxicidade de diversas substancias perigosas, de que modo as alteracións nas propiedades dos sedimentos poden afectar á toxicidade das substancias que acumulan e reteñen, e que alteracións a curto, medio e longo prazo, tanto ambientais como antropoxénicas (desde as estacionais relacionas coas precipitacións ou as relativas aos periodos de retorno ata eventos como poderían ser a rotura das presas, o aumento da carga contaminante das drenaxes de mina ou a remoción dos sedimentos presentes na ría) poderían causar a "detonación" da bomba química (Hesterberg, Stigliani, Imeson, 1992). Esta caracterización debe servir tamén para evitar a diseminación deste problema, como xa foi referido para o caso do uso en construción civil dos materiais da escombreira, e como pode producirse cos sedimentos que se pretenden dragar no esteiro do Traba na ría de Muros-Noia (Cappuyns, Swennen, Devivier, 2005), neste caso coa oxidación de sedimentos anóxidos.

As tres fontes de emisións contaminantes referidas nos puntos anteriores (drenaxes ácidas de mina procedentes dos desaugues, lixiviación dos materiais das escombreiras e acumulación e descarga asociada ás presas de colas mineiras) así como a existencia doutros focos de contaminación secundarios causados pola actividade mineira noutros puntos do cauce e no propio estuario do Traba xa na ría de Muros-Noia, representan un factor de inestabilidade permanente en relación aos riscos asociados ao escenario de bomba química de relaxaría. Isto únese ás incertezas en relación a datos fundamentais, como a caracterización e volume dos sedimentos das presas, a extensión da invasión de cauces polos materiais de escombreira, a ausencia de datos de monitorización continuada da calidade das augas que permita entender as dinámicas estacionais, as dinámicas xeoquímicas das substancias precipitadas en relación á materia orgánica, o grado de bioacumulación na vexetación afectada e os ciclos de liberación de metais, etc. Por exemplo, considerando a dureza da auga do río San Fins á altura das presas (<10 mg/L), o esgotamento do CaCO₃ libre podería provocar unha queda significativa do pH, mobilizando de forma repentina niveis considerábeis de metais pesados (Tack, 2010).

Como xa se indicou, se ben o experimento de lixiviación que presenta o informe de Macías Vázquez et al. para mostrar o potencial de mobilización de certas especies metálicas é irrelevante para a determinación da existencia dun rango de fondo natural de metais que impida o cumprimento das NCA, o experimento si mostra como ese mesmo potencial de mobilización por oxidación de metais convirte aos quilómetros de galerías mineiras subterráneas xeradoras de drenaxes ácidas de mina así como os residuos mineiros presentes nas escombreiras e no propio cauce fluvial debido á acción acumulativa causada polas presas, en verdadeiras bombas químicas de relaxaría pola súa capacidade de afección ao medio e ás

poboacións de continuaren as prácticas negligentes no que ao seu control di respecto. Macías Vázquez et al. indican "*que el filón tiene una baja capacidad de neutralización de ácidos, de ahí que su reacción se vuelva hiperácida en condiciones oxidantes*" e aínda que "*el filón estudiado es muy rico en Zn, Cu, As, y Cd, siendo todos ellos elementos potencialmente lixiviables con el tiempo en agua y mucho más rápidamente si se producen condiciones de oxidación*" (p. 36).

O fragmento de filón do experimento de Macías Vázquez et al. (poñamos por caso que fose procedente da 6ª planta da mina de San Fins, a 133 metros de profundidade), **presenta a situación de partida, na que os metais pesados potencialmente contaminantes se encontran nun estado químico de inmovilización, insolúbeis, non dispoñíbeis para os sistemas biolóxicos e, por tanto, inocuos para o ecosistema e a poboación.** Non obstante, a apertura dunha galería ata a cota de 133 metros de profundidade, na que se encontra o filón mineralizado que contén cantidades significativas de substancias potencialmente perigosas, altera significativamente ese punto de partida, xerando drenaxes ácidas de mina polo proceso xa descrito, mobilizando as substancias e tornándoas biodispoñíbeis e tóxicas através dos transversais artificiais de desaugue (o máis recente e profundo, a cuarta planta, realizado en 1982) e o propio cauce fluvial. Deste modo, a creación da trama de galerías para a extracción mineral, sen considerar ningunha medida preventiva ou restauradora, xera un primeiro grupo de condicións que levou á situación de bomba química de relaxaría.

Por outra parte, a extracción do filón, para a trituración e separación dos elementos metálicos con valor comercial, implica unha nova alteración substancial fronte ás condicións que podería ter un afloramento superficial de rocha mineralizada. A artificial diminución do tamaño das partículas aumenta a superficie de exposición e, por conseguinte, a capacidade de produción de lixiviados e a biodispoñibilidade dos elementos tóxicos presentes. Se ben o pequeno anaco levado polo equipo de Macías Vázquez et al. para o seu laboratorio seguramente non terá implicacións ambientais, os chamados "estériles" na mina de San Fins puideron rondar os 4.000.000 de toneladas. Estas zafras foron expostas en escombreira á meteorización e lixiviado de elementos tóxicos durante periodos prolongados de tempo. Unha parte (descoñécese o volume actual das escombreira) continúa acumulada tanto nas zonas de escombreira como invadindo os cauces fluviaes e novos "estériles" son acumulados de forma continua, conforme avanza a extracción. Mesmo que a cuestionábel intención da concesionaria é reducir o volume acumulado vendendo estes residuos como "áridos" para obras públicas, espallando así a súa afección potencial, a escombreira de San Fins deberá acoller tamén os materiais doutras minas, sendo que os proxectos de explotación das minas de Santa Comba (Varilongo) e da Gudiña (San Juan) prevén que a totalidade do mineral extraído sexa procesado na planta de concentración de San Fins. A acumulación de grandes cantidades de residuos mineiros nunha localización a todas luces inapropiada (ao pé dun cauce fluvial) xera un segundo grupo de condicións para a existencia dunha bomba química de relaxaría.

Aínda, durante case un século, grandes cantidades de lodos, áridos e precipitados procedentes tanto das escombreira como das propias drenaxes ácidas de mina, acumuláronse sobre o antigo leito fluvial pola acción de dous depósitos artificiais (as presas de colas n.º 1 e 2), construídos polas concesionarias precisamente para a precipitación destes residuos mineiros, que deberían retirarse periodicamente, pero que, nas condicións actuais de abandono, supoñen un "sumidoiro" de elementos tóxicos con específicos riscos asociados ao mecanismo estacional de precipitación. En ausencia de procesos de remediación ou restauración, o abandono de instalacións críticas como as presas mineiras ou zonas de escombreira excluídas dos circuitos de tratamento de augas, e a inexistencia dun sistema de tratamento acorde ás necesidades dunha explotación mineira das dimensións de San Fins (independentemente de que se encontre con ou sen actividade extractiva), fai que esta situación, en termos de sistemas de modelos dinámicos, constitúa unha bomba química de relaxaría.

Nun escenario deste tipo, xa estudados para outras explotacións mineiras en contextos equiparábeis (Gruiz et al., 2002), non é posíbel eludirse da situación mediante artificios ou valoracións parciais sobre a "calidade biolóxica" do entorno, pois o potencial adaptativo deste, en ausencia de estudos e caracterización xeoquímicas que permitan comprender as dinámicas existentes, poden levar facilmente ao engano. Por exemplo, sería un erro interpretar a presenza de *Betula sp.* sobre a zona colmatada da presa n.º 2, sen considerar a capacidade de bioacumulación desta especie e o seu uso como indicador da contaminación por metais pesados (Marguí et al., 2007; Dmuchowski et al., 2014).

A moita menor escala do que a capacidade de afectación dos ecosistemas e saúde pública que presenta a situación de San Fins, pódese citar a rotura das balsas de residuos mineiros de Monteneme, outra explotación abandonada de volframio. Tratábase dunha presa considerada segura e con baixo risco de afectación ambiental polas Administracións competentes segundo o *Inventario Nacional de Depósitos de Lodos Mineiros* e que, non obstante, colapsou en 2014 liberando 24.000 m³ de auga e lodos cos consecuentes danos ambientais e económicos. Outros desastres mineiros, como o de Aznalcóllar ou Baía Mare, foron caracterizados no seu día como "bombas químicas de relaxaría" (Förstner, 2013). No caso de San Fins e por motivos que se descoñecen, as presas nin tan sequera foron incluídas no *Inventario Nacional de Depósitos de Lodos Mineiros*, sendo unha incógnita o seu estado e riscos reais.

3. SOBRE O SISTEMA DE TRATAMENTO PROPOSTO

3.1. Antecedentes

Na Memoria Técnica de "*Intensificación Puntual de Desagüe de la Mina de San Finx*", incluída no expediente de referencia, indícase que "*historicamente la Mina de San Finx, ha venido evacuando al río San Finx sus aguas de mina, no empleadas ni mezcladas con las aguas de proceso, desde los mismos orígenes de la explotación, siendo éste, conforme se verificará a continuación, el sistema de gestión de aguas de mina que ha aprobado la Autoridad Minera para el normal desarrollo de los trabajos de explotación*" (p. 5). Con esta expresión preténdese crear unha artificial separación entre as "aguas de proceso" e as augas ácidas de mina, dando a impresión que estas últimas non son igualmente residuais industriais e non teñen unha caracterización que ven dada por causa do proceso extractivo, co agravante de omitir mencionar o fenómeno de produción de drenaxes ácidas de mina, perfectamente coñecido no ámbito da minería metálica subterránea.

Tamén se omite a existencia dunha serie de infraestruturas mineiras que, ao longo dos anos, se construíron como parte das instalacións do Grupo Mineiro San Fins, para tentar minimizar, conforme os coñecementos da época, a contaminación fluvial causada pola explotación. No anterior subapartado sobre as presas de colas mineiras expúxose a construción polo grupo mineiro dunha presa de 4300 m³ en 1928 e doutra presa para 8400 m³ en 1939, aumentada con recrecidos e que foi protagonista da "*catástrofe de 1960.*" O dimensionamento destas instalacións, proxectadas unicamente para a retención dunha parte dos residuos en suspensión, e non para o tratamento de eliminación de metais pesados e outros contaminantes, ilustran a continuidade histórica do problema do tratamento das augas ácidas de mina e, como se verá, a falta de realismo e infradimensionamento das solucións propostas pola actual concesionaria mineira, á vista do problema.

Aínda que o expediente de autorización de verteduras se inicia en 2016, débese ter en conta entre os seus antecedentes a tramitación da concesión de augas DH.A15.27802, pola que a concesionaria obtivo autorización para utilizar as augas de mina, co condicionado de tramitar

autorización de vertedura. Na memoria inicial de marzo de 2010, a entón concesionaria Incremento Grupo Inversor S.L., indica que as augas [ácidas] de mina "se emplearán en las instalaciones mineras, quedando el excedente a disposición del organismo de cuenca", é dicir, vertidas ao DPH co seguinte "tratamiento" indicado no apartado "4.6. Tratamiento de aguas residuales" da solicitude de 2010:

*El transversal de Buenaventura es la única labor minera en actividad durante la primera fase de explotación. Aunque **en circunstancias normales el agua sale perfectamente limpia**, se prevé habilitar la balsa existente en las inmediaciones del transversal, dotándola de un dosificador de floculante catiónico tipo C₄₀ (**apto para su uso con aguas potables**).*

El agua de mina se conducirá mediante un canal hasta una balsa de decantación desde donde, se bombeará hasta la estación de bombeo de la balsa de la planta de tratamiento, o bien se incorporarán al dominio público hidráulico (Río San Finx) (negrito noso).

Isto é, o "tratamiento" inicial previsto para as augas ácidas de mina, "perfectamente limpia," era dosificar un floculante co único obxecto do "decantado [de] las arenas en suspensión que puedan llevar, ya que sus otras condiciones naturales no sufren ninguna alteración", verténdose directamente ao río: "En condiciones normales el agua fluirá directamente a cauce." Os puntos de vertedura a carón da T4 poden observarse nos Planos 2 e 3 da memoria inicial. Mentres tanto, as augas de mina resultantes de achique forzado desde o Pozo Novo non serían obxecto de ningún "tratamiento", verténdose directamente ao Dominio Público Hidráulico.

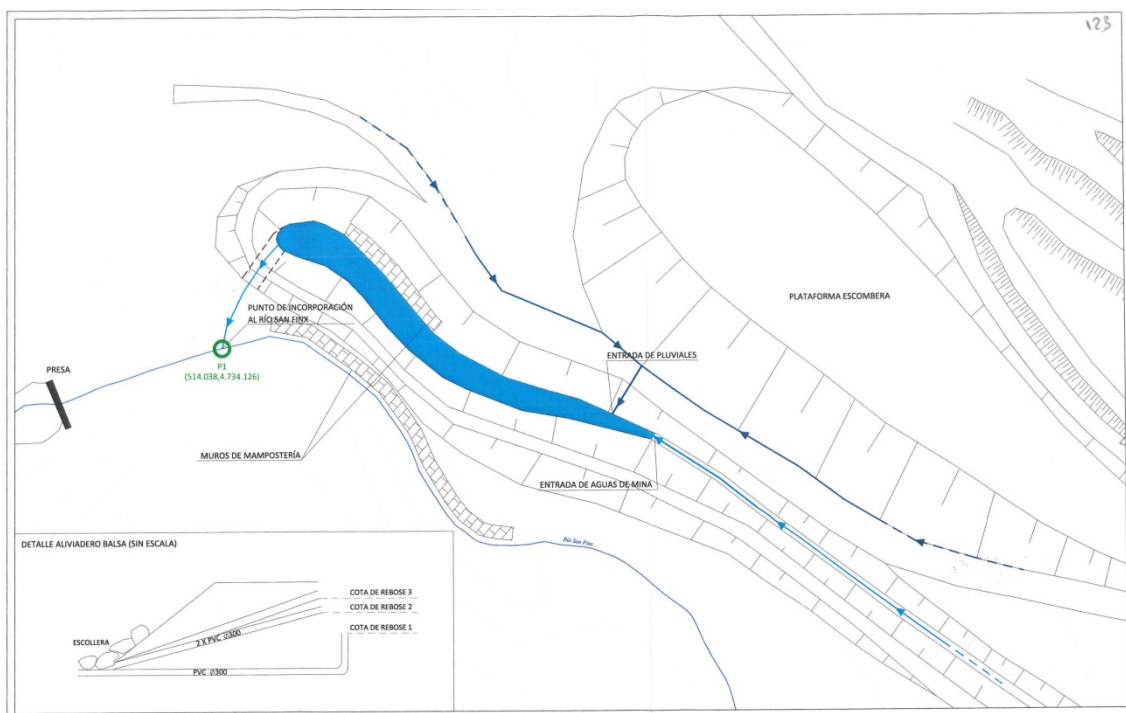


Figura 12. Plano da balsa de decantación final (fol 123, expt. DH.A15.27802).

O 28 de setembro de 2011 Augas de Galicia requírelle á solitante planos dunha "balsa de decantación final", indicando os fluxos de entrada e saída, e que lle é enviada o 13 de decembro de 2011 (*Plano 1. Circuito general de aguas; Plano 2. Circuito de aguas; Plano 3. Balsa de decantación*; ver **Figura 12**). Segundo os novos planos, as augas da T4 xa non se verterían no río San Fins de forma inmediata, se non que sería conducidas ata unha "balsa escombrera" ou "balsa de decantación final" a construír sobre o cauce do río na zona na que é desviado entre a escombreira e a presa n.º 1. Non figura no expediente documentación algunha relativa ao proxecto constructivo desta instalación de residuos mineiros, descrición

das súas funcións concretas ou tratamento aplicado. **Mesmo así, a concesión de augas é resolvida favorablemente en 2016, co condicionado de someter ao organismo hidráulico unha autorización de vertedura.**

Antes diso, a nova concesionaria, Tungsten San Finx S.L., presenta, en novembro de 2015 unha solicitude e memoria de "*Intensificación puntual de desagüe de la mina de San Finx*", dirixido non a Augas de Galicia senón á Dirección Xeral de Enerxía e Minas. Con esta solicitude o peticionario pretendía desaugar a totalidade das augas de mina sen aplicar calquera tratamento, en base á seguinte argumentación:

*El circuito de agua que se empleará será el mismo que existe actualmente, consistente en llevar el agua del pozo canalizada hasta la propiedad, en donde se conduce hasta las balsas y, de allí, se devuelve al cauce. **Es importante señalar que dichas aguas no entran en el proceso de tratamiento de mineral y cuya calidad natural no se altera, sino que se desaguan en las mismas condiciones en las que manan.*** (negrito noso)

Todo isto a pesar de contar e empresa con analíticas de 23/06/2015 nas que se evidenciaba que os efluentes do transversal T4 presentaban cantidades de cadmio, cobre, cinc e mercurio que superaban as NCA. Non obstante, o peticionario sinala que "*Es necesario obtener dicha autorización en el menor tiempo posible y con carácter urgente.*" En 16/03/2016 a Dirección Xeral de Enerxía e Minas solicita informe a Augas de Galicia sobre a solicitude de "*intensificación puntual de desagüe,*" que determina que a solicitude se debe tramitar conforme o procedemento regulado de autorización de verteduras. Por ese motivo, en 23/03/2016 a concesionaria presenta en febreiro de 2016 unha nova memoria, substitutiva da de novembro de 2015, na que se inclúe por primeira vez un "*Estudio de tratabilidad de las aguas de la mina de San Finx*" e un "*Proyecto constructivo de balsa de tratamiento*", que será esencialmente a proposta sometida a exposición pública do trámite de autorización de verteduras (DH.V15.54967). **No expediente figuran aínda diversos oficios posteriores da Dirección Xeral de Enerxía e Mina instando a Augas de Galicia a permitir a "intensificación puntual" á marxe do procedemento de solicitude de autorización de verteduras, que non obstante non teñen éxito no seu obxectivo.**

3.2. A proposta de tratamento de 2016

A raíz da referida solicitude de autorización de vertedura, o peticionario presenta un documento titulado "*Proyecto de solicitud de autorización de vertido en las instalaciones de la mina de San Finx*", asinado en xuño de 2016 por D. Cristóbal Piñón Fernández, e no que se reúnen os documentos previos. O proxecto foi modificado mediante Adenda de xullo de 2016 e Adenda de agosto de 2016, ao abeiro do artigo 247 do *Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico*. No período de alegacións diversas entidades asinalaron deficiencias notábeis no sistema de tratamento proposto, tomando en consideración a caracterización química e o volume de emisións, entre as que se citan:

- O tratamento de barreiras reactivas de caliza non está indicado para minas en activo con grandes volumes como 200 m³/h a seren tratados, senón para minas fechadas, requirindo tempos de retención que varían entre 15 horas e 25 días, en función dos materiais utilizados. Os métodos de tratamento activo de augas ácidas de mina, en particular, aquelas con abundancia de cadmio, cinc e cobre, en minas en activo, están baseados en plantas de tratamento (de tanques, serpentíns, cilindro rotatorio, etc.) que permiten tratar caudais de augas residuais de 200 m³/h e superiores.
- Para o dimensionamento das instalación non se tiveran en conta as máximas concentracións medidas de cadmio, cobre e cinc nas augas ácidas de mina.

- As características das verteduras post-tratamento, conforme ao proxectado, superaban as NCA-CMA para substancias como o cadmio, perigosa prioritaria.
- O volume de verteduras da bocamina Buenaventura estimárase en 45 m³/h a pesar de se achegaren datos recentes de 2015 nos que promediara 52 m³/h, e sen ter en conta máximos pluviométricos históricos. Tampouco se incluíu no dimensionamento os volumes de verteduras doutras bocaminas, como os Transversais a 2ª e 3ª planta.
- O tratamento proposto fundaba a súa aplicabilidade nos resultados dun experimento de laboratorio consisten en introducir o substrato calizo na mostra de auga residual estancada durante unha hora *“para asegurar el equilibrio químico”*, e repetindo o ciclo 5 veces: 5 horas de repouso. A relación de volume entre o substrato calizo e a auga a tratar foi de 1:2, isto é 1 litro de sustrato calizo (1,47 Kg), por cada 2 litros de auga a tratar. Non obstante, a proporción de caliza e o método usado en laboratorio, non gardaba relación co tratamento proxectado. Coa cantidade mencionada como referencia de sustrato calizo usada en laboratorio, 1,47 Kg, fose de cal, podería servir para tratar 2450 litros de augas residuais (a razón de 0,6 g/l), e non só 2 litros dunha mostra: o que explica os resultados do tratamento en laboratorio (con pH próximo a 9 usando caliza) e a súa rapidez (únicamente 5 horas). Téñase en conta que as reaccións químicas coa caliza son moi lentas, sendo sobradamente coñecida a cinética da aplicación da caliza. Non se xustifica o motivo (enténdese que puramente económico) de utilizar caliza como sustrato adecuado, fronte a fórmulas de maior eficacia técnica. A aplicación práctica do ensaiado consistiría en estancar partidas de auga de, por exemplo, 200 m³ (o caudal a achicar cada hora), engadirilles, 100 m³ de caliza, esperar unha hora, baleirar a balsa (incluíndo os lodos). Repetir o proceso outras catro veces, e recomenzalo con outros 200 m³ de augas ácidas e outros 100 m³ de caliza (147 toneladas).
- Mesmo no ensaio de laboratorio os resultados para o cinc superaban en mais de 3 veces o limite legal.
- O tratamento non contemplaba o principal problema dos métodos pasivos: o rápido recubrimento das partículas do reactivo, en particular debido a precipitados de sais e sulfatos cando a concentración de Fe e superior a 5 mg/L. Os lodos diarios que xeraría o tratamento estimáronse en 4,78 tn/día, que deberían ser retirados periodicamente e tratados. Contrariamente, o tratamento consistía nunha vertedura continúa sobre unha cama permanente de 504 toneladas de caliza a un ritmo de 200 m³/h que se evacuarían por medio dunha tubaxe de PEAD de 500 mm de diámetro perforada. Mentres que a cantidade de 504 toneladas sería suficiente para elevar o pH do caudal extraído durante 6 meses de achique, ao ritmo de 200 m³/h, sempre e cando se fose aportando e retirando en partidas pequenas, no proxecto técnico indicábase que as 504 toneladas, achegadas de golpe, terían *“una vida media de unos dos años, y se irá comprobando su reactividad con ensayos periódicos.”*
- O deseño das intalacións de tratamento, de tipo pasivo de barreira reactiva de caliza, indicaba que a sección libre de caliza da balsa sería de 0,3 m. Tomando como referencia un ancho de balsa de 10 m, a velocidade resultante sería de 0,0185 m/s, para o caudal de 200 m³, percorrendo 25 metros (máis da metade da lonxitude da balsa) en 22,5 minutos, mentres que o parámetro mínimo que considera a empresa INTACTA é de 36 minutos. Nada se indicaba sobre a procedencia do tempo de residencia da auga na balsa de tratamento, só o resultado final sen xustificación, cando precisamente este é o segundo grande inconveniente dos tratamentos con barreira de caliza: a necesidade de grandes balsas (e correspondente superficie de terreo) para conseguir baixas velocidades e elevados tempos de residencia.
- No proxecto proposto tampouco se determinaba o período de tempo de explotación da mina nin as medidas de restauración e tratamento posteriores á finalización do mesmo que eviten nesa fase as verteduras ao DPH que teñen acontecido nos últimos

25 anos. No Plan de Restauración aprobado en 2009 non consta ningún método de tratamento das verteduras por gravidade das augas ácidas residuais industriais que continuarán producíndose indefinidamente, en ausencia de tratamento, no mínimo, desde os transversais a 4ª, 3ª e 2ª planta.

- No proxecto proposto non figura a previsión de tratamento con posterioridade á clausura da explotación (12 anos), ao que se une a ausencia de tratamento das augas ácidas de mina tamén no Plan de Restauración aprobado.
- O proxecto non definía como se realizará o bombeo das augas ácidas de mina unha vez finalizado o período de explotación así como o monitoreo das balsas de tratamento. Tampouco prevía o tratamento das augas de escorra das escombreyras.
- O proxecto non incluía un Plano de Emerxencia en caso de fugas na planta de lavado nin se indicaban as características que terán estas augas. Preséntanse ademais no diagrama do Esquema do circuito de parada en relación co depósito de emerxencia diversas tuberías sen aclarar a súa funcionalidade (por ex., tuberías 87, en relación ás 89 e 21 e balsa de cabeza de planta e balsa de planta). Igualmente, tampouco consta un Plano de Emerxencia para o sistema de tratamento de augas ácidas.

3.3. Mudanzas no sistema e obxectivos do tratamento proposto en 2017

Na súa resposta ás alegacións, o petionario substitúe o sistema de tratamento inicialmente proxectado por outro distinto: *“A fin de dar resposta a las alegaciones hechas al respecto por las distintas organizaciones, se ha encargado el Informe técnico “Informe de respuesta a las alegaciones del Proyecto de solicitud de vertido de la Mina de San Finx. Propuesta de tratamiento de aguas de Pozo Nuevo y Castiñeiros 2. Intacta Gestión Ambiental. Abril 2017” que se aporta como Documento Anexo Número 2.”* Xunto coa resposta ás alegacións inclúese tamén un informe asinado por Macías Vázquez et al. no que, en relación ao tratamento, só se indica:

3.6.- Insuficiencia del tratamiento propuesto

Junto a la reconsideración de los volúmenes de vertido que se solicitan se encuentra la utilización de nuevas tecnologías de tratamiento de las aguas y de prevención.

O petionario, na súa resposta *“NOVENA.- Sistema de depuración no adecuado para los vertidos, tomando en consideración la caracterización química y el volumen de las emisiones”*, reitera que *“A fin de dar respuesta a las alegaciones hechas al respecto por las distintas organizaciones, se ha encargado el Informe técnico “Informe de respuesta a las alegaciones del Proyecto de solicitud de vertido de la Mina de San Finx. Propuesta de tratamiento de aguas de Pozo Nuevo y Castiñeiros 2. Intacta Gestión Ambiental. Abril 2017” que se aporta como Documento Anexo Número 2.”* A breve memoria, anexo de 4 páxinas e plano único do informe, sirven en opinión do petionario para describir *“con todo lujo de detalles”* o emprazamento (que non o tratamento) no que executará o novo tratamento físico-químico proxectado. Sinálase que *“Dadas las bajas concentraciones de metales presentes en las aguas de Pozo Nuevo, se prevén dosificaciones mínimas de reactivos,”* a pesar de que as augas ácidas de mina a tratar presentan, incluso diluídas 1,5 km augas abaixo da vertedura, valores de cadmio e cobre que superan os de todas as medicións feitas en 807 ríos de Europa no *Geochemical Atlas of Europe*.

O *“Informe Técnico”* esboza un tratamento físico-químico distinto do proxectado inicialmente a través dunha memoria composta exclusivamente por 9 páxinas, un anexo de 4 páxinas e 1 único plano xeral, titulado *“Implantación unidades de tratamiento.”* Na Memoria explícase que este novo proxecto de tratamento, baixo o nome de *“Informe Técnico”*, ten por obxecto *“servir como documento técnico de respuesta a las alegaciones presentadas durante el periodo de información pública del expediente de solicitud de autorización de vertido de aguas de achique*

procedente de la Mina de San Finx, relacionadas con la propuesta de tratamiento de las aguas de Pozo Nuevo y Castiñeiros 2 de la Mina de San Finx.” Para o que, de acordo co punto 3.1, se procede á **“REVISIÓN DE LA SOLUCIÓN TÉCNICA PROPUESTA.”** Indícase que:

*La solución técnica propuesta por INTACTA Gestión Ambiental en el Proyecto presentado, fue una **barrera de contacto frente a árido calizo**. Esta alternativa se ensayó en el laboratorio, con aguas procedentes de Pozo Nuevo y árido calizo comercial. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios y, por tanto, el **punto de partida de la propuesta desarrollada**. No obstante, como consecuencia del amplio conocimiento existente del uso y eficacia de las técnicas de tratamiento activo, en el presente documento, se recoge una **revisión del método de tratamiento del agua de mina, orientándolo al uso de tecnologías físico-químicas que por su robustez y capacidad de separación de metales disueltos, mejoran las garantías de tratamiento y amplían los escenarios de cargas contaminantes que podrán ser tratadas.***

Con esta explicación, o solicitante retira de feito o inicial Proxecto de tratamento de augas ácidas de minas (que constaba de 342 páxinas inicialmente máis 2 *addenda* de 36 e 24 páxinas respectivamente) que foi submetido a exposición pública, **descartándoo por completo, e asumindo tácita e integramente as alegacións feitas contra esa proposta inicial: o sistema de depuración non era axeitado para a vertedura tomando en consideración a caracterización química e o volume de emisións.** Non obstante, o *“Informe de respuesta”*, de 28 páxinas (das que 13 conteñen o texto + 1 plano) que reempraza o proxecto de tratamento descartado non é un Proxecto e non da cumprimento ao contido mínimo da Declaración de Vertedura prevista no artigo 246 do Regulamento do Dominio Público Hidráulico, que debe conter:

- a) *Características de la actividad causante del vertido.*
- b) *Localización exacta del punto donde se produce el vertido.*
- c) *Características cualitativas (con indicación de todos los valores de los parámetros contaminantes del vertido), cuantitativas y temporales del vertido.*
- d) **Descripción de las instalaciones de depuración y evacuación del vertido.**
- e) **Proyecto, suscrito por técnico competente, de las obras e instalaciones de depuración o eliminación que, en su caso, fueran necesarias para que el grado de depuración sea el adecuado para la consecución de los valores límite de emisión del vertido, teniendo en cuenta las normas de calidad ambiental determinadas para el medio receptor.**
- e) **En su caso, documentación técnica que desarrolle y justifique adecuadamente las características de la red de saneamiento y los sistemas de aliviaderos, y las medidas, actuaciones e instalaciones previstas para limitar la contaminación por desbordamiento en episodios de lluvias.**
- f) **Petición, en su caso, de imposición de servidumbre forzosa de acueducto o de declaración de utilidad pública, a los efectos de expropiación forzosa, acompañada de la identificación de predios y propietarios afectados.**
- g) **Descripción de las medidas, actuaciones e instalaciones de seguridad previstas para la prevención de vertidos accidentales.**

Na *“solicitud de autorización de vertido de augas residuais”* o solicitante debe presentar un *“Proxecto técnico das instalacións de tratamento e evacuación do vertido”*; que deberá estar subscribido por técnico competente e incluír no caso de vertidos a dominio público hidráulico:

- a) Características da actividade causante do vertido.
- b) Caudal máximo de vertido.
- c) Localización exacta do punto de vertido expresada en coordenadas UTM.
- d) **Descrición detallada dos dispositivos de tratamento das augas residuais (características construtivas e técnicas, dimensións, funcionamento, mantemento e plano acotado).**
- e) **Descrición detallada dos dispositivos de evacuación das augas residuais depuradas (características construtivas e dimensións).**
- f) **Características cuantitativas do vertido solicitado considerando aqueles parámetros que resulten característicos atendendo á súa natureza e orixe.**

- g) Plano das instalacións no que se reflicta o percorrido das augas residuais ata o punto de vertido.
- h) Distancias existentes entre as instalacións de depuración e as canles públicas superficiais ou subterráneas máis próximas (pozos, ríos, regatos, etc.), e no seu caso denominación destas.
- i) Orzamento
- j) No seu caso, cronograma das obras a realizar

Esta documentación debe ser entregada inicialmente polo solicitante, subsanada se corresponde, para ser finalmente exposta a público. De acordo co artigo 248.3 do RDPH, “*De las alegaciones e informes se dará traslado al peticionario para que manifieste lo que a su derecho convenga en plazo de 10 días.*” O peticionario tivo neste caso máis de tres meses para presentar os argumentos que estimase oportunos en defensa do proxecto de tratamento presentado. Non parece conforme a dereito utilizar esta fase de manifestacións para alterar por completo o proxecto de tratamento da vertedura, descartándoo e substituíndo por un informe carente do máis mínimo detalle. Poñéndonos no caso contrario, o solicitante podería proxectar inicialmente unha planta de tratamento de augas ácidas de mina, acorde ás necesidades de tratamento das verteduras da Mina de San Fins (o que non aconteceu), para a continuación substituílo por un informe de 13 páxinas+1 plano xeral carentes de: orzamento, caracterización cuantitativa da vertedura, plano de instalacións, descrición detallada das características construtivas e dimensións dos dispositivos de evacuación das augas residuais depuradas, cronograma das obras, descrición detallada dos dispositivos de tratamento (con planos acotados), etc. En definitiva, substituír o Proxecto de Vertedura por un informe cun tratamento distinto e sen o máis elementar detalle técnico que permita a súa avaliación.

Se o peticionario renuncia ao tratamento proxectado e exposto a público, está renunciando a continuar o procedemento de solicitude de autorización de verteduras dado que tal proxecto é parte esencial da solicitude. O prazo de manifestacións do artigo 248.3 do RDPH non pode entenderse como un dereito do solicitante a retractarse na íntegra e nesta fase do procedemento administrativo iniciado precisamente coa presentación do proxecto de tratamento sometido a trámite, unha vez pasada a fase de exposición pública. Se non procede substituír un **proxecto** de tratamento da vertedura por outro non exposto a información pública, aínda menos pode o peticionario substituír un **proxecto** de tratamento por un mero informe de 13 páxinas+1 plano xeral, como de feito está a acontecer, dado que **o Proxecto é conditio sine qua non para presentar a Declaración de Verteduras e alcanzar a fase de exposición pública.**

Mais preocupante aínda é a información do último parágrafo desa contestación NOVENA, na que **o peticionario informa sen cortapisas de que o novo tratamento nin tan sequera está deseñado nin pretende cumprir co disposto nas NCA tabuladas do Real Decreto 817/2015, a diferenza do presentado inicialmente e submetido a exposición pública:** “*En definitiva, en consonancia con el tratamiento descrito en el "Informe de respuesta a las alegaciones del Proyecto de solicitud de vertido de la Mina de San Finx. Propuesta de tratamiento de aguas de Pozo Nuevo y Castiñeiros 2. Intacta Gestión Ambiental. Abril 2017" que el agua procedente de dichas galerías respetaría lo dispuesto en el RD 817/15, en tanto que no superarían las concentraciones de fondo natural de metales y elementos existentes en la zona que impiden cumplir con los valores fijados en la correspondiente Norma de Calidad Ambiental (NCA) establecida con carácter general.*” Esta manifestación, de por si, non deixa lugar a interpretacións por parte de quen analice o presente procedemento:

- Nun primeiro momento o peticionario tiña proxectado un tratamento que supostamente iría cumprir coas NCA do RD 817/15 (páxina 80 do Proxecto submetido a exposición pública). O peticionario cita extensivamente a lexislación aplicábel e os

valores máximos permitidos para cadmio, cobre e cinc, concluíndo que **"Por ello se ha comprobado, mediante los cálculos incluidos en el Anejo 1. Cálculos, que dicha directiva se cumple."** Concretamente no plano da páxina seguinte do Proxecto, indícase que as concentracións augas arriba da mina de Cd, Cu e Zn eran en todos os casos menores ás NCA e por debaixo dos propios límites de cuantificación ($< 0,024 \mu\text{g/L}$, < 1 e < 9). Mentres que augas abaixo se establecía como resultado calculado da calidade a auga superficial, considerando a situación mais desfavorable (caudal en agosto), con valores que supostamente cumprirían as NCA. A realidade é que o tratamento proxectado inicialmente tampouco permitía, xa no seu deseño, cumprir coas NCA realmente aplicables, unha vez que as do cobre e cinc tabuladas non corresponden á dureza da auga do río San Fins (en todas as analíticas, menor de 10 mg/L de CaCO_3). Deste xeito, nos efluentes proxectados nese primeiro documento o cadmio presentaría un valor de balance igual á NCA-MA; mentres que o cinc ($75,91$) superaría a NCA-MA ($30 \mu\text{g/L}$), ao igual que o cobre ($5,04 \mu\text{g/L}$ fronte á NCA-MA de 5). **A pesar de que nen sequera os valores teóricos da calidade das augas post-tratamento cumprían cas NCA do RD 817/15, o obxectivo declarado do tratamento proxectado si era que o medio receptor cumprise con ditas NCA.**

- **Contrariamente, o novo tratamento que se propón en substitución do anterior, asumido como inválido e descartado, xa non contempla como obxectivo que a calidade das augas superficiais do medio receptor cumpran as legalmente obrigatorias NCA.** No canto de realizarse unha *"mejora"* da proposta de tratamento, mediante a súa Reposta, o petionario declara formalmente que non vai cumprir nen pretende cumprir coas NCA tabuladas. Para isto válese da xa referida argumentación da suposta existencia dun fondo natural de metais que impediría o cumprimento das NCA. Noutras palabras, en lugar de mellorar a proposta de tratamento, o que fai agora o petionario nunha fase posterior á exposición pública, é presentar unha caracterización "natural" totalmente irreal do medio receptor para evitar ter que por en funcionamento un sistema de tratamento que realmente permita cumprir as NCA. Todo isto a pesar de que o informe de Macías Vázquez et al.:
 - a) nin sequera chega mais que a conxecturar a existencia do fondo natural de metais;
 - b) basea a conxectura nun experimento de lixiviación en laboratorio e non en controis analíticos das augas superficiais do medio receptor non afectadas por actividade antropoxénica, **sendo ademais que non consegue explicar as concentracións de cinc das verteduras das diferentes bocaminas.** Unhas concentracións que, non obstante, o petionario declara que tampouco se tratarán co obxectivo de cumprir as NCA.
 - c) **omite completamente o fenómeno de produción das auga ácidas de mina, o principal problema ambiental universalmente documentado en relación á minería metálica subterránea.**

En definitiva, apoiado na conxectura do fondo natural de metais, e con esquecemento e ocultación das drenaxes ácidas de mina, retírase o Proxecto de tratamento, e preséntase en forma de Informe unha aparencia de tratamento que non ten como obxectivo cumprir as NCA.

Dado que o petionario está informando agora de forma expresa de que o tratamento non está destinado a garantir as NCA do medio receptor, cabe preguntarse: para que se introduce un novo tratamento das augas? Sobretudo tendo en conta que se pretenden usar os resultados do experimento de lixiviación como supostos valores de referencia da calidade da auga do medio receptor. Para cadmio o valor que supostamente marcaría o novo límite legal da NCA serían **$4270 \mu\text{g/L}$** ; isto é, **53.375 veces** (cincuenta e tres mil trescentas setenta e cinco veces) superior ao máximo legal permisíbel pola NCA-MA (**$0,08 \mu\text{g/L}$**). Para o cobre tabúlase un

fondo natural de metais de **112110 µg/L, 22.420 veces** (vintedúas mil catrocentas vintedúas veces) superior ao máximo legal permisíbel pola NCA-MA (5 µg/L). Para comprender o absurdo dos límites propostos, máis alá dos propios límites legais aplicábeis atendendo ás NCA, considérense os valores propostos á luz dos estándares de vida acuática (*National Recommended Aquatic Life Criteria*) da United States Environmental Protection Agency (EPA), que para o caso do cadmio establecen como valores máximos de referencia 1,8 µg/L (concentración máxima, CMC) e 0,72 µg/L (concentración continua, CCC [crónica])

Cómpre tamén facer a seguinte reflexión, unha vez que o tratamento proposto declaradamente non garante o cumprimento das NCA do medio receptor: baixo que balance de intereses se pode considerar aceptable autorizar a vertedura de 260.784 toneladas de augas ácidas de mina con altas concentracións de cadmio, cobre e cinc que están almacenadas nas plantas inferiores da mina? Que interese lexítimo prioritario pode anteporse á afección do medio e potenciais efectos na saúde pública por parte do peticionario para verter (ou autorizar a vertedura) ao medio dese volume de contaminantes susceptíbeis de bioacumulación e biomagnificación?

3.4. Falta de documentación preceptiva que impide avaliar o tratamento proposto

No anterior apartado mencionouse xa unha serie de documentación e información preceptiva que, á luz do RDPH, debería acompañar calquera expediente de verteduras, e que neste caso non se encontra no expediente. Como xa indicaron diversos alegantes na fase de información pública, no expediente non consta ningún estudo hidroxeolóxico previo para determinar a posible contaminación das augas subterráneas por sustancias perigosas, tendo en conta que as plantas de mina (en total, 8 plantas) inundadas alcanzan máis de 200 metros de profundidade. O artigo 257 do RDPH indica que, *“los Organismos de cuenca adoptarán las medidas necesarias para impedir que se introduzcan en las aguas subterráneas las sustancias que figuran en la relación I del anexo III, así como para limitar la introducción de las sustancias de la relación II del mismo anexo.”* Na relación I do Anexo III inclúese o cadmio e os seus compostos, mentres que a relación II do mesmo Anexo inclúe o cobre e o cinc. Máxime tendo en conta que **“La autoridad competente exigirá para la autorización de acciones de eliminación, o depósito de residuos o productos que pudiesen contener estas sustancias, un estudio hidrogeológico previo, con el fin de evitar su introducción en las aguas subterráneas”**; e que o art. 258 d RDPH indica que *“Este estudio deberá estar suscrito por técnico competente y deberá aportarse en la declaración de vertido prevista en el artículo 246 o ser requerido por el Organismo de cuenca cuando se presuma que el vertido puede ocasionar una contaminación de las aguas subterráneas”*.

Se ben os alegantes apuntaron a necesidade de submeter o conxunto da actividade mineira ao trámite de avaliación de impacto ambiental, entre outros motivos, por provocar a xeración de drenaxes ácidas de mina (na terminoloxía da lei de avaliación de impacto ambiental, por provocar procesos *“de oxidación, hidratación o disolución”* que producen augas ácidas que dan *“lugar a cambios en el pH o liberen iones metálicos” “que supongan una alteración del medio natural”*), cabe sinalar que tampouco se incluíu na tramitación da presente autorización de verteduras o preceptivo estudo de avaliación dos efectos da vertedura ao medio ambiente prevista no art. 236 e 237 do RDPH (**con independencia da lexislación en materia de impacto ambiental, tamén de aplicación**). En particular o art. 235, indica que *“la policía de las aguas superficiales y subterráneas y de sus cauces y depósitos naturales, zonas de servidumbre y perímetros de protección se ejercerá por la Administración hidráulica competente”*. En exercicio da súa competencia, a Administración hidráulica debería exixir, preceptivamente, a presentación de *“los estudios de evaluación de efectos medioambientales”* que *“identificarán, preverán y valorarán las consecuencias o efectos que las obras o actividades que el peticionario*

pretenda realizar puedan causar a la salubridad y al bienestar humanos y al medio ambiente, e incluirán las cuatro fases siguientes:

- a) Descripción y establecimiento de las relaciones causa-efecto.
- b) Predicción y cálculo en su caso de los efectos y cuantificación de sus indicadores.
- c) Interpretación de los efectos.
- d) Previsiones a medio y largo plazo y medidas preventivas de efectos indeseables.

Un estudio que debería ter sido redactado por “titulado superior competente”, que no caso de que a “supuesta contaminación o degradación del medio implicase afección de aguas subterráneas, el estudio incluirá la evaluación de las condiciones hidrogeológicas de la zona afectada, del eventual poder depurador del suelo y del subsuelo, y de los riesgos de contaminación y de alteración de las aguas subterráneas por el vertido, **determinando si la solución que se propone es adecuada, especialmente si se tratase de vertidos directos o indirectos.**” Lonxe de existir tal estudo ou afondar nestes aspectos, tanto os documentos do peticionario como nos informes achegados con posterioridade, omítese sorprendentemente calquera mención explícita á existencia de drenaxes ácidas de mina así como ás implicacións ambientais destas, que non só explican e colocan verdadeiramente en contexto a situación evidenciada polas analíticas para o río San Fins e ría de Muros-Noia, senón que apuntan para as necesidades reais de tratamento e metodoloxías existentes actualmente. Como se indicou, isto mesmo podería gardar relación coa esixencia, desde antes da realización do proxecto de explotación de 2009, de que calquera mina subterránea xeradora de augas ácidas de mina deba contar cunha declaración de impacto ambiental para poder exercer a actividade e ser titular de calquera autorización administrativa asociada (legalmente válida).

Outros aspectos reseñados polo RDPH dos que parece carecer a proposta é a “*Descripción de las medidas, actuaciones e instalaciones de seguridad previstas para la prevención de vertidos accidentales*”, contemplada no art. 247 do RDPH; e tamén a “*Petición de imposición de servidumbre forzosa de acueducto o de declaración de utilidad pública, a los efectos de expropiación forzosa, acompañada de la identificación de predios y propietarios afectados*”, para todos os terreos ocupados polo peticionario e dos que carece de disposición (sen que conste tampouco que o Organismo de Conca teña realizado un apeo e deslinde dos tramos do río San Fins ocupados pola peticionaria, en particular do correspondente ás balsas de decantación finais e ás presas mineiras - véxase informe topográfico ao respecto -). Lémbrese como na solicitde da nova concesionaria, Tungsten San Finx S.L., presentada en novembro de 2015 explica que prevé ocupar terreos de titularidade allea: “*El circuito de agua que se empleará será el mismo que existe actualmente, consistente en llevar el agua del pozo canalizada hasta la propiedad.*”

Á vista das carencias técnicas formais do documento-informe presentando a modo de proxecto, cómpre indicar que nin o proxecto de tratamento inicialmente presentado, nin o seu substitutivo *Informe de respuesta* dispoñen de visado do Colexio Profesional correspondente, neste caso en contravención do artigo 8 do *Decreto 160/2007, de 26 de julio, por el que se aprueban los estatutos del Colegio de Ingenieros Industriales de Galicia*, que indica na súa litalidade: “*El visado colegial garantiza la identidad, la titulación y la habilitación del que suscribe el trabajo. Asimismo, acredita la autenticación, el registro, la corrección formal de presentación de los documentos y que se ha contemplado la normativa aplicable, pero no sanciona el contenido del trabajo profesional ni su corrección técnica.*” “*Los trabajos profesionales, firmados por ingeniero industrial, habrán de ser visados por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales del ámbito territorial de la Administración correspondiente. A estos efectos, los colegiados habrán de someter previamente al colegio la documentación profesional que deba surtir efectos administrativos.*” Isto é de aplicación a D. Cristobal Piñón

Fernandez, "director" dos documentos presentados e Colexiado nº 1.605 do Ilustre Colexio de Enxeñeiros Industriais de Galicia.

Por outra parte, cómpre lembrar que, mesmo que o presente trámite se desenvolva xunto da administración hidráulica, as instalacións son "*instalacións de residuos mineiros*", tal e como as define o *Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras*, e que por tanto deben cumprir a súa lexislación específica. O referido Real Decreto define unha "*Instalación de residuos mineros*" como "*cualquier zona designada para la acumulación o el depósito de residuos mineros, tanto en estado sólido como líquido o en solución o suspensión*", considerando que "*forman parte de dichas instalaciones cualquier presa u otra estructura que sirva para contener, retener o confinar residuos mineros o tenga otra función en la instalación, así como, entre otras cosas, las escombreras y las balsas.*" Conforme ao art. 19 e seguintes do RD 975/2009 as instalacións previstas no sistema de tratamento de augas residuais industriais de mina deben contar co preceptivo "*proyecto constructivo de una instalación de residuos mineros*", que consiste no "*conjunto de estudios y documentos que comprenden la definición y dimensionamiento de la instalación, la justificación de su emplazamiento, los materiales de construcción en caso de ser necesarios, las posibles obras auxiliares, los estudios técnicos de apoyo necesarios, las medidas para la ejecución y control del proyecto, los estudios de afección al medio natural y las medidas correctoras y las medidas a aplicar cuando finalice la vida activa de la instalación a efectos de su clausura y posterior mantenimiento y control, cuando proceda.*" O Real Decreto esixe que "***En todos los casos el proyecto constructivo incluirá los siguientes documentos: memoria, presupuesto, planos, pliego de especificaciones técnicas y anexos.***" Só para ilustrar os requerimentos que marca a lexislación para as instalacións que se proxectan como parte do procedemento de autorización de vertedura, en comparación co informe de 13 páxinas+1 plano xeral que achega o petionario, extráctase a principal obrigatoria conforme ao RD 975/2009 aplicábel neste caso:

1. **Memoria do proxecto construtivo dunha instalación de residuos mineiros**, que constará das seguintes partes:

a) ***Elección de emplazamiento y planificación e Estudios del área elegida:***

a. ***Estudio geológico-geotécnico del emplazamiento***, que incluirá como mínimo:

- i. *Cartografía geológica detallada y descripción de las zonas a ocupar y de la influencia de la instalación en las mismas.*
- ii. *Características litológicas de los materiales rocosos aflorantes y recubrimientos existentes, espesores, grado de meteorización, cambio de facies, etc. Los planos se realizarán a escala 1:200 a 1:2.000.*
- iii. *Estudio geológico-estructural de detalle del sustrato rocoso con descripción de las características de los sistemas de fracturación existentes, penetrabilidad, rellenos y alteración de los planos de discontinuidad y posibilidad de afectación por agua. Los planos se realizarán a escala 1:200 a 1:2.000.*
- iv. *Prospecciones en campo efectuadas para completar el modelo geológico del área y facilitar la realización de ensayos in situ para caracterizar los materiales de recubrimiento y del sustrato rocoso. Cuando sea necesario se aplicarán técnicas geofísicas, sondeos con recuperación de testigos, ensayos geotécnicos in situ y demás técnicas similares.*
- v. *Estudio de subsidencia minera en caso necesario.*
- vi. *Ensayos de laboratorio para determinar las características geomecánicas del terreno, tanto de los suelos de recubrimiento como de las rocas del sustrato. Se realizarán por un laboratorio de ensayos acreditado para ello.*

b. ***Estudio hidrogeológico del emplazamiento***, que ten por obxeto "***dejar constancia de que la entidad explotadora ha tomado las medidas necesarias para respetar la normativa vigente en materia aguas***" e que incluirá, como mínimo:

- i. *Evaluación del potencial de generación de lixiviados, incluido el contenido de contaminantes de los lixiviados tanto en la fase de explotación u operación como en las de cierre, clausura y mantenimiento y control posterior a la clausura.*
 - ii. *Prevención o reducción de la generación de lixiviados y de la contaminación por su causa de las aguas superficiales, subterráneas y del suelo cuando así lo considere la autoridad competente en base a la legislación vigente en materia de aguas.*
 - iii. *Recogida y tratado de las aguas contaminadas y de los lixiviados de la instalación de residuos de forma que cumplan la normativa aplicable en materia de aguas y vertidos.*
- c. ***Estudio hidrológico del emplazamiento***, que ten por obxeto "***evaluar los caudales máximos y las aportaciones por aguas de lluvia en la zona de ubicación de la instalación de residuos mineros, y conocer la influencia de tales aportes para definir la construcción de la instalación, sus sistemas de desagüe y las obras de desvío de aguas superficiales, así como la prevención o reducción de la contaminación de las aguas superficiales,***" incluíndo, como mínimo:
 - i. *Cálculo de la avenida máxima previsible en el lugar de la ubicación de la instalación, para un periodo de retorno de quinientos años si la instalación de residuos mineros está clasificada como A o de cien años en el resto de los casos, salvo en el caso de residuos mineros radiactivos que será de mil años.*
 - ii. *Superficie de la cuenca de recepción, intensidad máxima del aguacero, coeficiente de escorrentía, etc. Aportación anual neta de agua a la instalación, así como evaporaciones del líquido en la misma en caso de tratarse de una balsa.*
 - iii. *Conocidas la avenida máxima y las aportaciones anuales se definirán los medios de evacuación y desviación.*
 - iv. *Si la instalación de residuos mineros está próxima a un curso de agua superficial, sin perjuicio de lo previsto en la legislación vigente en materia de aguas, se estudiará el riesgo de inundación exterior y se determinarán las medidas de protección adecuadas.*
 - v. *Determinación del balance hidrológico de la instalación.*
- b) ***Diseño y construcción de la instalación***, que ten por obxecto "***definir el diseño de la geometría y estructura de la instalación, los materiales constituyentes en caso de que los hubiera y sus especificaciones, impermeabilización, filtros, drenajes, infraestructura necesaria, etc., de forma que cumpla las condiciones necesarias para, con perspectivas a corto y largo plazo, prevenir la contaminación del suelo, el aire, las aguas subterráneas o las aguas superficiales, para asegurar la recogida eficaz del agua contaminada y de los lixiviados se acuerdo con lo previsto en la autorización del plan de restauración, y para reducir la erosión causada por el agua y la abrasión causada por el viento en la medida en que ello sea técnica y económicamente posible. El diseño de la prevención o reducción al mínimo o de la recogida y del tratamiento de las aguas contaminadas y los lixiviados procedentes de una instalación de residuos mineros deberá cumplir con todos los requisitos exigidos por la legislación vigente en materia de contaminación por vertido en el medio acuático y protección de las aguas subterráneas y superficiales.*** O documento incluirá, como mínimo:
 - a. *Estudio de los materiales a emplear en la construcción, si procede.*
 - b. *Estudios de estabilidad geotécnica.*
 - c. *Estudios sismológicos y sismorresistentes. Estos estudios deben analizar o "comportamiento estructural de la instalación teniendo en cuenta las situaciones de inestabilidad global, inestabilidad local, erosión superficial y posibles deformaciones, así como la aparición de situaciones extraordinarias debido a sismos, sobre elevación del nivel de líquidos en el caso de balsas, etc".*
- c) ***Explotación u operación de la instalación***, na que "***la entidad explotadora deberá exponer las medidas previstas para garantizar la seguridad y estabilidad de las instalaciones de residuos mineros de acuerdo con el diseño propuesto y con las exigencias legales, así como para cumplir con los requerimientos medioambientales y para intentar alcanzar la situación final prevista para el cierre y clausura. En la redacción de este apartado hay que tener en cuenta que si la entidad explotadora estuviera autorizada a eliminar residuos mineros, ya sean sólidos, lodos o líquidos, en cualquier masa de agua distinta a la formada en una instalación de residuos mineros, deberá cumplir los requisitos pertinentes en la normativa vigente en materia de***

aguas.” Ademais, “En el proyecto constructivo de una instalación de residuos mineros, y en estrecha relación con el resto de las labores de rehabilitación, la entidad explotadora presentará un Estudio Básico o Anteproyecto de Cierre y Clausura, donde se describirán las medidas necesarias para la rehabilitación del terreno y que incluirá todos los aspectos técnicos que se prevean de utilidad para dicho cierre.”

- d) **Seguimiento e inspecciones periódicas de la instalación.**
 - e) **Cierre y clausura de la instalación.**
 - f) **Mantenimiento y control posterior a la clausura.**
 - g) **Reutilización o eliminación de los residuos mineros depositados en la instalación.**
2. **Orzamento**, que "incluirá la descripción de las distintas partidas con sus precios unitarios, la valoración de los estudios a realizar y el coste total del proyecto."
3. **Planos do proxecto**, que "serán completos y suficientes e incluirán toda la información necesaria." Con carácter preceptivo deben incluirse:
- 1.º *Plano general de situación. Escala 1:25.000 ó 1:10.000.*
 - 2.º *Plano total de la cuenca o subcuenca hidrográfica.*
 - 3.º *Plano del perímetro afectado. Escala 1:5.000. Abarcará una superficie cuyo límite diste 500 metros como mínimo alrededor del perímetro de la instalación.*
 - 4.º *Plano de la instalación y zona de influencia. Escala 1:5.000 a 1:200. La escala no será inferior a 1:200 y la equidistancia entre curvas de nivel será como máximo de 1 metro.*
 - 5.º *Plano de cartografía geológico-geotécnica del área de la instalación y zona de influencia. Escala 1:2.000 a 1:200.*
 - 6.º *Planta general de la instalación y de las obras con ella relacionadas.*
 - 7.º *Planta, alzado y secciones suficientes para definir con entera claridad la instalación y sus servicios anexos.*
 - 8.º *Planos detallados de las obras de desvío de cauces existentes o interceptación del agua superficial.*
 - 9.º *Planos detallados de los dispositivos de evacuación o desagüe de la instalación, en régimen normal de explotación o en periodos de emergencia durante precipitaciones máximas.*
 - 10.º *Plano detallado de los dispositivos de impermeabilización de la instalación, si los hubiera.*
 - 11.º *Plano de situación de los dispositivos previstos para el control y vigilancia de la instalación, si procediera.*
 - 12.º *Planos de los accesos a lugares que se consideren precisos para la inspección y vigilancia de la instalación.*
 - 13.º *Planos de las fases de recrecimiento de la instalación. Plantas y perfiles.*
4. **Prego de especificacións técnicas**, coas "descripciones generales de los trabajos a desarrollar, las características de los materiales a emplear y equipos, la forma de ejecución, haciendo referencia a las normas y reglamentos que se deberán cumplir en cada fase de la vida de la instalación de residuos mineros."

Todo o anterior é de aplicación para o sistema de balsas que integra o sistema de tratamento das augas ácidas de mina que pretende propor o petionario en substitución do descartado. Non consta que se teña presentado perante a Administración ningún destes documentos preceptivos para acometer a execución das balsas proxectadas (e nalgún caso xa realizadas). **Por outra banda, tamén se fai notar a obrigatoriedade de utilizar nos dimensionamentos a avenida máxima previsible para períodos de retorno de 500 anos**, mentres que o petionario se limitou a achegar unha década de rexistros, dos que toma como punto de partida, non o cálculo do período de retorno citado, senón un dos anos que nin sequera representa o máximo da serie. Finalmente, o RD 975/2009 lembra que:

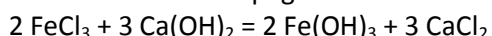
Es responsabilidad de la entidad explotadora cumplir con las obligaciones en materia de protección de aguas superficiales. Los vertidos procedentes de las industrias extractivas que se realicen directa o indirectamente en las aguas continentales, así como en el resto del dominio público hidráulico, se llevarán a cabo conforme a lo dispuesto en el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, así como en el resto de la normativa en materia de aguas.

3.5. Análise do rascuño de tratamento de 2017

Téntase a continuación analizar o novo sistema de tratamento esbozado polo petionario con posterioridade á fase de alegacións e á exposición pública, en base á limitada información achegada.

O rascuño de tratamento consta de 4 etapas:

- a) Etapa de coagulación (e neutralización), para o aumento do pH e precipitado de metais. Sinálase que se usará como coagulante tricloruro de ferro (FeCl_3) e como regulador do pH cal apagado: $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Non se indican doses, nen promedio, nen para as augas caracterizadas polas analíticas que obran no expediente, nin para as concentracións consideradas no proxecto de tratamento inicial. Cando se aplica tricloruro de ferro en combinación con cal apagado:



só se pode determinar a dose exacta en cada caso mediante ensaios de laboratorio, aplicando, designadamente o Jar-Test (Mangini et al., 2003), que o informe non inclúe, e que permitiría determinar a dose óptima de coagulante e floculante. A dose de tricloruro de ferro varía de 5 a 500 g/m^3 en función das augas a tratar; é dicir, ten un rango que varía en 2 ordes de magnitude, polo que é imprescindible determinar a dose óptima. Adicionalmente, o tratamento debería ser adaptábel ás variación das características da auga bruta a tratar, cuxa monitorización non se prevé.

A escolla de tricloruro de ferro como coagulante semella non ser óptima, salvo talvez desde un punto de vista económico, algo que non se pode analizar aquí ante a ausencia dun orzamento expreso, ben como contraditoria co que indica o “Informe de resposta”, que prevé un rango de pH controlado de entre 7 e 8. As propiedades coagulantes do FeCl_3 podense manifestar a pHs entre 3,8 e 11, pero o seu rango de coagulación óptima encontráse entre 4 e 6, e por enriba de 8. E dicir, terá una efectividade coagulante limitada debido a que se encontrará permanentemente fora do seu rango óptimo de coagulación. Este aspecto tampouco, como outros, non se tivo en contra nas doses, que non se indican e por tanto son descoñecidas, por faltaren os Jar-test. Ao que se suma o feito de que a dose de tricloruro de ferro é moi variable (habitualmente entre 5 e 160 g/m^3 de reactivo comercial). Por ter que traballar no rango de pH de 7 a 8 onde precisamente o coagulante é menos eficaz, cabe agardar que sexa necesaria unha dose mais elevada.

- b) Etapa de contacto con precipitante orgánico. Dise que poderá ou non existir: *“se prevé la dosificación controlada (siempre que sea necesario) de un aditivo orgánico que genera precipitados con estas especies, aún en muy bajas concentraciones.”* Non se indican as concentracións a partir das que se usará o precipitante orgánico nin cal sería o empregado (labras de piñeiro secas?), con que instrumental se determinarán as doses e a adición nin de que xeito (nin por volume de caudal nin por unidade de metal pesado a precipitar).

Igualmente tampouco se orzamenta o custo deste aditivo orgánico.

- c) Etapa de floculación: disolverase un polímero polielectrolito de elevado peso molecular para alcanzar agregados que poidan decantar. Non se indica o polímero nin sequera o tipo (non-iónicos, polielectrolitos aniónicos, polielectrolitos catiónicos), nin se calcula a dose.
- d) Etapa de decantación: separación dos flóculos xerados, que sedimentarán por gravidade no fondo do tanque de decantación.

As 4 etapas conforman unha forma de tratamento xenérica de augas residuais, non un tratamento específico de augas ácidas de mina. Neste caso non se trata de potabilizar a auga

ou de establecer o tratamento dunha EDAR onde se indica este coagulante, senón de tratar augas ácidas de mina, especificamente con elevadas concentracións de Cd, Zn e Cu.

Na descrición de instalacións do “Informe de resposta” sinalase que se “mantendrán las características constructivas previstas pero con instalaciones de mucho menor tamaño”. Non obstante, as características construtivas das novas balsas non gardan relación cas do proxecto que se presentara inicialmente. Estas son as características das balsas recollidas no “Informe de respuesta” de 2017:

“El reactor de coagulación consistirá en una balsa construida por excavación sobre el terreno en forma aproximada de pirámide truncada de base cuadrada y ocupará una superficie sobre el terreno de 35,71 m². La base inferior tendrá unas dimensiones de 2,38 m x 2,38 m y la base superior 5,98 m x 5,98 m.”

“Este reactor de contacto con el precipitante orgánico, consistirá en una balsa excavada sobre el terreno con forma aproximada de pirámide truncada de base cuadrada que ocupará una superficie de 21,72 m². La base inferior tendrá unas dimensiones de 1,06 m x 1,06 m y la base superior será de 4,66 m x 4,66 m.”

“El reactor de floculación consistirá en una balsa excavada sobre el terreno con forma aproximada de pirámide truncada de base rectangular, ocupando una superficie de 60,78 m². La fase inferior será de 4,20 m x 4,20 m y la base superior 7,80 m x 7,80 m.”

“El decantador consistirá en una balsa excavada sobre el terreno con forma de pirámide truncada de base rectangular y ocupará 162,79 m² de superficie. La base inferior del decantador será de 2,70 m x 17,70 m y la base superior de 7,30 m x 22,30 m.”

*“Todas las instalaciones de tratamiento que **se construirán mediante excavación sobre el terreno** se impermeabilizarán mediante lámina PEAD de 2 mm de espesor protegida del punzonamiento mediante geotextiles por ambas caras, según documentación aportada por TUNGSTEN SAN FINX a Augas de Galicia para la solicitud de la Autorización de Vertido”.*

Non se prevé que as balsas sexan de formigón, como sería de esperar en instalacións deste tipo. Sen achegar estudo xeolóxico-xeotécnico, estudo hidroxolóxico, nin estudo hidrolóxico, o “Informe de resposta” pretende colocar 4 novas balsas de tratamento de residuos sobre terreos xa usados no pasado como escombreira, construídas directamente a través do desmonte dos entullos, e “impermeabilizadas” con 3 plásticos que suman 6,3 mm de grosor. Aínda que se poden comprender as restricións de terreo que pode sufrir o petionario, tal solución non parece en absoluto acorde co *Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras*. Por outro lado, xa non só por motivos legais, a propia inestabilidade construtiva dos materiais evidénciase nas xa construídas balsas de decantación final, e que na actualidade mostran un moi deficiente estado de conservación. A erosión das paredes é evidente a simple vista en todo o seu perímetro. Os materiais do terreo, entullos de mina e barro, non garanten a estabilidade dos taludes e a falta de impermeabilización garante a infiltración das augas ácidas de mina no terreo.



Figura 13. Evidencias de inestabilidade da balsa de decantación final. Fotografía tomada en agosto de 2017.

Todas as balsas (incluídas as arquetas/cámaras de mistura, previstas en plástico) **deberían estar proxectadas en formigón, que ademais debería ser sulfuresistente**, aspecto que a matriz da empresa peticionaria (Sacyr) si tivo en conta á hora de deseñar e construír as balsas de decantación e as arquetas de mestura no “*Proyecto de Planta de Tratamiento Pasivo para Drenajes Ácidos de Mina. LIFE-ETAD. Mina Concepción. Almonaster la Real (Huelva)*”, financiado con 2,6 millóns de euros de axudas públicas. Por outro lado, no Anexo de dimensionamento das unidades de tratamento advírtense diversos erros. En primeiro lugar os parámetros tabulados de tempo de residencia hidráulica non coinciden con valores presentados no propio informe (ver **Táboa 7**).

		Balsa de coagulación	Balsa de contacto	Balsa de floculación	Balsa de decantación
Parámetro	Unidade	Valor	Valor	Valor	Valor
Lado/dimensións da base maior	m	5,98	4,66	7,8	22,3 x 7,3
Lado/dimensións da base menor	m	2,38	1,06	4,2	17,7 x 2,7
Área maior	m ²	35,76	21,72	60,84	162,79
Área menor	m ²	5,66	1,12	17,64	47,79
Altura de auga	m	1,5	1,5	1,5	1,5
Volume auga máximo	m ³	27,83	13,89	55,62	149,39
Tempo de residencia máximo	minutos	8,35	4,17	16,69	-
Tempo de residencia tabulado	minutos	10	5	20	-
Sección transversal	m ²	6,27	4,29	9	7,5
Velocidade horizontal a caudal máximo	cm/seg	0,89	1,30	0,62	0,74
Velocidade de arrastre	cm/s			4,67	4,67

Táboa 7. Tempos de residencia hidráulica no tratamento porpostro.

Na Tabela 7 o “Tempo de residencia máximo” ven determinado polo propio caudal de vertedura, definido no Proxecto de Vertedura como un caudal continuo de 200 m³/h, así como polo volume da respectiva balsa. Cada 60 minutos 200 m³ novos de augas residuais serían

bombeados á planta de tratamento. O que significa que cada minuto $3,33 \text{ m}^3$ de auga deben entrar na balsa (e outros $3,33 \text{ m}^3$ deben saír, para que esta non soborde). Consideradas as dimensións e forma establecidas para cada unha das balsas de coagulación, contacto e floculación no proxecto de verteduras, o volume máximo ou capacidade máxima de cada unha delas é respectivamente de $27,83 \text{ m}^3$, $13,89 \text{ m}^3$, e $55,62 \text{ m}^3$. Partindo do caudal de vertedura previsto, a auga residual poderá residir como máximo 8,35 min, 4,17 min e 16,69 minutos, respectivamente en cada unha das balsas. Se o tempo de residencia fose maior o caudal de entrada faría desbordar a respectiva balsa.

Frente a este cálculo elemental, no proxecto de vertedura mostráanse en tabelas uns determinados tempos de residencia (indentificados na Tabela 7 como “Tempo de residencia tabulado”) de 10 minutos para a balsa de coagulación (frente aos máximo tempo teórico posible de 8,35 minutos), 5 minutos para a balsa de contato (frente aos máximo tempo teórico posible de 4,17 minutos) e 20 minutos para a balsa de floculación (frente ao máximo tempo teórico posible de 16,69 minutos). Como se ve, en todos os casos se tabulou un tempo de residencia superior ao máximo posible, que deriva do propio caudal de vertedura en continuo de $200 \text{ m}^3/\text{h}$. O tempo de residencia real será aínda menor do máximo teórico. Isto inflúe directamente na eficacia da coagulación, regulación do pH, floculación e decantación.

Nada se indica sobre a procedencia do tempo de residencia da auga na balsa de tratamento, só o resultado final sen xustificación que mostra a táboa do “*Informe de respuesta*”.

Por outro lado un sedimentador débese deseñar para a mínima temperatura esperada da auga e para un determinado tamaño mínimo de partícula, a fin de garantir que decantan totalmente as partículas. O Informe de resposta considera unha temperatura da auga de 13 grados, que non parece que vaia ser a mínima na realidade, sendo o parámetro asociado de viscosidade utilizado para a aplicación da Lei de Stokes, pouco conservador (Pedroni et al., 2006). Téñase en conta, en todo caso, que a Lei de Stokes apenas sería aplicábel a unha única partícula que cae a través dun medio líquido infinito, e non ás misturas concentradas que se producirían no tratamento da auga dunha operación mineira. Pola contra, o sedimentador debería deseñarse tendo en conta a temperatura mínima da auga e o tamaño mínimo das partículas. Non é realista considerar un tamaño de partícula superior a 100 micras, sendo o máis común asumir un rango de entre 10 e 100 micras (tomándose a referencia de tamaño para os cálculos en 10 micras), máxime considerando os tempos de residencia nas balsas previas que non garante o aumento do tamaño da partícula, así como o feito de seren descoñecidas as doses dos reactivos (e nalgús casos os propios reactivos, como o de contacto vexetal e o polímero polielectrolito).

Tamén sorprende o resultado da aplicación da Lei de Stokes e do cálculo da velocidade de arrastre, xa que utilizando os mesmos parámetros de referencia ca no caso da balsa de decantación, a velocidade horizontal a caudal máximo na balsa de floculación aínda sería menor ca na balsa de decantación. Na balsa de floculación o tamaño de partícula é o mesmo que na balsa de decantación: o tamaño final. Isto é: na balsa de floculación non habería arrastre de partículas tampouco, de modo que os lodos non se acumularían na balsa de decantación senón na anterior de floculación. O tratamento esbozado non contempla esta posibilidade nin tampouco a de retirada de lodos doutras balsas (incluída a de precipitante vexetal).

Entre outros aspectos que non se contemplan e por tanto faltan no novo tratamento que esboza o “*Informe de respuesta*” pódense citar:

- Non constan planos nin esquemas acotados das balsas do tratamento, nin cálculos e xustificación do seu dimensionamento en función das necesidades do tratamento. O

proceso tabulado parece o contrario: establecéronse as balsas, talvez en función da superficie dispoñible como criterio único e a continuación tabuláronse as súas dimensións e parámetros resultantes.

- No se prevé a instalación de Plantas de dosificación dos reactivos. Este aspectos liquídase con una frase: *“Las instalaciones de preparación y almacenamiento de productos químicos se situarán en una zona cerrada y cubierta de 25 m² de superficie”*. Isto non pasa de ser unha pequena zona de acopio de 5 x 5 metros.
- Ademais da falta de plantas de dosificación, tampouco se prevé como se realizará a mistura dos reactivos. Só se indica que *“La premezcla del agua bruta con el FeCl3 y la lechada de cal, previamente a su entrada al reactor de tratamiento, se realizará en cámara de mezcla.”* Aspecto que non aclara como ou quen realizará a mistura dos reactivos, nesta e nas outras arquetas de mestura. Será manual? Que instrumental de medida se utilizarán? Que maquinaria? Con que turnos? Como se almacenará o hidróxido de calcio? Almacenarase cal vivo que será apagado ou cal apagado? Como se preparará a concentración da lechada de cal e cantos litros/minuto se deben engadir? Como se dosificará o coagulante? Onde se preparará a disolución do floculante sintético e como se engadirá á auga?
- **Non se fixeron nin se presentan os Jar-Test necesarios para determinar as doses de reactivos necesarias.** Á falta de cálculo das doses dos axentes coagulantes, neutralizadores, precipitantes e floculantes (ou mesmo de indicación de cales se van utilizar) únese a indicación de que *“Dadas las bajas concentraciones de metales presentes en las aguas de Pozo Nuevo, se prevén dosificaciones mínimas de reactivos.”* Non se entende como se poden cualificar de augas con baixas concentracións de metais aquelas que presentan valores de cadmio que superan os 10 µg/L (e incluso os 50 µg/L), e valores de Cu e Zn de mais de 200 e de mais de 400 µg/L, respectivamente.
- Non constan planos nin esquemas acotados dos deflectores (baffles), nin cálculos e xustificación do seu dimensionamento e ubicación.
- Non constan planos nin esquemas dos motores de mezclado (axitadores) nin cálculos e xustificación do seu dimensionamento e potencia.
- Non se prevén medidores de control do proceso: medidores e dosificadores dos reactivos, nin estacións de control das augas ao longo do proceso e previamente á vertedura.
- **Tampouco consta ningún orzamento, notoria ausencia que da idea da virtualidade do tratamento proposto.**
- **Non se identifica o horizonte temporal do tratamento** coas correspondentes valoracións económicas para toda a fase de amortización das instalacións e o seu desmantelamento.
- **Non se propón un tratamento para as augas ácidas de mina posterior á fase de explotación, nin sequera a nivel de esbozo.** Debe terse en conta que as augas ácidas de mina continuarán a producirse mentres non se reenchan as galerías da mina con áridos e non se taponen as entradas de oxíxeno na mesma. E aumentarán respecto da produción actual a medida que aumenten os quilómetros de galería (ou aumente o oco dos xa existentes nas plantas inundadas, se se producir o baleirado das mesmas).
- Carece dos elementos propios dun Proxecto, e en particular dos relativos á instalación dunha planta de tratamento activa: faltan as variables de deseño esenciais, incluíndo a dosificación e preparación dos reactivos, a selección dos equipos e instalacións necesarios para executar o que se esboza, o dimensionamento dos mesmos, un diagrama de control das operacións, o estudo de impacto ambiental asociado á implementación, un programa de vixilancia ambiental con medidas preventivas e corretoras necesarias perante a aparición de calquera impacto potencial asociado ao funcionamento ou malfuncionamento da planta; a valoración económica da instalación, montaxe e funcionamento en fase de explotación e posterior á mesma.

Outro dos erros ou ausencias críticas do esbozo é a falta de realismo da produción esperábel dos lodos xerados e o seu tratamento e almacenamento, tendo en conta o funcionamento normal dunha planta de tratamento activa de augas ácidas de mina. Debe terse en conta que partindo dunha dose de 0,4 e 0,6 gramos de cal por litro de auga a tratar (Calvo et al., 2006), o resultado é unha dose de 2,8 toneladas por día (con un prezo que pode rondar os 100 euros/tn), para o caudal de 200 m³/h. Os lodos xerados neste proceso usando cal resultarían aproximadamente un 58% superiores á cal aplicada: 4,78 toneladas/día. Estes lodos, só tomando como referencia a densidade do hidróxido de calcio (2,21 tn/m³) que se adicionaría (aínda que é esperábel unha densidade inferior e por tanto maior volume), ocuparían 2,16 m³. O que significa que os 50 m³ reservados na balsa de decantación para os lodos serían enchidos en 23 días de tratamento; só considerando na estimación a adición do hidróxido de calcio e excluindo por tanto o volume de coagulante, de precipitante e floculante destinados a aumentar o tamaño das partículas metálicas depositadas, así como o propio volume dos metais retidos.

En función do sistema que se empregue, o volume de lodos pré-espesamento xerado diariamente no tratamento de augas de mina costuma variar entre o 5% e o 10% (podendo ser incluso superior) **do fluxo diario tratado**, ademais de que o custo do tratamento dos lodos pode representar até o 50% do custo total de funcionamento dunha planta de tratamento. **Incluso tomando unha porcentaxe de produción tan baixa como do 1%, a produción de lodos sería como mínimo de 48 m³/día** (para tratar 4.800 m³/día de auga: 200 m³/h), **o que se traduciría na necesidade de baleirado da balsa de decantación cada 1,04 días de tratamento (cada 25 horas), considerando o volume destinado a lodos da balsa de decantación (50 m³)**. Isto informa da falta de realismo do tratamento esbozado no “Informe de respuesta” que sinala que:

*El lodo depositado en el fondo del decantador será extraído, deshidratado y gestionado por un gestor autorizado. El vaciado, se hará periódicamente, en función de las necesidades de la explotación. **En principio, se cuenta con hacerlo una vez cada 6-12 meses; aunque será discrecional de la propiedad.*** (negrito noso).

Que é unha forma de expresar a completa falta de dimensionamento e valoración económica do novo tratamento. Indícase que será deshidratado pero non se prevé como. Precisamente porque **non se prevén, deseñan e orzamentan as oportunas balsas ou tanques de espesamento dos lodos nin a zona final de depósito de lodos**.

Por outro lado, sinálase que os lodos serán xestionados por un xestor autorizado, sen orzamentarse o custo de tal xestión para todas as toneladas xeradas, o que equivale a unha mera declaración de intencións. Tampouco se achega copia da comunicación de industria produtora de residuos a que se refire o Anexo VIII da *Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados*, que entre outros aspectos obriga a incluír:

- c) Cantidad estimada de residuos que se tiene previsto producir anualmente.*
- d) Residuos producidos en cada proceso caracterizados según el anexo III de esta Ley e identificados según el anexo 1 de la Orden/MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.*
- e) Las condiciones de almacenamiento en el lugar de producción.*
- f) Las operaciones de tratamiento previstas para residuos y en el caso de los residuos peligrosos deberán incluir además el documento de aceptación por parte del gestor que va a llevar a cabo el tratamiento o en su caso declaración responsable de la empresa en la que haga constar su compromiso de entregar los residuos a un gestor autorizado.***

Cabe sinalar tamén que aínda que o peticionario califica o tratamento como de “activo”, tal vez pretendendo que tal cualificación o torne válido ou por ter sido solicitado por varios

alegantes, só se observan como elementos propios do tratamento activo os axitadores eléctricos (cuxo dimensionamento e instalación se omite) ou o uso de cal hidratada. Ambos son elementos propios dos sistemas de tratamento activos (INAP, 2009). Pero o proposto omite mencionar e proxectar o conxunto de tecnoloxías de tratamento activo que requiren da participación de operarios, maquinaria, mantemento e monitorización do sistema de tratamento, usando infraestructa e sistemas automatizados. Tamén se espera dos tratamentos activos que sexan garantistas no resultado do tratamento, tanto pola homoxeneización previa da auga a tratar como por funcionaren en circuítos ou tanques con posibilidade de recirculación (forzada). Neste caso o tratamento esbozado ven determinado polo caudal de bombeo de baleirado da mina e a forza de gravidade, sen capacidade de axuste do tratamento para as augas que serán vertidas ao DPH unha vez atravesen a cascada de balsas, con independencia de que a súa carga contaminante teña sido corrixida ou non; e sen que se deseñen ou sequera indique o instrumental que permitirá determinar as doses de reactivos.

En vista do exposto, conclúese que o “Informe de respuesta” é un esbozo conceptual, falto dos ensaios de laboratorio necesarios para verificar a súa aplicabilidade e o seu axeitado dimensionamento. Trátase dun rascuño incompleto dun tratamento que podería cualificarse de mixto, que omite as fases de tratamento dos lodos xerados, ao que se suman outros erros esenciais de deseño que garanten a súa inviabilidade. Non é un Proxecto e carece documentación esencial para o procedemento administrativo de autorización de verteduras en curso, o que impide unha valoración completa que vaia máis alá do indicado na conceptualización do “Informe de respuesta.” Porén, como mero esbozo, incluso na súa brevidade contén erros graves de deseño que o proban ineficaz. Tal vez porque, conforme abertamente recoñece o petionario, o obxectivo do tratamento que se esboza non é dar cumprimento as NCA tabuladas do RD 817/15. De modo que calquera tratamento sería válido, inclusive un non funcional, un esbozo de tratamento, ou un tratamento inexistente.

Aínda que está lonxe dos obxectivos deste informe propor un tratamento alternativo, existen tecnoloxías provadas que non só permitirían que as verteduras cumpran coas NCA no medio receptor, senón tamén a total remoción dos metais pesados das drenaxes de mina. Se ben a nova proposta di fundamentarse no "*amplio conocimiento existente del uso y eficacia de las técnicas de tratamiento activo*", non parece aplicálo. O método proposto no rascuño, fundamentalmente de precipitación química, a pesar de resultar atractivo pola súa simplicidade e baixo custo, ten numerosos inconvenientes, entre os que xa se destacaron as grandes cantidades de químicos que se deben achegar, os longos periodos de residencia necesarios para a precipitación dos metais (moi distintos dos 35 minutos que contempla o rascuño), a enorme produción de lodos e a necesidade de tratamento posterior destes (que se obvia), incluíndo a problemática ambiental ligada co almacenamento destes lodos (Aziz et al., 2008). No caso do cadmio, a electrocoagulación (Vasudevan et al., 2010, 2011) tense evidenciado como eficaz eliminando o 100% do cadmio en efluentes de mina, do mesmo xeito que o intercambio iónico e a ósmose inversa (Kurniawana, 2006), con eficacias próximas ao 100% de eliminación, ou os procesos fotocatalíticos (Skubal et al., 2002), con eficacias do 90%. Estas mesmas técnicas mostraran resultados similares para o cobre e o cinc, existindo plantas de tratamento activo que, utilizando estes procesos de forma independente ou conxunta, conseguiran resultados que aseguran emisións compatíbeis coa estricta aplicación das NCA tabuladas.

Por conseguinte, aconséllase a denegación da autorización de verteduras mentres a petionaria non sexa capaz de presentar un proxecto de tratamento riguroso, acorde coas mellores tecnoloxías dispoñíbeis e que permita o cumprimento das NCA no medio receptor. Tendo en conta as limitacións de espazo das que padece o petionario, parece que a solución de tratamento é unha planta de tratamento activa de augas ácidas de mina, de tanques ou de

cilindro rotatorio que, aplicando as mellores tecnoloxías dispoñíbeis, permita garantir eficaz e verazmente o cumprimento da normativa ambiental. Mentres tal tratamento das drenaxes ácidas de mina non sexa formulado (ou esixido pola Administración hidráulica en caso de inacción do peticionario) urxe a actuación administrativa para requirir a redución da carga contaminante que se está a verter ao DPH na actualidade, instando ao peticionario a que elimine a exposición das galerías a osixenación, tapando bocaminas e chemineas e recheando galerías exhaustas.

4. CONCLUSIÓNS: O PESO DA EVIDENCIA E O PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN

O concepto "*peso da evidencia*" é un termo empregado en diversos campos do coñecemento máis utilizado con moita frecuencia na análise de riscos e, segundo Weed (2005), aínda que a súa definición non está completamente explicitada, podémolo definir como o establecemento dunha metodoloxía co obxectivo de xerar evidencias científicas e métodos de interpretación das evidencias. A aplicación deste concepto é certamente recomendábel cando é necesario tomar decisións nun contexto de incerteza, facéndose necesario dispor de diferentes evidencias para xerar un marco comprensivo para a toma de decisións integradas de xestión (Bonnail, et al., 2016). Faise evidente que o caso que nos ocupa a peticionaria non presenta, por unha parte, as evidencias científicas que sustenten as teses e solucións de tratamento propostas. Boa parte da evidencia presentada pola empresa é altamente problemática, particularmente no que atinxe á existencia dun fondo natural de metais que impediría cumprir coas NCA tabuladas, e as ramificacións deste postulado no que ás solucións técnicas fai referencia. Carécese ademais de datos suficientes para poder levar a termo unha toma de decisións apoiada en distintas liñas de evidencia científica de peso e derivadas de medidas de impacto integradoras. Faltan, como se indicou, análises sistemáticas das augas con estacións de mostraxe correctamente definidas e tomas mensais; análises dos sedimentos fluviais en todo o cauce e até a ría; análises do potencial de lixiviado dos residuos mineiros das escombreyas e dos presentes nas presas mineiras; análises das poboacións da fauna bentónica; etc. Por outro lado, resulta evidente e mais que probada á vista da serie xa extensa de analíticas de augas superficiais provenientes de laboratorios acreditados que a situación de contaminación do río San Fins ten como causa antropoxénica a actividade mineira e os procesos asociados a esta (produción de drenaxes ácidas de mina, escorras das escombreyas, acumulación de residuos mineiros nas presas mineiras de colas).

Por outra banda o Principio de Precaución (UE, 2000) está relacionado co dilema de establecer o equilibrio entre os dereitos dos individuos, empresas e organizacións, e por outro a necesidade de reducir os riscos e efectos nocivos ambientais. O principio de precaución debe ser considerado no eido estruturado da análise de riscos: avaliación de riscos, xestión de riscos e comunicación de riscos. O recurso ao Principio de precaución presupón que se identificaron efectos potencialmente perigosos dun fenómeno, produto ou proceso, máis a evidencia científica non permite determinar o risco/impacto con suficiente certeza.

Tendo presente os dous conceptos anteriores considerase que cando menos é imprescindible aumentar o número de evidencias científicas para avaliar correctamente o impacto da autorización de verteduras que ten solicitado a titular da concesión mineira e, extensibelmente, do conxunto da actividade mineira que pretende realizar a concesionaria. Non só existe un notábel descoñecemento da situación de partida, consecuencia da actividade das sucesivas concesionarias, máis tamén dos riscos que o reinicio da explotación activa poderá ter sobre esa situación. Esta realidade demanda a aplicación do principio de precaución por parte da administración para o establecemento correcto do impacto.

Considérase que o procedemento de Avaliación de Impacto Ambiental é o cuadro adecuado para que se acheguen evidencias científicas sobre o estado actual e calidade do ecosistema fluvial, os impactos pasados e previsíbeis da actividade mineira, e as fórmulas de remediación e restauración dos espazos afectados por esta actividade. Todo iso con independencia de que desde a administración, desde o ámbito académico ou mesmo desde o ámbito xudicial se estime oportuno a realización de estudos que valoren a situación actual e riscos potenciais.

Por un lado é obvio que o petionario pretende diluír a responsabilidade sobre as verteduras que se levan producindo apoiandos nunha mera conxectura como vestimenta pretensamente científica, tamén desde que é titular da concesión mineira. Por outro, fronte a pasados episodios de verteduras e baleirado directo ilegal das plantas inferiores, a existencia de balsas simulando un tratamento que agora se esboza, alcanza a dar un efecto cosmético, tanto socialmente como tamén no marco do procedemento administrativo.

É indiscutíbel que as concentracións de certas especies metálicas, en particular cadmio, cobre e cinc, superan no cauce do río San Fins, augas abaixo da explotación mineira, os niveis máximos permitidos pola lexislación vixorante. Independentemente do sistema de tratamento das drenaxes ácidas de mina que lle sexa requerido á petionaria, os niveis de metais pesados no cauce do río San Fins, particularmente pola súa incidencia sobre a ría de Noia, deben ser obxecto de atención e intervención por parte da Administración. Este feito é esencial, e está por riba de calquera consideración ou argumento sobre se a responsabilidade pola superación deses niveis é atribuíbel a factores antropoxénicos ou xeoxénicos. Aínda que os argumentos proporcionados neste informe non respaldan a conxectura de orixe xeoxénica (pretender utilizar un suposto fondo natural de metais que impediría cumprir coas NCA parécenos unha fraude de lei do RD 817/15), por seren evidentes os mecanismos antropoxénicos causantes, mesmo que a orixe e responsabilidade fose exclusivamente natural, isto non faría con que a súa presenza en concentracións elevadas resulte menos perigosa para os ecosistemas e a saúde da poboación. Con mais motivo, perante as evidencias da responsabilidade das sucesivas concesionarias, **corresponde a denegación da autorización de verteduras mentres non se avalíen correctamente os fenómenos produtores da contaminación constatada e, por conseguinte, se poidan prescribir as medidas remediadoras axeitadas ao diagnóstico.**

Porque unha cousa é a pasividade das Administracións á hora de exixir o tratamento das verteduras continuadas de augas ácidas de mina, e outra distinta é **autorizar a vertedura ao medio cando declaradamente se sabe que non se van cumprir as NCA** no medio receptor en base á mera conxectura da suposta existencia dun fondo natural de metais. **Xa que un tratamento que cumpra coas NCA no medio receptor non forma parte da solicitude do petionario para a vertedura que solicita, tampouco pode ser obxecto do condicionado dunha eventual Resolución, que deberá ser denegatoria da solicitude feita neses termos.** Neste sentido, só ao petionario lle corresponde presentar a Declaración de Verteduras e o Proxecto de tratamento asociado. De modo que non pode a Administración dar unha Resolución favorable condicionada a que o petionario poña en marcha un tratamento que dea como resultado o cumprimento das NCA, cando dito Proxecto tería que ter sido precisamente sometido ao procedemento de autorización (e a exposición pública). Non pode por tanto, autorizarse a vertedura condicionada a que o petionario substitúa o ineficaz tratamento proposto porque o tratamento é elemento esencial da Declaración que inicia o procedemento, non podendo diferirse o proxectado e dimensionado doutro Proxecto a unha fase posterior á resolución.

En atención, entre outros aspectos, da protección da saúde pública e do ambiente, cómpre por tanto, que a Administración hidráulica impida o baleirado das plantas inferiores dado

que o peticionario non pretende tratar as augas residuais industriais da mina para que se cumpran as NCA no medio receptor.

Esta é a opinión das abaixo asinantes, que se emite atendendo ao seu entender e en base aos datos e informacións ás que tiveron acceso e que se refiren no presente informe, opinión que se somete a calquera outra mellor fundada.

Eliseo Baluja Casales
Enxeñeiro Técnico Industrial

Steven H. Emerman
Doutor en Xeofísica

Sabela Iglesias Garrido
Técnica Superior en Tratamento de Augas

Jorge Mouriño Lourido
Licenciado en Bioloxía

Celestino Quintela Sabarís
Doutor en Bioloxía

Diego Rodríguez Vieites
Licenciado en Bioloxía

Margarita Rubido Bará
Doutora en Bioloxía

REFERENCIAS

- Akcil A, Koldas S (2006) Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies. *Journal of Cleaner Production*, 14:1139–1145
- Álvarez E. et al. (2003) Heavy metals in the dump of an abandoned mine in Galicia (NW Spain) and in the spontaneously occurring vegetation. *Sci Total Environ*, 313:185–197
- Álvarez-Vázquez MA et al. (2017) Contributions of trace elements to the sea by small uncontaminated rivers: Effects of a water reservoir and a wastewater treatment plant. *Chemosphere*, 178: 173-186
- Arias M, Núñez-Delgado A, Rubinos DA, Díaz-Fierros F (2001) Contaminación de suelos próximos a carreteras construídas con estériles de mina. *Agrochimica -Pisa-* 45(3-4):134–146
- Azevedo Silveira ML, Ferraciú Alleoni LR, Guimarães Guilherme LR (2003) Biosolids and heavy metals in soils. *Scientia Agricola*, 60: 793–806
- Aziz HA, Adlan MA, Ariffin KS (2008) Heavy metals (Cd, Pb, Zn, Ni, Cu and Cr(III)) removal from water in Malaysia: post treatment by high quality limestone. *Bioresour. Technol.*, 99: 1578–1583
- Bernárdez P, et al (2013) Fluvial contributions of nutrient salts, dissolved trace elements and organic carbon to the sea by pristine temperate rivers (SW Europe). *Environmental Chemistry*, 10(1): 42-53
- Bigham JM, Nordstrom DK (2000) Iron and aluminum hydroxysulfates from acid sulfate waters. In: Alpers CN, Jambor JL, Nordstrom DK (Eds.), *Sulfate Minerals: Crystallography, Geochemistry, and Environmental Significance*. Chantilly: Mineralogical Society of America, 351–403
- Bonnail E, et al. (2016) The Use of a Weight-Of-Evidence Approach to Address Sediment Quality in the Odiel River Basin (SW, Spain). *Ecotoxicol Environ Saf*, 133:243–251
- Brooks RR, Dunn CE, Hall GEM (1995) *Biological systems in mineral exploration and processing*. New York: Ellis Horwood
- Calvo D et al. (2013) Estudio para el tratamiento de las aguas ácidas por neutralización-precipitación en interior de la mina Santa Fé, Bolivia. In: *La Minería y la Geología Ambiental: Herramientas para el Desarrollo Sostenible. Libro de Actas del III Congreso Internacional de Geología y Minería Ambiental para el Ordenamiento Territorial y el Desarrollo*. Cardona: 297–310
- Cappuyens V, Swennen R, Devivier A (2005) Contaminated river sediments: potential chemical time bombs? A case study. In: *Consoil 2005, Proceedings of the 9th international FZK/TNO conference on Soil Water. Systems. 3-7 October 2005 Bordeaux*, 218–227
- Ciadamidaro L (2013) *Dinámica de la materia orgánica y de los elementos traza en suelos contaminados reforestados con Salicáceas* [memoria PhD]. Sevilla: Universidad de Sevilla
- Coulthard TJ, Macklin MG (2003) Modeling long-term contamination in river systems from historical metal mining. *Geology*, 31(5): 451–454
- Cruz R, Monroy M (2006) Evaluation of the reactivity of iron sulfides and mining wastes. A methodology based on the application of cyclic voltammetry. *Quim. Nova*, 29(3):510–519
- Dmuchowski W, Gozdowski D, Bragoszewska P, Baczewska AH, Suwara I (2014) Phytoremediation of zinc contaminated soils using silver birch (*Betula pendula* Roth). *Ecological Engineering*, 71: 32–35
- EEA (1999) *Environment in the European Union at the turn of the century*. Copenhagen: European Environmental Agency
- Förstner U (2013) Geochemical techniques on contaminated sediments-river basin view. *Environmental Science and Pollution Research*, 10(1): 58–68
- Gao Y et al. (2016) Change of urinary cadmium and renal tubular protein in female works after cessation of cadmium exposure : Response to the Letter to the Editor by Kawada (2016). *Int Arch Occup Environ Health*, 90(3):307

- García A, Bernárdez P, Prego R (2013) Copper in Galician ria sediments: natural levels and harbour contamination. *Scientia Marina*, 77(1):91–99
- Goretti E et al. (2016). Heavy metals bioaccumulation in selected tissues of red swamp crayfish: An easy tool for monitoring environmental contamination levels. *Sci Total Environ*, 559:339–346
- Gruiz K, Horvath B, Molnar M, Sipter E (2000) When the chemical time bomb explodes? – Chronic risk posed by toxic metals at a former mining site. *Contaminated Soil 2000*, 1: 662–670
- Hakanson L (1980) An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Res*, 14:975–1001
- Hesterberg D, Stigliani WM, Imeson AC (1992) *Chemical Time Bombs: Linkage to Scenarios of Socioeconomic Development*. Laxenburg: IIASA
- Hill RD, Bates ER (1979) Acid Mine Drainage and Subsidence: Effects of Increased Coal Utilization. *Environmental Health Perspectives*, 33:177–190
- IGME (1976) *Fase de exploración en la zona Sur de la Reserva de Finisterre*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España
- IGME (1981) *Posibilidades de explotación de yacimientos de estaño-wolframio y molibdeno en mineralizaciones filonianas tipo San Finx*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España
- INAP (2009) *Global Acid Rock Drainage Guide*. Melbourne: International Network for Acid Prevention
- Kalin M (2004) Passive mine water treatment: the correct approach? *Ecological Engineering*, 22:299–304
- Kalin M, Fyson A, Wheeler WN (2006) The chemistry of conventional and alternative systems for the neutralization of acid mine drainage. *Sci Total Environ*, 366(2-3): 395–408
- Kurniawana TA et al. (2006) Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chemical Engineering Journal*, 118(1-2):83–98
- Lottermoser, B (2007) *Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts*. London: Springer.
- Macías F et al. (2012) From highly polluted Zn-rich acid mine drainage to non-metallic waters: Implementation of a multi-step alkaline passive treatment system to remediate metal pollution. *Science of The Total Environment*, 433(1):323–330
- Macías Vázquez F, Calvo de Anta R (2009) *Niveles Genéricos de Referencia de metales pesados y tros elementos traza en suelos de Galicia*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia
- Mangini SP, Prendes H, Amsler ML, Huespe J (2003) Importancia de la floculación en la sedimentación de la carga de lavado en ambientes del río Paraná, Argentina. *Ingeniería hidráulica en México*, 18(3):55–70
- Manzione MA, Merrill DT (1989) Trace metal removal by iron co-precipitation: Field evaluation. *Electric Power Research Institute Report*, 6438
- Marguí E, Queralt I, Carvalho ML, Hidalgo M (2007) Assessment of metal availability to vegetation (*Betula pendula*) in Pb-Zn ore concentrate residues with different features, *Environ Pollut*, 145(1):179–84
- McGrath D, Zhang C, Carton O T (2004) Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in silvermines area, Ireland. *Environ. Pollut*, 127:239–248
- Miguel-Sarmiento A. et al. (2009) La Contaminación Minera de los Ríos Tinto y Odiel. In: Olías Álvarez M et al., *Geología de Huelva*. Huelva: Universidad de Huelva
- Monterroso C, Álvarez E, Fernández-Marcos ML, Macías F (1999) Evaluation of mehlich 3 reagent as a multielement extractant in mine soils. *Land Degrad. Develop*, 10:35–48
- Monterroso C, Macías F (1998) Drainage waters affected by pyrite oxidation in a coal mine in Galicia (NW Spain): Composition and mineral stability. *Sci Total Environ*, 216(1):121–132
- Monterroso Martínez C., Álvarez Rodríguez E, Macías Vázquez F (1993) Caracterización de los suelos de la escombrera de la mina Puentes (La Coruña) en proceso de restauración ambiental. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 18:307–316

- Nordstrom DK (2011) Hydrogeochemical processes governing the origin, transport and fate of major and trace elements from mine wastes and mineralized rock to surface waters. *Appl. Geochem*, 26: 1777–1791
- Nordstrom DK (2015) Baseline and premining geochemical characterization of mined sites. *Appl. Geochem*, 57: 17–34
- Nyquist J, Greger M (2009) A field study of constructed wetlands for preventing and treating acid mine drainage, *Ecol. Eng*, 35:630–642
- Pedroni L et al. (2006) Properties Of Treatment Sludge During Sedimentation and Consolidation Tests. *International Conference on Acid Rock Drainage*, 7:1531–1544
- Peón Martínez M (1940) *Explotación de las minas de estaño y Wolfran de San Finx* [memoria fin de carreira]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S.I. de Minas y Energía
- Pereira LS et al. (2016) Effects of Ecologically Relevant Concentrations of Cadmium in a Freshwater Fish. *Ecotoxicol Environ Saf*, 130:29–36
- Quintas Mosteiro Y, Macías Vázquez F (1992) Datos para la recuperación de suelos de minas de Galicia: capacidad natural y alternativas de mejora. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 17: 97–106
- Reimann C, Garrett RG (2005) Geochemical background—Concept and reality. *Sci. Total Environ*, 350:12–27
- Ruiz Mora JE (1982) Mineralizaciones estannovolfamíferas en Noia y Lousame. Estudio previo. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 3: 595–624
- Runnells DD, Shepard TA, Angino EE (1992) Metals in water: determining natural background concentrations in mineralized areas. *Environ. Sci. Technol.* 26, 2316–2322
- Salminen R. (2005) *Geochemical Atlas of Europe*. Espoo: Geological Survey of Finland
- Sarasquete C et al. (1997) Histochemical distribution and accumulation of trace metals in the heart of green and normal *Crassostrea angulata* specimens from different southwest Spanish coasts. *Eur. J. Histochem*, 41:139–148
- Sarmiento, Aguasanta M. et al. (2016). Bioavailability and toxicity of metals from a contaminated sediment by acid mine drainage: linking exposure–response relationships of the freshwater bivalve *Corbicula fluminea* to contaminated sediment. *Environ Sci Pollut Res*, 23: 22957–22967.
- Schneider A. et al. (2010) Evaluation of the Heterogeneity of Constructed Landforms for Rehabilitation Using Lysimeters. *Vadose Zone Journal*, 9:898–909
- Schneider P et al. (2017) Determination of the Geogenic Metal Background in Surface Water: Benchmarking Methodology for the Rivers of Saxony-Anhalt, Germany. *Water*, 9(2): 75.
- Sims DB, Francis A (2010) Anthropogenic Influences on Geogenic Trace Elements and Contamination in Wash Sediments from Historical Mining Activities in the Carnation Wash System, Nelson, Nevada (USA). *International Journal of Soil, Sediment and Water*, 3(1):2
- Skubal LR et al. (2002) Cadmium removal from water using thiolactic acid-modified titanium dioxide nanoparticles. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 148(1–3): 393–397
- Stigliani WM (1988) Changes in valued "capacities" of soils and sediments as indicators of non-linear and time-delayed environmental effects. *Environ. Monit. Assess.* 10: 245–307
- Stigliani WM (1991) *Chemical Time Bombs: Definition, Concepts, and Examples*. Laxenburg: IIASA
- Strömberg B, Banwart S (1994) Kinetic modelling of geochemical reactions at the Aitik mining waste rock site in northern Sweden. *App Geochem*, 9:583–595
- Tack FMG (2010) Trace Elements: General Soil Chemistry, Principles and Processes. In: Hooda PS, *Trace Elements in Soils*. Chichester: Wiley, 9–37
- Vasudevan S, Lakshmi J (2011) Effects of alternating and direct current in electrocoagulation process on the removal of cadmium from water—A novel approach. *Separation and Purification Technology*, 80: 643–651
- Vasudevan S, Lakshmi J, Packiyam M (2010) Electrocoagulation studies on removal of cadmium using magnesium electrode. *J. Appl. Electrochem*, 40: 2023–2032

- Wang L, Liang T (2015) Geochemical fractions of rare earth elements in soil around a mine tailing in Baotou, China. *Scientific Reports*, 5: 12483
- Weed DL (2005) Weight of Evidence: A Review of Concept and Methods. *Risk Analysis*, 25(6): 1545–1557
- Younger PL (1997) The longevity of minewater pollution: a basis for decision-making. *Sci Total Environ*, 194–195:457–466
- Younger PL, Banwart, SA, Hedin RS (2002). *Mine Water: Hydrology, Pollution, Remediation*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Younger PL, Coulton RH, Froggatt EC (2005) The contribution of science to risk-based decision-making: lessons from the development of full-scale treatment measures for acid mine waters at Wheal Jane, UK. *Sci Total Environ*, 338:137–154
- Zhu C, Andersen G (2002) *Environmental Applications of Geochemical Modeling*. Cambridge: Cambridge University Press