

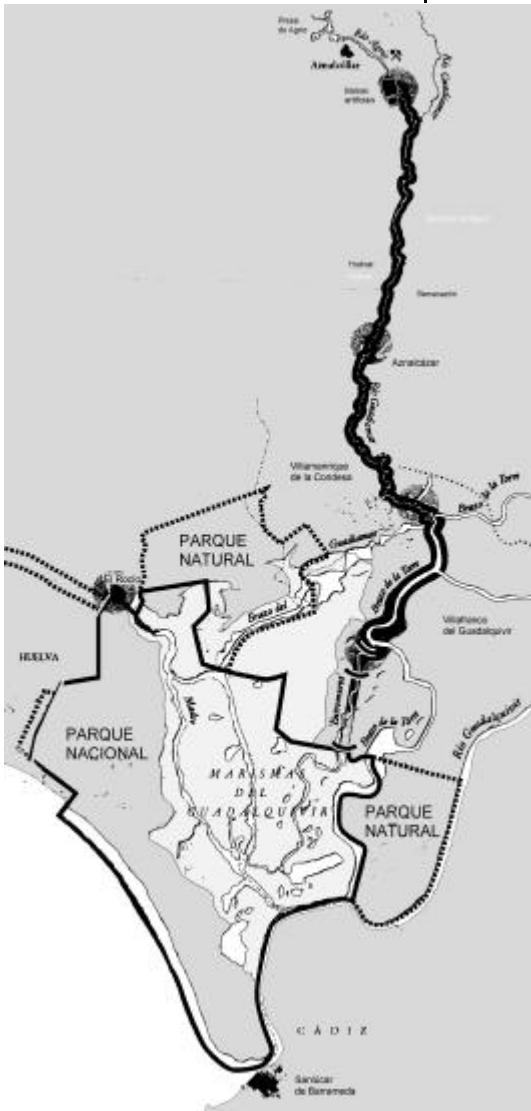
ACTUALIDADE

DOÑANA: DESASTRE ECOLÓXICO

BERMEJO, Manuel R.

MANEIRO, Marcelino

Universidade de Santiago



INTRODUCCIÓN

Unha das noticias científicas e sociais máis preocupantes deste último mes é o derrame dos refugалlos mineiros contidos na balsa de Aznalcóllar, ó río Guadamar. Este río non só nutre de auga ós desemellantes acuíferos de Doñana, senón que ó desembocar no Guadalquivir pasa polo mesmo coto de Doña Ana no esquema da Figura 1 pódese ver a incidencia deste río sobre a zona do Parque Nacional e do Parque Natural; ó tempo van indicadas zonas -como a de Entremuros- das que comentaremos amplamente neste artigo.

Figura 1. *Mapa da situación das balsas e das zonas contaminadas, con respecto ó coto de Doñana.*

Os políticos tratan de minimizar o desastre con frases como: “non se ten detectado contaminación no corazón de Doñana” (Tocino), “os mariscos de Sanlúcar non están contaminados” (de Palacio), “este problema resolverémolo en pouco tempo” (Chaves), etc. Tratan de minguar o desastre agachando a información, poñendo en dúbida os datos analíticos dos organismos (ONG’s) que os fan públicos, descualificando os informes ecoloxistas, dificultando a chegada de voluntarios para traballar, ...

Ningún dos políticos foron quen de asumir as responsabilidades e de dimitir. Cada quen bótalle a culpa ós da outra administración e todos xuntos e ningún por separado son capaces de sumar esforzos para solucionar este grave problema de contaminación.

Diante desta situación pedíusenos, dende ENCIGA, que tentáramos facer unha presentación da contaminación derivada da minería procedente da mina de Los Frailes, así como dos contaminantes existentes na balsa de Aznalcóllar, ó tempo, se é posible, unha valoración de urxencia dos posibles problemas. Canto poidamos coñecer ata o momento, así como a nosa particular valoración, vai de seguido.

A MINA DE *LOS FRAILES*

A composición da mina

A mina forma parte do complexo mineiro existente na serrañía que separa Sevilla de Huelva e Portugal e abrangue, entre outras minas: Río Tinto, Freguera, Las Cruces e Neves Largo. Toda esta zona metaloxénica é o que os xeólogos chaman “faixa piritica” de xeito que, estas minas, están integradas por filóns do que os químicos chamamos piritas complexas.

Estas piritas son poli-sulfo-arseniuros metálicos de fórmula xeral $(M, M', M'', \dots)_x(S, As)_y$. Os metais presentes son todos aqueles capaces de se estabilizar coma sulfuros ou arseniuros; isto é, metais brandos na terminoloxía de Pearson e, polo tanto, metais pesados e poucos cargados.

Así pois un filón destas características podería levar Zn, Cd, Hg, Cu, Ag, Au, Tl, Pb e, en menor medida, Mn e Cr. Sempre irán acompañados de Si, Fe e, en menor medida, P.

A prensa informa que a mena principal dos filóns existentes en Los Frailes consta de $(Zn, Cu, Pb, Ag, Au)_x(S, As)_y$. Dise que a mina produciría este ano 125.000 Tn de Zn, 5.400 Tn de Cu, 47.600 Tn de Pb, 3.106 de onzas (\cong 90 Tn) de Ag e cantidade sen cuantificar de Au.

Os xornais non informan de que ese filón, que obviamente estaba integrado pola mena que xeraba o concentrado metálico, que permitía beneficiar todas esas toneladas de metais; tamén contiña tódolos outros metais que, dado a

súa menor concentración, non facían rendible a súa explotación pero que forzosamente -pola natureza do filón- tiñan que estar alí. Quérese dicir que nos refugallos resultantes da beneficiación metálica da mena, ficarán tódolos elementos non rendibles: Hg, Cd, Tl, As, P, Fe, Cr, Mn,... Como se pode observar trátase dun cóctel de metais pesados altamente tóxicos que irán integrar os refugallos derivados da explotación.

Cómpre saber que para beneficiar todos eses metais necesítase mobilizar, cada ano, 4.200.000 Tn do mineral procedente do filón; logo indicaremos os pasos da beneficiación do mineral para comprendermos a magnitude destes procesos metalúrxicos e abranguer a exacta dimensión do seu impacto ambiental.

A empresa sueca Boliden é a propietaria de Andaluza de Piritas, que explotaba a antiga mina de Aznalcóllar (hoxe xa esgotada) dende o ano 1986 e que foi a que orixinou a maioría dos lodos que había na balsa que se derramou. Hoxe esta empresa está a beneficiar outro filón -a mina de Los Frailes- que está chamado a ser unha das maiores explotacións, a ceo aberto, de Europa. Produciu no ano 1997, primeiro ano de traballo, as seguintes cantidades: 61.500 Tn de Zn; 22.200 Tn de Pb, 2.900 Tn de Cu e 40 Kg de Ag, tras mover 2.1 millóns de Tn de mineral. Este ano 1998 tíñase pensado duplicar a extracción e a produción metálica incrementando moito a cantidade de Ag, nos termos indicados anteriormente.

Non imos entrar a discutir as tropelías cometidas por esta empresa capitalista: cómo se fixo, polo prezo simbólico de 1 peseta, coa propiedade dunha mina esgotada, nin como é que logo voltou a producir, non diremos nada do posible desvío no uso de fondos comunitarios para seguridade e control ecolóxico, nin como todo o pobo de Aznalcázar dependía das decisións da patronal. Somentes indicaremos que a necesidade mineira -importancia estratéxica dos metais- e a fame -unha zona deprimida e unha empresa que xera 520 postos directos e 2.500 indirectos para unha poboación de 6.000 habitantes- poden inducir, cando non hai un ríxido control das autoridades políticas, a desastres ecolóxicos como o presente.

A beneficiación do mineral

O filón, tal e como se presenta na mina, ten de se transformar nun concentrado metálico que, logo, se poda tratar de reducir -métodos hidrometalúrxicos ou pirometalúrxicos- para chegar a obter os metais. Esta primeira etapa é a máis contaminante e a que xera o maior número de postos de traballo.

O mineral é transportado dende a mina ata a planta de tratamento -ver Figura 2 un esquema da beneficiación- onde segue os seguintes procesos:

a) *Trituración ou moenda*. O mineral lévase a unhas tolvas onde se tritura, nun muíño de bolas ou de rolos, e se le engade auga coa intención de separar a mena (concentrado metálico) da ganga (SiO_2 , areas, alúminosilicatos, arxilas, etc.) que, en grandes cantidades, acompañan á mena. Nesta explotación estanse a tratar uns 4 millóns de Tm/ano para obter unhas 200.000 Tm de concentrados metálicos -¡menos do 10%!-, o resto van ser refugallos que cómpre tratar axeitadamente para evitar os problemas derivados da súa toxicidade.

b) *Flotación*. Este proceso pretende separar, por densidades, a mena, máis densa en xeral, da ganga que se tenta facer flotar. O mineral, finamente dividido en auga, atácase con ácidos, para solubilizar certos metais e precipitar outros, e se leva a grandes celas de flotacións onde se trata toda a suspensión con axentes químicos escumantes capaces de facer flotar unha parte do mineral -a ganga- e deixar que, por densidade, se vaian ó fondo os metais que queremos beneficiar.

Os produtos químicos que se empregan para realizar a flotación son compostos orgánicos con grupos funcionais capaces de interaccionar, escumar e flotar os compoñentes menos interesantes -ganga- e podelas, así, separar do concentrado metálico. Usáronse tradicionalmente fenois, tiois, e polioles e, máis recentemente, hidrocarburos aromáticos policíclicos do tipo dos éteres coroa e criptandos. Pódese albiscar xa da toxicidade dos refugallos pola intrínseca perigosidade dos produtos utilizados como escumantes (ver na Figura 3 un esquema que axuda a comprender como é unha cela de flotación).

c) *Separación dos lodos, ou refugallos, do concentrado metálico*. As celas de flotación teñen uns sumidoiros por onde se pode separar os desemeillantes metais en función das súas densidades, e fica nas celas os lodos formando na superficie unhas densas escumas, semellantes á tona do leite. Toda esta parte superior lévase a unhas enormes balsas de decantación onde se iniciará o proceso de depuración.

Os concentrados metálicos sepáranse e, posteriormente, sométense ó proceso de beneficiación metálica por redución.

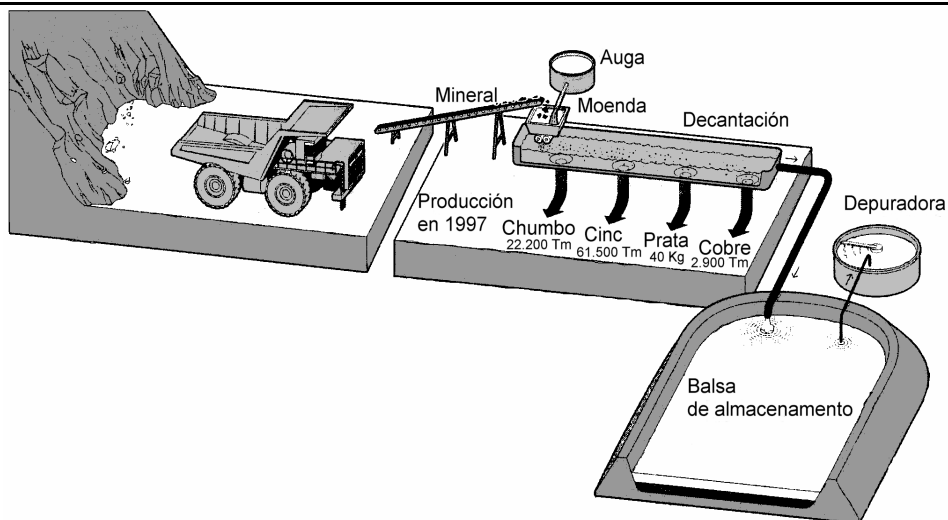


Figura 2. Esquema da beneficiación da mina Los Frailes no ano 1997.

d) *Alguns problemas derivados desta fase do proceso:*

-Para tratar uns 4 millóns de toneladas en planta cómpre mobilizar 7.000.000 Tn de montaña na mina. Se os camiós transportan 20 Tm de mineral, cumpriría 350.000 viaxes/ano, ou sexa, uns 1.000 camiós transportados por día. Nótese a magnitude do impacto ambiental que isto representa. Hai 3 millóns de Tn de áridos que cómpre mobilizar dende a mina cara outro lugar.

-Como consecuencia do ataque do mineral nas celas de flotación, o pH interior da cела é de 2, co perigo conseguinte para a vida e o contorno se se derrama ou vai a un río: A auga que se verte ós ríos ten que ir con pH 7.

-Os 4 millóns de mineral van xerar máis de 4 millóns de refugallo -auga máis lodos- que cómpre tratar axeitadamente, para evitar a contaminación do contorno e, logo transportar a unha escombreira para tratar de minimizar o impacto ambiental.

-Esta etapa de beneficiación implica o uso de inmensas cantidades de auga -máis de 2 m³/Tn- polo que cómpre depurala e reutilizala: necesidade de enormes e eficaces depuradoras.

-Os refugallo que están en suspensión, nas celas de flotación, son altamente tóxicos e están ó descuberto: contaminación atmosférica, efecto sobre a saúde dos traballadores,..., etc.

-Perigosidade de uso inaxeitado dos produtos químicos empregados na flotación e como escumantes.

A Balsa de Aznalcóllar

A parte que máis encarece a minería non é os salarios do persoal, nin os permisos de compra-extracción, nin a investigación, nin sequera o mantemento das máquinas e das plantas. O que máis grava sobre o prezo do metal é a parte económica adicada a minimizar o impacto ecolóxico: separar áridos e plantar especies rexeneradoras do solo, nas montañas que se forman nas escombreciras, depurar os millóns de m³ de auga que se precisa, tratar os refugallo ata inertizalos ou convertelos en montes con especies vexetais capaces de transformalos de gravemente tóxicos en inocuos, ... etc.

Na minería da empresa Boliden a balsa de tratamento de refugallo, sita en Aznalcóllar, era a encargada de tratar os lodos contaminantes xerados na planta de beneficiación do mineral. No esquema da Figura 3 recóllense as etapas deste tratamento: os refugallo xerados nas celas de flotación fanse chegar á balsa de decantación onde os lodos se van ó fondo (por gravidade) e na superficie queda a auga contaminada que se leva a unha depuradora capaz de tratar tanta auga chega á balsa.

En teoría, se se cumpre a lexislación e todo funciona cos controles precisos, unha industria mineira non debería representar un grave perigo ecolóxico:

-A balsa de decantación debería estar ben construída (non permeabilizar nada do contido, resistir as tensións xeradas no seu interior, ter capacidade dabondo, etc.).

- Os lodos contaminantes retiraríanse, inertizaríanse e/ou transportaríanse a lugares seguros.

-As augas contaminadas trataríanse axeitadamente nunha depuradora que funciona.

-As augas depuradas non se verterían ó río, senón que voltarían por circuíto pechado ás celas de flotación, etc., etc.,

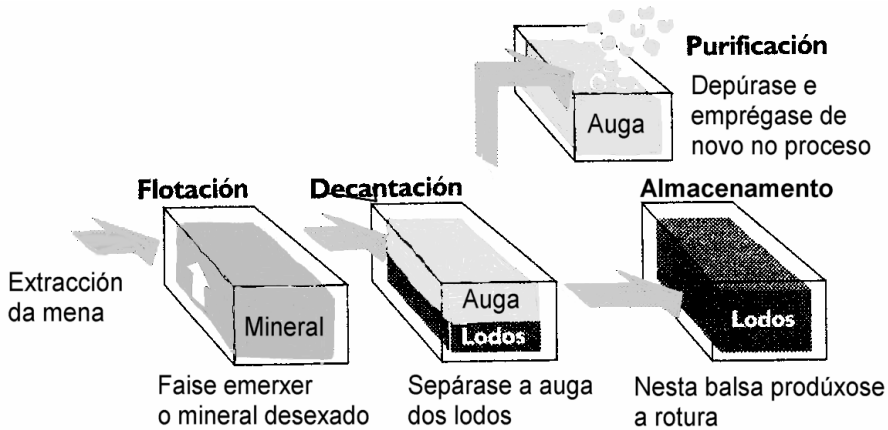


Figura 3. Esquema do proceso global de tratamento dos refugallo.

O proceso sería seguro e non xeraría máis problemas que un controlado impacto no contorno natural.

O malo é que as empresas capitalistas queren obter o máximo beneficio, minimizando os custes e, cando as autoridades están asimiladas ou non cumpren coa súa obriga, minimízanse sempre as medidas de seguridade que case non se ven: ninguén vai comprobar que a auga que vai ó río non leva o pH axeitado ou que non contén metais ou produtos tóxicos; ademais se alguén mide os parámetros desa auga luínte a empresa sempre o negará ou, se é cazada e penalizada sempre haberá un pardillo/causante da desfeita ó que se lle paga moi ben para que acepte a súa culpabilidade, etc., etc., etc.

Sentados estes precedentes pasemos a analizar cómo era a balsa de almacenamento de Aznalcóllar para comprendermos a magnitude do desastre e a enorme responsabilidade das dúas administracións concorrentes -Junta de Andalucía e estado central.

Lembremos que cada día se trataban 20.000 Tn do mineral que podemos chegar a producir unhas 60.000 Tn de auga con lodos, dado que a densidade media desa suspensión é da orde de 3. Cada día bombeábanse á balsa uns 20.000 m³ de lodos, o que supón uns 7.3 10⁶ m³ que entraban cada ano para o seu tratamento na balsa de almacenamento.

As dimensións do desastre

É doado comprender que o tratamento dunha tan enorme cantidade de lodos tiña que implicar: unha balsa cunha capacidade de almacenamento correspondente, unha depuradora que fora capaz de depurar canto entraba como líquido e unha balsa capaz de aguantar un depósito con tantísima presión sobre

as paredes e impermeable a todo tipo de filtracións. Obviamente esta balsa debería estar o máis alonxada posible de centros humanos que se puideran danar e, obviamente, nunca ó carón dun río.

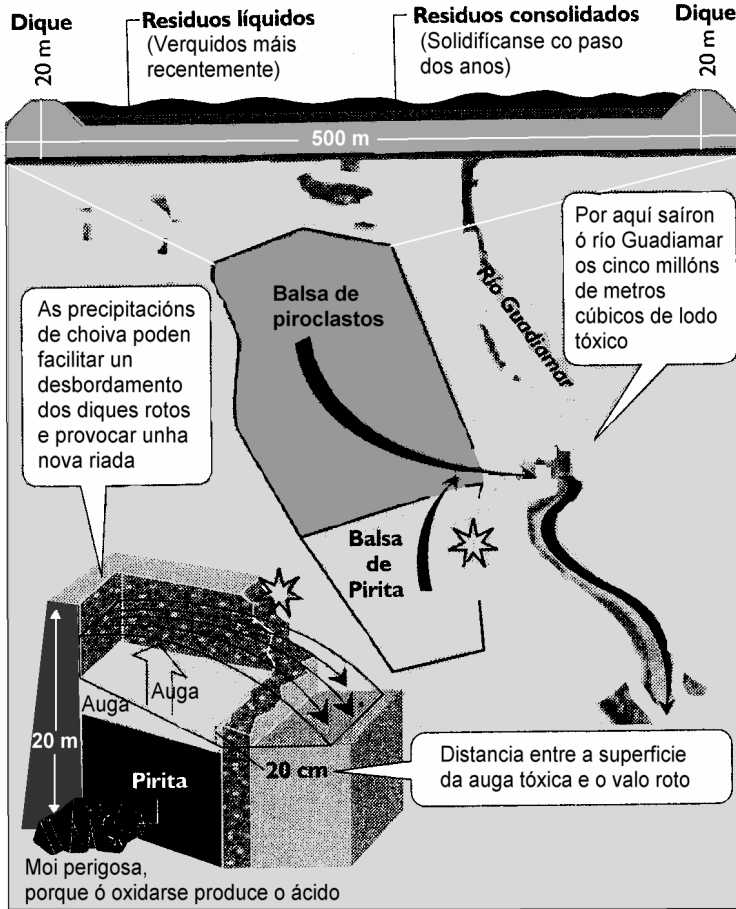


Figura 4. Esquema da balsa de almacenamento de refugallos

A balsa de almacenamento (ver Figura 4) tiña de dimensión uns 500-600 m de ancho, entre 1200-1500 m de longo -con dous corpos unha balsa máis cativa onde estaban os lodos sólidos xa para compactar e almacenar en lugar seguro ($\cong 300$ m) e a grande con auga e lodos en suspensión ($\cong 1.000$ m)- a altura da balsa era, nun principio, de 47.5 m pero se solicitara un permiso de ampliación para chagar ata 64.5 m. Estamos a falar dunha balsa de lodos sólidos que podería conter sobre $6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ e a balsa de almacenamento e tratamento da auga que podería conter sobre $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

¿Cantos m^3 había na balsa cando rachou? Dise que dentro quedaron 2 millóns de m^3 , sabemos que a depuradora de augas non estaba preparada para tratar máis do 30 % dos aportes diarios (uns $600 \text{ m}^3/\text{hora}$). As noticias dadas polos xornais son moi dispares e confunden m^3 (capacidade) con Tn (peso) pero falan de que se derramaron 5-7 millóns de m^3 . ¿Se nos está a dicir que nunha balsa construída para conter uns 30-40 10^6 m^3 somentes había 3-10 millóns de m^3 ? ¿Para que incrementaron o tamaño? Sería para poder reter un volume maior.

Preguntas, medias verdades, ocultacións: as administracións implicadas non teñen o menor interese en que saibamos a verdade. De calquera xeito xa é dabondo co desastre cometido co derrame de 7 millóns de m^3 de lodos, pero se se nos minte e foron 20-30 millóns, ¿que se podería facer? Tentamos sinalar as dimensións dos números que estamos a empregar para comprendermos mellor a magnitude do desastre e a necesidade de medidas de urxencia.

Seguimos coa análise dos números que deron as administracións para tentar comprender a dimensión do desastre: Dixeron que estaban contaminados con lodos unhas 3.600 Ha, se admitidos coma bo o dato e supoñemos unha capa contaminante de lodos con espesor medio de 0.30 m resulta que o volume é de $\cong 12 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, sáenos xa bastante máis, pero insistimos que os datos da administración non son totalmente certos, pero tampouco totalmente falsos, simplemente tratan de trabucarnos a todos. De calquera xeito quedémonos cun valor orientativo duns 10 millóns de m^3 de lodos contaminados derramados polos arredores de Doñana.

Se a densidade dos lodos saídos da cela para a balsa era de 3 g/cm^3 non é complicado admitir un valor de 4 g/cm^3 para os lodos secos sobre as terras de Doñana. Estamos a falar de $\cong 40$ millóns de Tn!!! de refugallos a retirar.

Os problemas

¿Cales son os problemas derivados da rotura da balsa de Aznalcóllar? Sen dúbida algunha e sendo un chisco cínicos, non serían ningún. En calquera parte do terceiro mundo non tería pasado nada. En Galicia, un problema ecolóxico similar sería silenciado. Hai problema porque a contaminación, o desastre ecolóxico é en Doñana, considerada coma Reserva Ecolóxica da Humanidade.

No que sigue indicaremos algúns problemas derivados desta contaminación e deixaremos aberta a porta para que os lectores sigan inspeccionando e denunciando posibles agresións ecolóxicas:

-As augas derramadas levan un $\text{pH} \cong 2$ e conteñen en disolución maiores ou menores cantidades de metais tóxicos. Noutro punto sinalaremos cal é a

situación da auga na chamada zona de Entremuros, onde se atopa o Lucio do Cangrexo Grande.

Das dúas alternativas que había: deixar chegar as augas ó Guadalquivir e que o efecto da dilución controlara o problema ou clausurala entre diques e depurala, para logo enviala ó río, escolleuse o tratamento e depuración desa auga. De tódolos xeitos, en tanto non se trate, seguirá a ser tóxica, para as aves e a vida mariña e poderá contaminar os acuíferos, especialmente o 28 que sirte de augas parte do coto de Doña Ana (ver Figura 1).

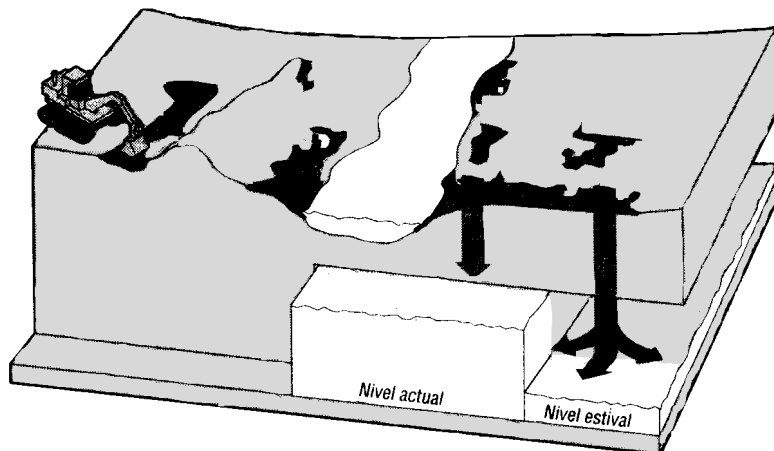


Figura 5. Esquema da capa freática na zona dos acuíferos.

O derrame tivo xa como primeiro e dramático efecto a morte de toda canta vida -animal e vexetal- se atopou no seu camiño.

-Contaminación dos acuíferos. Os acuíferos, e particularmente o 28 que afecta a Doñana, están en risco de se contaminar de xeito irreversible segundo se ve no esquema da Figura 5. Na actualidade os metais pesados están na superficie, por que o nivel do acuífero é alto; cando chegue a seca, e descenda o nivel, os refugallos tóxicos da superficie -se aínda non se retiraron-, filtraranse cara as capas máis fondas e, logo, espallaranse pola capa freática dispersando a contaminación de modo irreversible.

-Perdas en agricultura. O depósito do lodo sobre as hectáreas de frutais, cultivos, pastos, etc., fixo que as 3.600 Ha sexan improductivas hoxe e, ¿por cantos anos?.

-Os efectos sobre a flora e a fauna do pre-parque do Parque Natural e do Parque Nacional son dificilmente previsibles. Os lodos levan metais pesados tremendamente tóxicos (Cd, Hg, Pb, Tl) e arsénico (non preocupante no seu estado actual, pero si cando se mobilice e metabolice polos animais superiores).

Estes elementos tóxicos producirán esterilidade e malformacións en cantos animais os enxiran. En esquema a flora vai encargar de fixar e concentrar os metais pesados e os animais hanse alimentar deles para contaminarse.

-Os primeiros efectos foron xa visibles dende os primeiros días: a acidez do río e a diminución da demanda biolóxica de osíxeno (DBO) eliminaron a vida alí por onde pasou a marea contaminante.

-Os lodos retidos na balsa son os máis perigosos por conter os metais máis tóxicos e nas concentracións máis elevadas. Unha avenida de auga ou unha tromba podería producir outro derrame de lodos contaminantes. Cómpre pois selar con urxencia as balsas de almacenamento e proceder a depurar -canto antes-, montando unha segunda depuradora, os refugallos da balsa. Ó tempo cómpre transportar os lodos sólidos a un lugar seguro para compactalos e inertizalos.

-Non se nos di, pero se sospeita, que nesa balsa se depositaban moitos outros refugallos e cinzas de composición descoñecida pero, con moita probabilidade, dunha toxicidade moi grande.

-Non sabemos, aínda, da potencial actividade carcinóxénica dos produtos que fican nas balsas de decantación. ¿Entre os refugallos e cinzas había produtos desa actividade? ¿Evolucionaron, na balsa, os produtos químicos da flotación coma aminas, hidrocarburos aromáticos policíclicos, etc.? Aínda non hai datos públicos cando isto se escribe, pero si fundadas sospeitas.

É necesario repetir unha e outra vez que as aves aínda non saben ler e están a beber en zonas contaminadas.

Ó falar dos problemas deberíamos comentar cómo e por qué se fendeu o muro de contención da balsa. Este é un tema onde ningunha das administracións está a dicir a verdade para eludir as responsabilidades; pero todos son, en maior ou menor medida, culpables.

-É culpable a administración central que dá permiso para que exista esta balsa a carón dun río -o río Agrio- que vai ir desembocar no río Guadiamar que é afluente do Guadalquivir.

-É culpable a Junta de Andalucía por non extremar as condicións de seguridade dunha mina cun perigo potencial tan enorme. Son responsables de dar por bos os controis feitos pola empresa ou os que realizaban os seus técnicos sobre a seguridade e resistencia da balsa de almacenamento.

-É culpable a empresa por actuar da forma máis vil. Aforraron na construción da balsa xerando un perigo potencial que, cumprindo a lei de Murphy, transformouse nun perigo real.

As solucións

Non é doado dar solucións a un desastre como o que estamos a comentar e aínda que a mellor solución é a prevención -nesta ocasión, como sempre, incumpríuse-, comentaremos algunhas solucións imprescindibles e outras posibles.

-Selado das balsas de decantación e almacenamento. Con urxencia cómpre eliminar o risco dun novo verquido dos produtos contidos nas balsas con enorme toxicidade. As actuacións deberían ser:

- 1º. Illar con muros exteriores seguros as balsas para que non exista a menor posibilidade dun novo derrame.
- 2º. Depurar as augas e reciclalas á fase de tratamento de mineral. Endexamais mandalas ó río.
- 3º. Inertizar os lodos sólidos -dise que hai unha arxila expandida especial, chamada arlita, con capacidade para absorber os metais pesados- e levalos logo a un lugar completamente seguro.
- 4º.- Non voltar a utilizar a balsa.

-Selado e depurado da auga de Entremuros pola súa proximidade ós acuíferos de Doñana (no punto seguinte ampliaremos).

-Eliminación do perigo dos lodos contaminados sobre as 3600 Ha de terreo cultivable. Tódolos técnicos coinciden coa necesidade de eliminar os lodos, pero o cómo é no que non hai acordo.

- 1º. Algúns din de recoller os lodos con urxencia, aínda que se destrúa o manto vexetal e, logo, se teña que repoñer.
- 2º. Outros din sacar, por enriba, a maioría dos lodos e, logo, plantar especies vexetais ou bacterias que metabolicen os metais pesados.
- 3º. Hai quen opina que o mellor é esterilizar toda a zona: botar cal para neutraliza-lo pH, a arxila arlita para absorber os metais pesados e, máis adiante, transformar toda esa zona nun corredor verde que cerque e ampare o chamado pre-parque de Doña Ana.

O que cómpre é tomar unha decisión e facela urxentemente. Non pode ser que, logo de un mes de se ter producido o percance somentes se teñen recollido o 3% dos lodos. ¿Estase a dicir que se tardará 30 meses en retiralos? ¿Que vai pasar cando, de novo, cheguen as choivas no outono? ¿Que desculpas poñerán entón os políticos?

-Transporte dos lodos contaminados a lugar seguro. Fálase de que a antiga mina será o lugar máis seguro, pero cómpre montar un plano de emerxencia para realizar o transporte. Analicemos datos:

- 1º. Hai derramada da orde de 40 millóns de Tn.

- 2º. Cómpre realizar 2 millóns de transportes en camiións de 20 Tn.
- 3º. Se queremos rematar o transporte denantes da choiva cómpre facelo estes 3-5 meses (100-150 días).
- 4º. Haberán de realizarse entre 7.000-10.000 transportes diarios. Tal movemento implica un auténtico plano de emerxencia para a zona.

¿Qué se está a facer? ¿Cómo nos quedaremos se chove e se mobiliza de novo toda a masa de lodos secos?

A ZONA DE ENTREMUROS

Dentro do problema global da contaminación derivada da rotura da balsa de Aznalcóllar, un problema puntual, pero de enorme importancia ecolóxica, é a auga tóxica derramada e que se atopa na zona de Entremuros. Como dicían as autoridades “a auga retida en Entremuros é unha bomba de relaxería e cómpre desactivala denantes de que sexa tarde”.

Na Figura 1 hai un plano xeral da zona e, na Figura 6, ponse un acotado da zona de Entremuros.

I. Valores nos xacementos metálicos.

II. Máximo permitido nas augas verquidas a ríos.

A. Canal de augas mínimas.

B. Os caracois

C. Cangrexo Chico.

D. Lucio do Matochal.

E. Braço da Torre.

F. Braço do Cherri.

G. O Cherri (antes da comporta)

H. O Cherri (trala comporta)



Figura 6. Esquema acotado da zona de Entremuros

	I	II	A	B	C	D	E	F	G	H
pH	7.0	7.0	8.29	5.48	8.72	9.24	6.80	7.84	8.17	3.73
Fe	0.50	0.05	2.90	49.40	0.96	0.42	2.98	1.16	3.48	32.00
Zn	0.01	0.10	2.52	108.00	0.14	0.04	35.80	7.66	0.12	117.00
Mn	0.052	0.02	1.30	71.20	0.38	0.12	16.40	4.62	0.52	79.40

Táboa 1. Parámetros de contaminación medidos en distintas zonas do Río Guadamar nas proximidades de Entremuros (en miligramos por litro).

A zona de Entremuros, como se ve no esquema da Figura 6, é fundamental por se atopar nela o chamado acuífero 28 que é un dos que suministran auga a Doñana; pero tamén é crucial porque nela se atopa o chamado Lucio do Cangrexo Grande que, cando chega a seca, convértese en lugar para beber unha maioría de aves con residencia en Doñana. Como se ve no esquema da Figura 7.1, a auga contaminada estaba na proximidade do Lucio e cumpría evitar que chegara a contaminar esa reserva de auga do Parque Natural, pero xa na fronteira co Parque Nacional.

- 1º. Construcción de tres diques, o primeiro para evitar que se a auga contaminada chegaba ó Lucio non puidera penetrar en Doñana, e o segundo e terceiro para cortar os aportes contaminados e formar unha especie de balsa de almacenamento e decantación. No tempo se ía montando unha depuradora.
- 2º. Bombear a auga contaminada que camiñaba cara o Lucio para a zona de almacenamento, controlando que non chegara a contaminar a zona do Lucio.
- 3º. Construcción dun novo dique de contención en previsión do desbordamento da balsa se chegan as choivas e depuración das augas na depuradora. Cando a auga contaminada se depura lévase por un emisario de augas mínimas cara a zona das marismas do Guadalquivir.

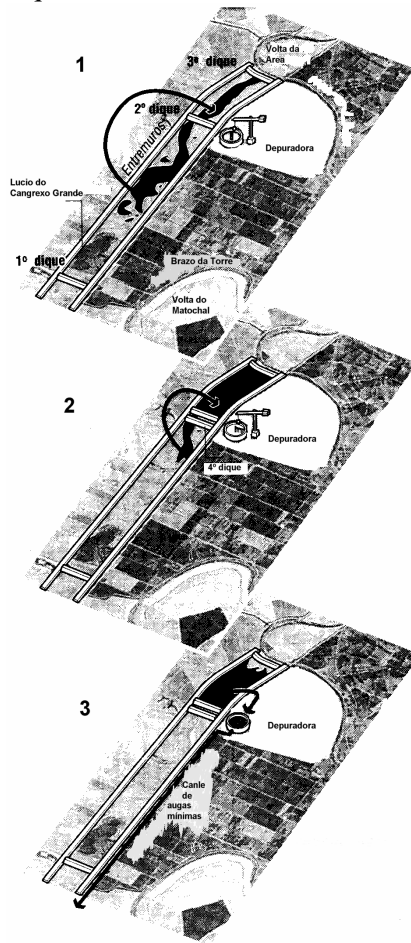


Figura 7. Esquema de actuación na zona de Entremuros.

Como se ve na Táboa 1, os niveis de contaminación desas zonas é desigual, pero están altamente contaminadas. Nótese de tódolos xeitos a relación existente entre as concentracións altas en metais e o pH ácido do medio. Elo implicaba unha urxente necesidade de actuación para evitar que chegaran nese estado ó Lucio do Cangrexo Grande. A actuación vai illar o sistema do río por un procedemento de barreiras e a construción dunha depuradora que permitira o tratamento das augas. Na Figura 7 vese cal foi o procedemento en tres etapas de actuación:

A actuación foi, ata o momento, satisfactoria e previsiblemente vaia evitar a contaminación do Lucio do Cangrexo Grande.

A DIDÁCTICA DO DESASTRE

Queremos rematar dun xeito positivo e optimista tentando utilizar este desastre ecolóxico con finalidade didáctica. Insistindo sobre o problema de globalización dos problemas da Humanidade, presentando este desastre dun xeito interdisciplinar, cómo resulta ser todo cando se relaciona co medio natural. Este problema pode servir para moitas e variadas áreas, velaí algunhas:

-Filosofía. Aproveitar para estudar cal é a relación do home, obxecto filosófico, co medio natural, ente globalizador.

-Matemáticas. Moreas de problemas podedes inventar usando os datos do desastre que tedes neste artigo.

-Xeoloxía. O tema das menas metálicas, as minas, a impermeabilización do terreo, etc.

-Química. A complexidade da metalurxia, o interese dos metais, o problema da contaminación, etc. Problemas químicos, reaccións nas celas de tratamento, etc.

Moitas outras disciplinas poden atopar iluminación neste desastre, para facer reflexionar ós alumnos sobre cal é, e, sobre todo, cal debe ser o comportamento noso en relación co medio natural.

Todos sabedes que, na medida en que conectedes a vosa didáctica co problema da vida real, tanto maior será o interese que os alumnos tomen na comprensión do problema que formulades.

CONCLUSIÓN

Queremos rematar esta presentación e reflexións sobre o desastre de Doña Ana para lembrar como as continuas agresións que os homes estamos a realizar sobre o noso planeta estanse a voltar contra nosa.

Como educadores témo-la obriga de facer chegar ós nosos alumnos, futuros cidadáns con capacidade decisoria, que o futuro da Humanidade está nas nosas mans. Por máis que o intentemos non imos ser quen de destrozar o medio natural; este, antes, desfarase de nós.