



Sir Joseph
Swan Institute
for energy research



Catchment Management and Mining Impacts in Arid and Semi-Arid South America

Gestión de cuencas con impactos mineros
en regiones áridas y semiáridas de Sudamérica

Retos de la gestión del agua en cuencas áridas con minería

Dr Tobias S. Rötting

Gerente del Proyecto CAMINAR

Prof Paul L. Younger

Coordinador Técnico de CAMINAR

*Investigación e Extensión en Ingeniería Hidrogeoquímica (HERO)
Universidad de Newcastle upon Tyne, Reino Unido*

Taller del Grupo de Dialogo
Minería y Desarrollo Sostenible



Lima, miércoles 17 de septiembre del 2008



- Quién soy y quienes somos: El grupo HERO
- El proyecto CAMINAR
- Evolución de perspectivas en la minería:
 - Sobre gestión del agua
 - Sobre gestión medio-ambiental
 - Sobre el ciclo de vida de actividades mineras
- Los retos
- Influencias externas
- Respuestas
- Conclusiones

- Gerente del Proyecto CAMINAR de la Comisión Europea sobre “Gestión de cuencas con actividades mineras en regiones áridas y semiáridas de Sudamérica” (contrato EC FP6 INCO-CT2006-032539) coordinando nueve instituciones de Perú, Bolivia, Chile, España, Portugal y Reino Unido.
- Doctor por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, en Ingeniería del Terreno
- Licenciado en Ciencias Ambientales por la Universidad de Bayreuth, Alemania, especializado en hidrogeología y geoquímica
- Especialista en
 - Descontaminación de aguas ácidas de mina con altas concentraciones de metales
 - Modelización de reacciones químicas en aguas de mina
 - Modelización de flujo de aguas subterráneas
 - Monitoreo de contaminación ambiental



¿Quienes somos?: El Grupo HERO

- Tras de 14 años de investigación y aplicación práctica en aguas de minas, el grupo HERO de la Universidad de Newcastle (R.U.) se ha convertido en el grupo más grande en esta materia en toda Europa
- HERO fue el sede de los dos proyectos de la Comisión Europea mas grandes hasta la fecha sobre aguas de minas : PIRAMID y ERMITE
- Actualmente, HERO es el sede de los dos proyectos mas importantes de la Comisión: CoSTaR y CAMINAR
- HERO es también el sede del Investigador Nacional de Aguas de Minas de la Agencia Medio-Ambiental (Inglaterra / País de Gales)

¿Quiénes somos?: El Grupo HERO (cont.)

- Experiencia internacional en manejo de aguas de minas:
 - Reino Unido (Río Tinto; MIRO; Anglo (Tarmac); EA; CA; Scottish Coal); España (Río Narcéa Gold Mines S.A.; ETSIMM; ETSIMO); Irlanda (Anglo Base Metals); Alemania (TUB-Freiberg); Brasil (CVRD; Banco Mundial); África del Súr (Anglo Coal); MI Intl Ltd); Canadá (Cape Breton Dev Co.; INAP; Mining Association of Canada); Nueva Zelanda (Solid Energy); Australia (Rio Tinto; AusIMM) etc.



THE QUEEN'S
ANNIVERSARY PRIZES
FOR HIGHER AND FURTHER EDUCATION
2005

- En Febrero de 2005, HERO fue otorgado el **Premio Del Aniversario de la Reina para Educación Superior**, el honor mas alto del sector universitario Británico por su trabajo sostenido en 'Remediación Universal de la Contaminación de Aguas de Minas'



El proyecto



Catchment Management and Mining Impacts in Arid and Semi-Arid South America

Gestión de cuencas con impactos mineros
en regiones áridas y semiáridas de Sudamérica

Objetivos:

- promover el **manejo sostenible de cuencas** con actividades mineras en regiones áridas y semiáridas de Sudamérica
- contribuir al establecimiento de **opciones de políticas**, y de **estrategias y tecnologías de manejo**
- **Perú, Bolivia y Chile** como países de demostración

Financiación: EC FP6 INCO-CT2006-032539





- elaborar **estudios de caso en cuencas piloto**
- establecer **foros de dialogo**
- desarrollar **SIGs y herramientas de soporte de decisiones**
- elaborar **planes de manejo de cuencas**
- redactar **guías** para el manejo integral de recursos de agua y ecosistemas
- proponer **opciones de políticas**



estudios de caso:

Río Chili
Arequipa, **Perú**

Lago Poopó
Oruro, **Bolivia**

Río Elqui
La Serena, **Chile**



Evolución de perspectivas en la minería

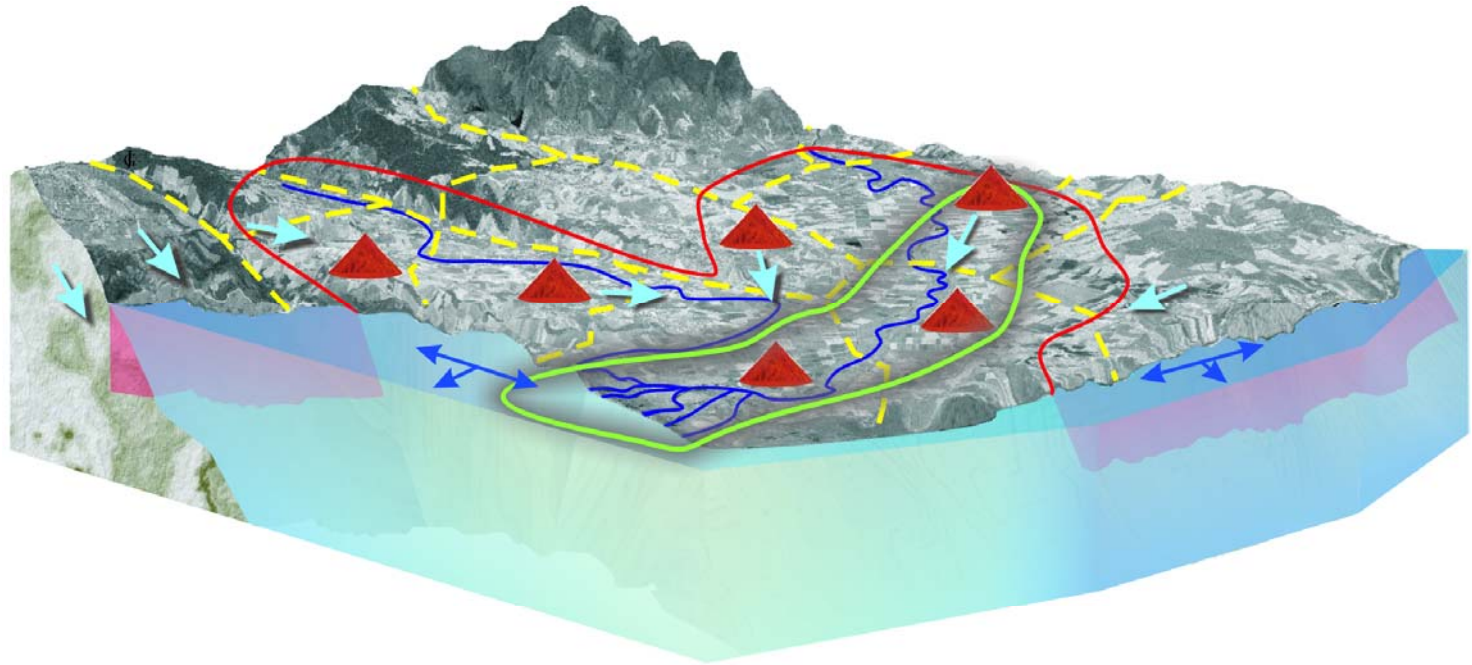
- Sobre gestión del agua
- Sobre gestión medio-ambiental
- Sobre el 'ciclo de vida' de las actividades mineras





- Una **molestia**
 - p. ej. informe inglés de 1858: “30 toneladas de agua por cada tonelada de mena”
- Un **mal necesario**
 - un elemento imprescindible en laboreo y beneficiación
- Un **bien medio-ambiental**



... sobre agua como 'un bien medio-ambiental' influido por minería

- Necesidad de evaluar impactos aguas abajo del 'uso' minero del agua: **EIA**
- Inserción en el manejo de cuencas hidrográficas: evaluación de los valores y **usos múltiples del agua** (tarea en progreso)
- Mas allá que la cuenca: la **huella total del uso minero de agua**, en espacio y tiempo

La perspectiva de cuenca ...



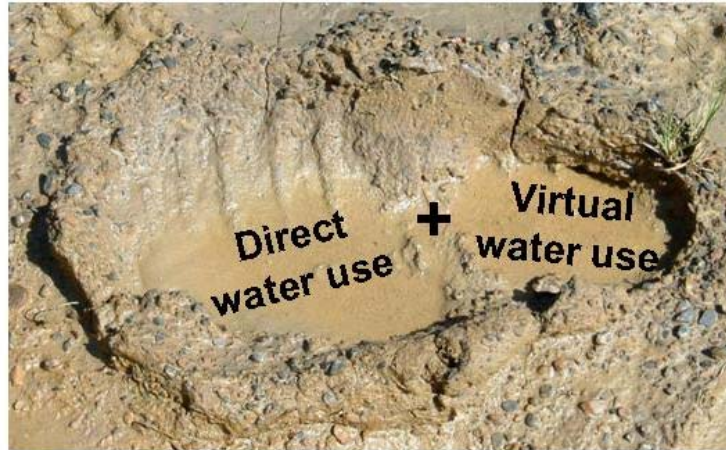
-  Surface Water Divide/Main Catchment Boundary
-  Surface Waters
-  Municipal Boundaries
-  Water Influence Zone of Mine Waste Site

-  Mine Waste Sites
-  Diffuse Groundwater Flow Direction
-  Coastal Water Flows

La 'huella hídrica' de una mina

Fase
operacional
de la mina

uso directo + uso virtual



Ejemplos:

- agua para extracción y procesamiento de mineral
- bombeos de desagüe
- intersección de acuíferos
- desvío de cauces
- etc.

Fase post-
cierre de la
mina



consumo remanente

- evaporación en lagos de tajo
- puntos remanentes de descarga artificial (túneles, perforaciones...)
- cambios en régimen de flujo de acuíferos (interconexiones etc.)

- Antes de 1980: casi nada
- 1980 - ~ 1995: Un lío impuesto de afuera
- ~ 1995 - hoy:
Un elemento clave del cumplimiento de la responsabilidad social empresarial; el costo de “la licencia social para operar” (Mining Association of Canada 2005)

- Enfoque 'tradicional': solo la fase extractiva
- Enfoque de los años 90^a: 'planificación para el cierre'
- Enfoque 'holístico': 'Planificación hidrológicamente defensiva'

- ¿Para que?: **evitar** la generación de nuevos 'pasivos ambientales mineros'
- ¿Cómo?: utilizar **prácticas que minimizan el impacto hidrológico** en el diseño e implementación de obras de exploración (pozos etc.), explotación, restauración y gestión a largo plazo
- con apoyo de las guías técnicas de ERMITE

...sin planificación hidrológicamente defensiva

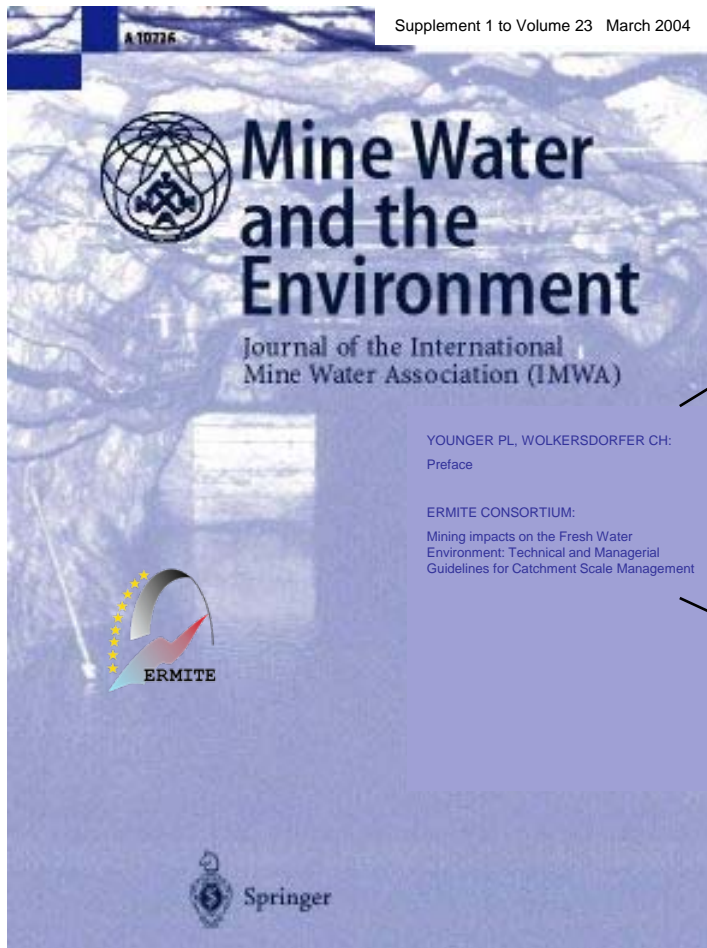
- Un **mal ejemplo** de Bolivia: pozos de exploración abandonados sin sellar



Proyecto ERMITE

ERMITE:

Environmental Regulation of Mine Waters in the European Union
Comisión Europea, 5º Programa Marco, contrato EVK1-CT-2000-00078



YOUNGER PL, WOLKERSDORFER CH:

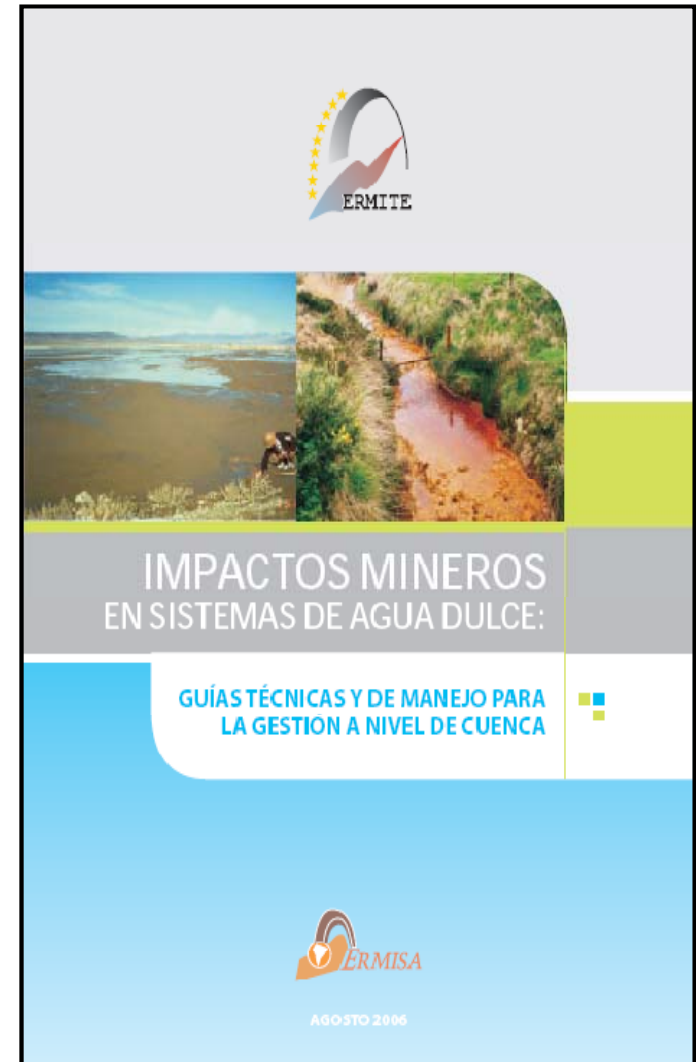
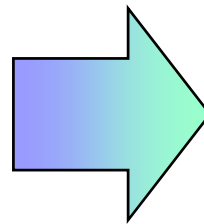
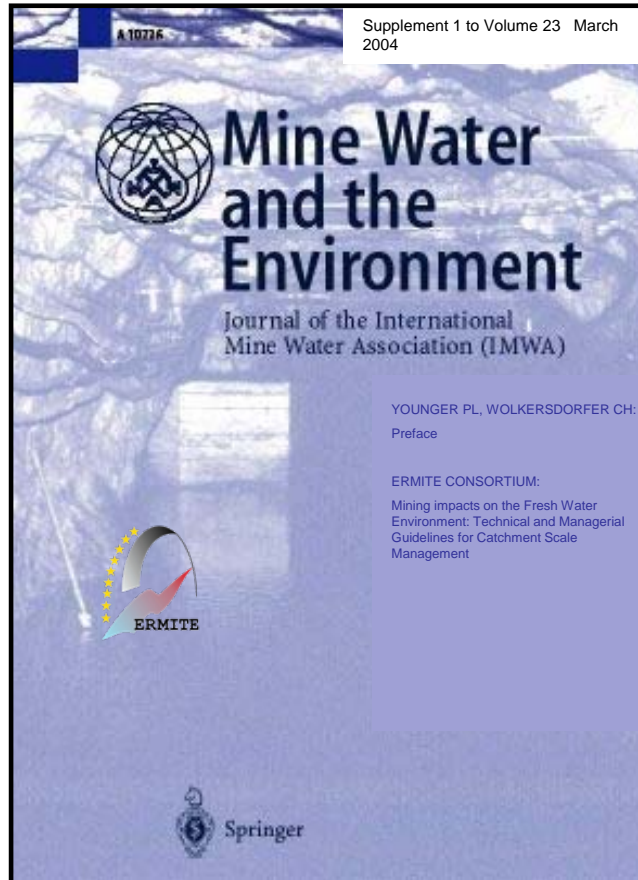
Preface

ERMITE CONSORTIUM:

Mining impacts on the Fresh Water Environment: Technical and Managerial Guidelines for Catchment Scale Management

Las guías técnicas de 'ERMITE' en español

para el manejo de impactos mineros
a nivel de cuenca



<http://www.labor.org.pe/webermisa/images/revista1.pdf>

- Cualquier actividad humana tiene impactos sobre el entorno.
- Los **impactos** pueden ser *positivos* o *negativos*.
- Lo importante es *ser consciente* de los posibles impactos para *minimizar los impactos negativos* y *maximizar los impactos positivos*.

- ‘Amnesia empresarial’ y seguimiento de estructuras claves (p.ej. Presas de relaves)
- Cambios en calidad de las aguas durante y después del cierre de una mina
- Cambios permanentes en cantidad y calidad de agua (*huella hídrica*)
- Aparición inesperada de dependencias de descargas artificiales del agua

‘Amnesia empresarial’ y la estabilidad de presas de relaves
Caso Aznalcóllar, España



Solución: construcción adecuada de la presa y de los pozos de observación, monitoreo de la estabilidad.

Empeoramiento de la calidad de las aguas durante la inundación de labores mineras abandonadas, después de finalizar el bombeo

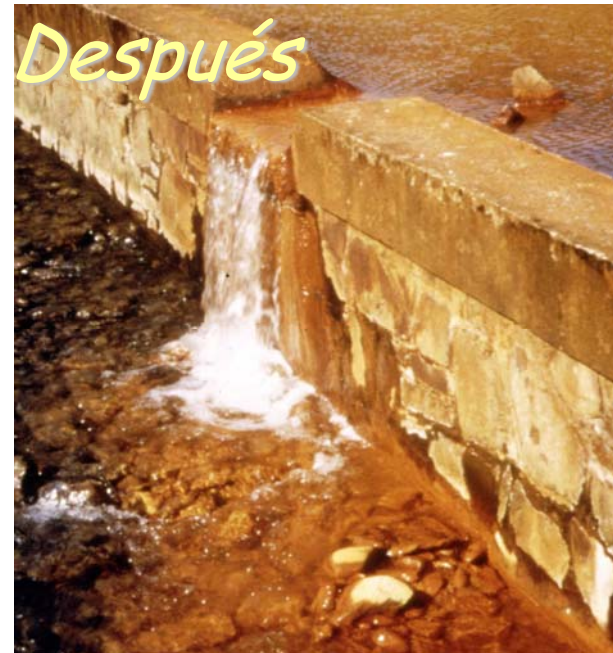
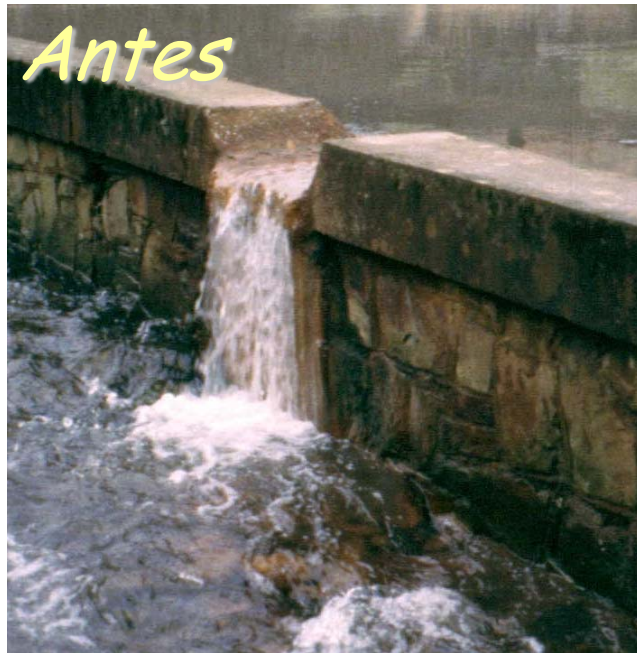


Disolución de 'sales generadores de acidez'

(minerales secundarios formados por la meteorización de pirita en un ambiente húmedo pero no saturado)

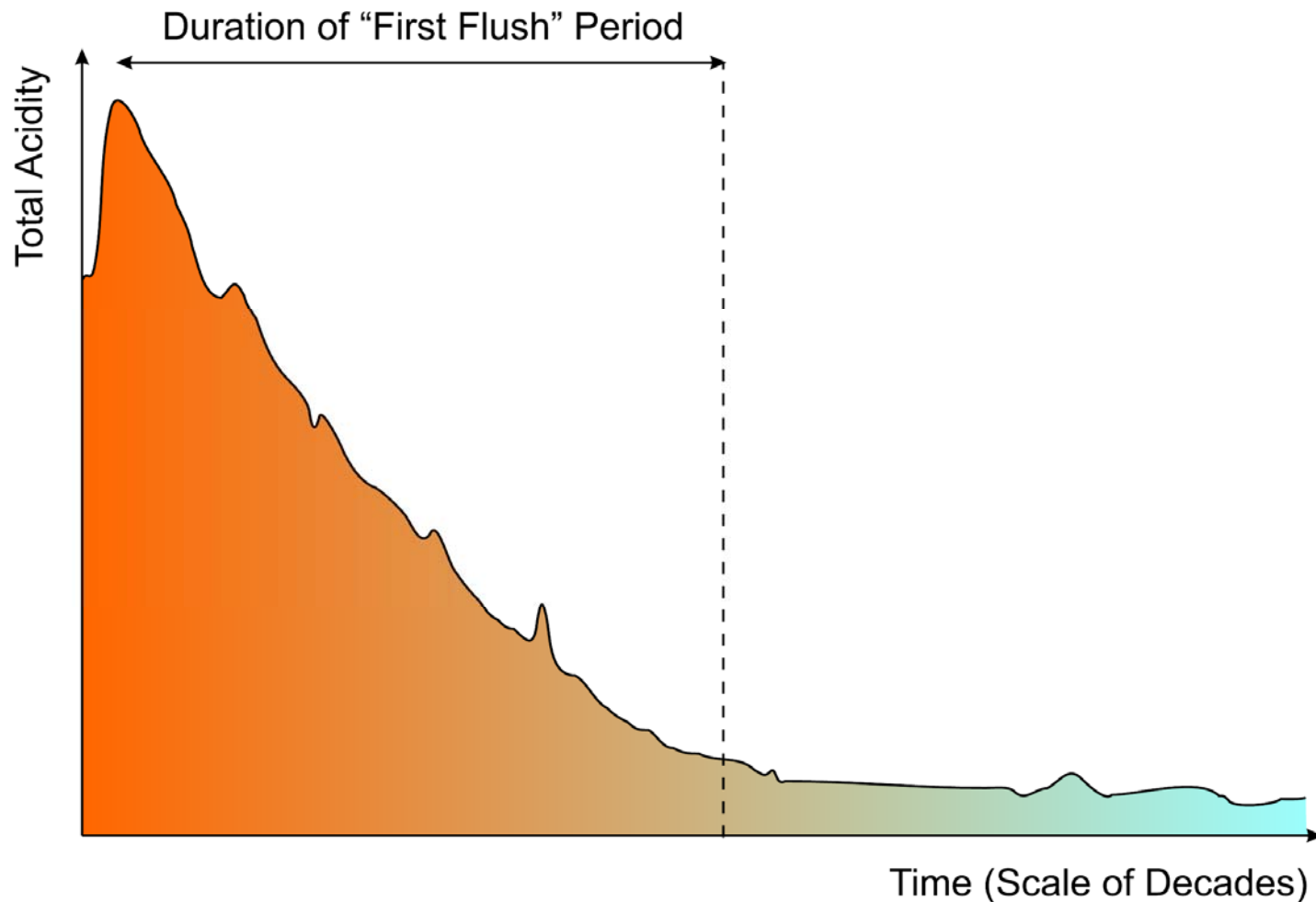
Cambios en calidad de las aguas (cont.)

Empeoramiento de la calidad de las aguas durante la inundación de labores mineras abandonadas, después de finalizar el bombeo



Cambios en calidad de las aguas (cont.)

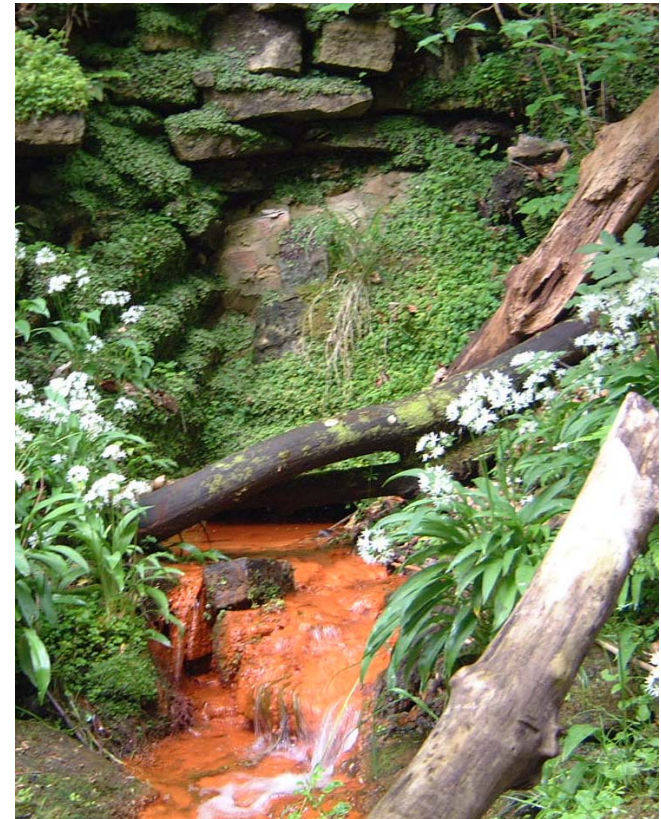
Cambios en calidad después de cumplirse la inundación
y el inicio de descarga





Labores
mineras de
la Edad de
Bronce:

Todavía
una fuente
de drenaje
ácido
después de
3500 años



A largo plazo ...



Durante el 'primer lavado' ...

La mina "Wheal Jane", SW de Inglaterra



Solución: planificación y previsión, tener instalado sistemas de tratamiento adecuados para cada fase.

- Por ejemplo:

- Reducción permanente del nivel freático por medio de galerías de drenaje / pozos horizontales etc.

Solución: planificación hidrológicamente defensiva

de aguas subterráneas por la evaporación en 'lagos de tajo'

- Importante: esos acuíferos no sufrían evapotranspiración antes de la explotación minera

¿que pasará tras del cese del desagüe?

- **Pérdida de flujo de base** en cauces aguas abajo durante la fase de inundación de la mina:
 - Pérdida de dilución para...
 - Pérdida de hábitat (Medal RAMSAR de C... del Sur)
- **Pérdida de riego de bosques etc.** que se cultivaron durante la fase de explotación

Solución: cese gradual del desagüe

A tener en cuenta también: **Influencias externas**

- Herencia del legado negativo de malas prácticas en la minería histórica
 - 850 pasivos ambientales mineros en el Perú
 - 25 críticos por sus impactos
- Cambio climático
 - Perú se destaca por una vulnerabilidad alta al calentamiento global (Tyndall Centre); implica cambios fuertes en la disponibilidad de agua en muchas cuencas mineras
 - Impactos indirectos relacionado al reto de la adopción de prácticas empresariales para minimizar emisiones de CO₂
- Cambios políticos
 - Pérdida de 'la licencia social para operar' (ej. sucesos recientes en Bolivia)

- EIA: Estudios de impactos medio-ambientales
- Gestión participativa de las cuencas
- Usos múltiples del agua
- Otras formas de regulación estatales
- Códigos voluntarios de mejores prácticas

- Muchas investigaciones han demostrado que el componente hidrogeológico en los EIAs es habitualmente demasiado débil, ej.:
 - Kuma, J.S., Younger, P.L., & Bowell, R.J. (2002): Expanding the hydrogeological base in mining EIA studies: A focus on Ghana. *Environmental Impact Assessment Review* **22**: 273 - 286.
 - Estudios de casos controvertidos actuales de la minería en el Perú, realizado por el equipo de ERMISA (2006)
- Frecuentemente falta una apreciación adecuada de los impactos a largo plazo
- Los estudios hidrogeológicos deben ser **públicos, disponibles antes del proceso de consulta,** para crear **transparencia y aceptación**

- Implementación de **políticas de protección y conservación del recurso hídrico** con participación de todos los grupos de interés
- **Planes de Gestión** de los Recursos Hídricos de las Cuencas, incluyendo
 - obras y acciones de prevención
 - sistemas de gestión hidrogeológica
- **Comités de Monitoreo y Vigilancia Ambiental participativos**
 - calidad y cantidad del agua
 - evaluaciones confiables e independientes

- Gestión eficiente de **aguas superficiales y subterráneas** a nivel de cuenca
- **Uso múltiple del agua**, en beneficio todos los actores
- Respetar un **caudal ecológico mínimo**
- **Uso eficiente** del agua: mejor tecnología disponible (sin costos excesivos – ‘BATNEEC’)
- La minera debería dar un buen ejemplo **para incentivar a otros sectores** de modernizar sus tecnologías

Principios ...

- Holístico
- Separación de poderes
- Seguimiento

Para qué ...

- Evitar 'incentivos perversos'
- Evitar conflictos de intereses
- Asegurar la credibilidad de la fiscalización (transparencia)
- Controlar la implementación

- Concretamente en cuanto a minería:
 - Separar la promoción de actividad económica de la protección del medio ambiente
 - ejemplo:
 - Ministerio de Energía y Minas:
 - Promover desarrollo minero, asegurando ingresos justos al tesoro público
 - Ministerio del Ambiente:
 - Revisar los EIAs; fijar límites (adecuados para cada región); monitoreo y control del cumplimiento
 - Fiscalización

- Ya tienen, y van a seguir teniendo, **un papel clave**:
 - suelen **reflejar 'lo posible'** mucho más fielmente que las leyes escritas por políticos que no conocen bien el sector minero
 - Entran en **niveles de detalle** mucho más finos que las leyes
- Sin embargo, se pueden identificar casos en que el **uso 'ciego'** de tales códigos ha rendido resultados totalmente contrarios de los planteados por los autores de los mismos códigos

Ejemplo: Provocando problemas graves por la aplicación 'ciega' de una política de descarga cero

- Mina de oro, zona semi-árida
- Se implementó una **política de descarga cero** mediante la construcción y uso de una enorme **cuenca de evaporación**
- Se evaporaron todas las aguas:
 - usadas en la beneficiación de la mena, y que podrían contener cianuros
 - que se encontraron en las labores de la mina, que fueron acídicas / metalíferas, y/o tenían una posibilidad (aún pequeñísima) de haber contactado los cianuros
 - bombeadas de acuíferos regionales afuera de la mina, para prevenir su ingreso a la mina

Ejemplo: Provocando problemas graves por la aplicación 'ciega' de una política de descarga cero (cont.)

- Al evaporar las aguas subterráneas de los acuíferos externos:
 - se secaron varios kilómetros del río principal de la región
 - se bajó la capa freática alrededor de la mina, hasta que docenas de pozos particulares se dejaron sin agua
- La **práctica 'más buena'** hubiera sido descargar esas aguas al río, aguas abajo de la mina

Descarga cero no de agua, sino *descarga cero de contaminantes:*

- *Ejemplo Sudáfrica:*

- Varias empresas mineras en el Río Olifants están depurando sus aguas residuales para devolverlas al río y aumentar su caudal (con monitoreo transparente de calidad).

- *Ejemplo España:*

- En la mina abandonada de Tharsis es rentable de tratar las aguas ácidas para regar plantaciones de naranjos.

Otros impactos positivos sobre cantidad de agua:

- *Ejemplo Arequipa, Perú:*

- Aumentar la disponibilidad de agua en la cuenca del Río Chili por construcción de presas.

Elaborando los códigos voluntarios del futuro: el ICMM



- ICMM – Consejo Internacional de Minería y Metales
- Establecido Octubre 2001
- Sede Central: Londres
- Miembros: Empresas líderes en el sector minero (Anglo American, Freeport-McMoRan, Newmont, Noranda, Rio Tinto, etc.)
- Visión: *“Una industria viable de minería, minerales y metales ampliamente reconocida por ser imprescindible para la vida moderna y un contribuyente clave al desarrollo sustentable”*

Principios del ICMM



- 1** Implementar y mantener prácticas éticas de negocios y sistemas sólidos de gobierno corporativo.
- 2** Integrar los temas de desarrollo sustentable al proceso de toma de decisiones de la empresa.
- 3** Apoyar los derechos humanos fundamentales y el respeto por culturas, costumbres y valores, en la relación con los empleados y otros grupos afectados por nuestras actividades.
- 4** Implementar estrategias de gestión de riesgo basadas en información válida y una sólida base científica.
- 5** Buscar el mejoramiento continuo de nuestro desempeño en salud y seguridad.
- 6** Buscar el mejoramiento continuo de nuestro desempeño ambiental.
- 7** Contribuir a la conservación de la biodiversidad y a enfoques integrados de planificación territorial.
- 8** Facilitar y estimular el diseño, uso, reutilización, reciclaje y disposición responsables de nuestros productos.
- 9** Contribuir al desarrollo social, económico e institucional de las comunidades situadas en nuestras áreas de operación.
- 10** Implementar con nuestras partes interesadas mecanismos de información, comunicación y participación que sean efectivos, transparentes y verificables independientemente.

- Si se hace en serio, la aplicación de códigos de práctica basados en principios elevados (tal como los del ICMM) implica que existen situaciones en que el desarrollo sostenible requiere renunciar a la explotación de yacimientos aparentemente rentables
- *Ejemplo:*
Las **zonas principales de captación de agua** (p. ej. los páramos) necesitan ser protegidas en beneficio de todos los usuarios en la cuenca

Contenidos principales:

- **Asuntos Clave en la Gestión Integral de Cuencas**
 - Marco administrativo de Gestión
 - Caracterización de Cuencas
 - Participación de Grupos de Interés, Concienciación Ambiental
 - Herramientas de Gestión (monitoreo, SIG, sistemas de soporte de decisiones, etc.)
- **Gestión Minera en Zonas Áridas**
 - Ciclo de Vida Minera a Gran Escala
 - Exploración
 - Explotación
 - Clausura
 - Gestión Post-Cierre
 - Minería pequeña y artesanal
 - Pasivos Mineros
- **Recomendaciones**

Conclusiones Agua: mejorando los logros en el sector minero

- Capacitación en **monitoreo eficaz**: ej. 'cargas' valen mas que 'concentraciones'
- Adoptando la **perspectiva de cuencas** como marco de referencia básico
- Mecanismos para el **diálogo multi-sectorial**
- **Uso eficiente y múltiple** del agua
- **Transparencia** empresarial
- Obteniendo y manteniendo la '**licencia social para operar**'

Agua: un papel clave en la **contribución minera al desarrollo sostenible**

- Agua es el vector más importante y el receptor más común de los impactos ambientales en minería
- Sin embargo, son pocas las empresas mineras que mantienen un enfoque consistente en asuntos hídricos:
 - a nivel operacional el agua se considera todavía una molestia
- Otra posibilidad es aprovechar la pericia de operaciones mineras en la geología y disponibilidad de agua hasta convertirse en compañías de recursos naturales en su totalidad

¡Gracias!

e-mail: Tobias.Roetting@ncl.ac.uk



*sabiduría natural: volviendo a casa encima de relaves ácidos sin
parar para beber, Milluni, Bolivia*