

**EVALUACIÓN MULTICRITERIO  
DEL PROYECTO MINERO  
“COBRE LAS CRUCES”,  
GERENA (SEVILLA).  
ANÁLISIS DE RIESGOS PARA  
LOS RECURSOS HÍDRICOS.**

**María Jesús BELTRÁN MUÑOZ.**

*Universidad Autónoma de Barcelona  
Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental (ICTA)  
08193 Bellaterra (Barcelona), España.*

**Tutores: Giuseppe Munda  
Esther Velázquez**

# Índice

Agradecimientos.....	1
<b>Capítulo 1. Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>Capítulo 2. Metodología de investigación.....</b>	<b>5</b>
2.1 El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.....	5
2.2 Fundamentos metodológicos de la EMCS: Complejidad, Ciencia Posnormal, Inconmensurabilidad de valores.....	7
2.3 El método Multicriterio Social.....	9
<b>Capítulo 3.Marco conceptual.....</b>	<b>13</b>
3.1 La explotación de los recursos naturales y sus impactos. El problema de valoración de los bienes ambientales.....	13
3.2 La minería y la infravaloración del futuro. Deuda Externa y Deuda Ecológica.....	16
3.3 Minería metálica y su afección a la gestión del agua.....	18
<b>Capítulo 4. La actividad minera. El cobre.....</b>	<b>21</b>
4.1 Importancia de la minería de cobre como actividad económica.....	21
4.2 Importancia económica de la minería en Andalucía.....	30
4.3 Proceso minero.....	39
4.4 Impactos ambientales de la minería.....	48
<b>Capítulo 5. Caso de estudio.....</b>	<b>57</b>
5.1 Contextualización de la zona de estudio.....	57
5.2 Política minero ambiental de España y Andalucía. Aspectos Institucionales.....	67
5.3 Desarrollo del proyecto minero de Cobre Las Cruces.....	71
5.4 Descripción del proyecto minero.....	81
5.5 Impactos ambientales del proyecto minero.....	94
<b>Capítulo 6. Conclusiones y Reflexiones finales.....</b>	<b>101</b>
6.1 Conclusiones.....	101

6.2 Reflexiones.....	106
<b>Bibliografía.....</b>	<b>108</b>
<b>Índice de gráficos</b>	
Grafico 1 Incertidumbre de los sistemas.....	8
Grafico 2. Evolución del consumo de cobre.....	23
Gráfico 3. Evolución del precio del cobre 1998-2007 .....	27
Gráfico 4. Evolución de la renta disponible bruta per cápita en Andalucía y en España (euros/habitante).....	35
<b>Índice de tablas</b>	
Tabla 1. Producción mundial de minerales y concentrados de cobre.....	25
Tabla 2. Producción mundial de cobre refinado.....	26
Tabla 3. Historia industrial del cobre.....	29
Tabla 4. Balance de materias primas minerales de cobre (t de cobre contenido).....	32
Tabla 5. Población andaluza (millones de personas).....	34
Tabla 6. Población activa según sector económico por provincias y en España. Año 2004.....	34
Tabla 7. Evolución de la producción minera en Andalucía. Años 1992-2003.....	37
Tabla 8. Evolución de la mano de obra (empleo directo) en la minería andaluza (número de trabajadores)....	37
Tabla 9. Acciones de un proyecto minero a cielo abierto susceptibles de causar impacto sobre el medio.....	49
Tabla 10. Relación de factores susceptibles de recibir impactos por una actividad minera.....	50
Tabla 11. Principales indicadores socioeconómicos.....	65
Tabla 12. Población inactiva, parada y ocupada.....	66
Tabla 13. Instalaciones e infraestructuras del proyecto.....	81
Tabla 14. Consumo de agua total y neto para el proyecto.....	87
Tabla 15. Ejemplo de acciones susceptibles de causar impactos.....	95
Tabla 16. Afecciones al medio hídrico provocadas por el proyecto minero Las Cruces.....	96
Tabla 17. Impactos sobre el medio socioeconómico del proyecto Las Cruces.....	97

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Maquinaria minera.....	44
Ilustración 2. Terminología utilizada en una explotación a cielo abierto.....	44
Ilustración 3. Minas de Rio Tinto. Un ejemplo de alteración extrema del paisaje.....	52
Ilustración 4. Drenaje ácido de mina en Rio Tinto.....	54
Ilustración 5. Campiña de Gerena con el proyecto minero al fondo.....	57
Ilustración 6. Proceso hidrometalúrgico.....	85
Ilustración 7. Gestión residuos mineros en el proyecto.....	86
Ilustración 8. Esquema de situación del acuífero Niebla-Posadas.....	88
Ilustración 9. Sistema de drenaje-inyección del acuífero Niebla-Posadas.....	89

## Índice de mapas

Mapa 1. Situación del proyecto minero Las Cruces.....	58
Mapa 2. Franja Pirítica Ibérica. Esquema geológico.....	60
Mapa 3. Trazado de la tubería de abastecimiento y vertido de agua de la mina en el termino de La Algaba...	73
Mapa 4. Instalaciones e infraestructuras del proyecto minero Cobre las Cruces.....	82
Mapa 5. Principales infraestructuras en relación la gestión del agua del proyecto Cobre las Cruces.....	92

## Agradecimientos

Esta historia comenzó en un tren volviendo de Francia, se gestó en base a la idea que me dió mi padre sobre el estudio de caso y ha terminado (por ahora) con dedicación, paciencia y templanza.

Les dedico este trabajo.

A mi familia. Sin Juan, Angelines, Marian y Ron yo no sería quien soy.

A Esther por su paciencia y su cariño. A Giuseppe por su apoyo.

A las xikillas que fueron el origen de esto.

A Can Masdeu, a Claudio y a Gonzalo por estar ahí.

A todas las personas que en Sevilla y alrededores me atendieron, sin cuya amabilidad no me hubiera sido posible realizar el trabajo de campo.

# Capítulo 1. Introducción

Es conocido que los proyectos mineros tienen un potencial riesgo de contaminación y deben, por ello, ser sometidos a un estricto control medioambiental. No obstante, la rotura de la presa de estériles mineros que tuvo lugar en Abril de 1998 en la mina de los Frailes (Aznalcollar, Sevilla) ha supuesto el accidente medioambiental mas severo acontecido en España, no solo por el vertido de 6,8 hectómetros cúbicos al río Guadiamar, sino también por la presencia del Parque Nacional de Doñana aguas abajo donde se produjo el accidente. Este grave acontecimiento<sup>1</sup> puso de manifiesto de forma más clara, si cabe, que una explotación minera además de que es una actividad que puede ser fuente de conflictos locales debido a la afección del medio ambiente, impacto visual, la creación de desigualdades territoriales, etc., conlleva unos posibles riesgos y puede generar efectos nocivos sobre los recursos hídricos.

Ante este hecho, el objetivo de este trabajo es el análisis de las posibles implicaciones sobre los recursos hídricos de una explotación minera. Concretamente, se analizarán estas implicaciones en el estudio de caso del proyecto minero Cobre Las Cruces, propiedad de la empresa canadiense Inmet Mining Corporation.

El emplazamiento de la mina está a seis kilómetros al sudeste del municipio de Gerena, en la provincia de Sevilla. El día 9 de mayo de 2002 la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía otorgó la Declaración de Impacto Ambiental al proyecto minero de Cobre Las Cruces. Mediante esta resolución se terminaba el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental que, como su nombre indica, se ha desarrollado para evaluar los impactos que producirá la mina de extracción de cobre a cielo abierto mas grande de Europa. Según el proyecto, la instalación consistirá en una planta hidrometalúrgica e instalaciones asociadas en las cuales se llevarán a cabo las distintas fases para la extracción completa del mineral, mediante la cual se obtiene el producto a comercializar, a saber, cobre de grado A. Las dimensiones de la corta serán 1900 metros de largo por 1600 metros de ancho y 240 metros de profundidad (FRASA Ingenieros y Consultores S.L., 2000) y el consumo de agua previsto en la actividad minera será de 6054 metros cúbicos de agua al día (Consejería de Medio Ambiente, 2005).

La situación de una explotación minera en una zona que posee escasez física de agua, como es la provincia de Sevilla, hacen de este proyecto un delicado asunto en lo que se refiere a la toma de decisiones. La posible afección a la gestión del agua puede suponer una fuerte competición entre los diferentes usos del agua debido a que la situación de la mina conlleva diferentes aspectos relacionadas con la problemática del agua de los cuales el riesgo de afección sobre el acuífero Niebla-Posadas y la situación deteriorada del río Guadalquivir<sup>2</sup> son considerados los mas destacados.

---

<sup>1</sup> Este caso se presenta con mas detalle en el capítulo dedicado a la actividad minera, concretamente en el apartado referente a la relación de los impactos ambientales con sus costes económicos.

<sup>2</sup> Dado que el vertido producido por la actividad minera se conducirá hasta el Guadalquivir, que se encuentra en situación deteriorada debido la baja tasa de depuración de vertidos urbanos que se registra en las poblaciones que conducen sus aguas

Un proyecto como el presentado exige la toma de responsabilidad por parte de todos los agentes involucrados en la decisión mediante un proceso sencillo, transparente y que permita el dialogo para considerar todos los aspectos del proyecto, lo que implica que para dar respuesta a nuestro objetivo tengamos que utilizar una metodología capaz de integrar estos aspectos. Creemos que la Evaluación Social Multicriterio (ESMC) puede integrar las distintas dimensiones del problema de forma coherente. Por medio de esta metodología, tratamos de dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿conlleva riesgos en la gestión del agua la mina de cobre Las Cruces? Como se explica mas detalladamente en el capítulo siguiente, este método es considerado adecuado ya que permite participación, transparencia y en su aplicación se tienen en cuenta las diferentes perspectivas que posee el estudio de caso. En este trabajo nos ceñiremos a la aplicación de la primera fase de la metodología ESMC, que consiste en un análisis histórico de la actividad minera en la zona unido a un análisis socioeconómico y cultural de la misma.

Esto se realizó gracias al análisis de datos secundarios y mediante un estudio sociológico cualitativo, con dos meses de trabajo de campo, para identificar los actores implicados y relevantes. Las fuentes de datos de este trabajo proceden de libros y documentos de diferentes autores provenientes del campo de la economía ecológica. La información general sobre minería e impactos ambientales que provoca la actividad surgieron del desarrollo del proyecto llevado a cabo por Subías et al. (2005). La imprescindible herramienta de trabajo en la que se ha convertido Internet ha sido el soporte básico para la búsqueda de información de organismos oficiales. Las entrevistas a actores particulares e institucionales sobre el caso de estudio aportaron información que no es posible conseguir mediante el análisis de datos secundarios referentes al tema.

El presente trabajo comienza con el actual capítulo de introducción para, seguidamente presentar la metodología de estudio, ESMC, cuyas bases y contenido se desarrollan brevemente en el capítulo segundo. El capítulo tercero encuadra los fundamentos teóricos de la investigación dentro de los cuales están planteadas cuestiones relacionadas con la valoración de bienes ambientales, la deuda ecológica y la minería metálica en general y su afección a la gestión del agua. El capítulo cuarto esta formado por una contextualización a nivel mundial, en primer lugar, y a nivel nacional y andaluz, en segundo, de la actividad minera como actividad económica, seguida de la explicación de los principales procesos mineros de cobre para finalizar con una caracterización de los impactos ambientales mas destacados de esta actividad. El capítulo quinto esta dedicado al estudio de caso. Para este capítulo ha sido imprescindible la consulta de documentos oficiales proporcionados por la empresa Cobre las Cruces y las entrevistas pertenecientes al estudio sociológico cualitativo realizado para esta investigación. El capítulo sexto y final presenta las conclusiones del trabajo, desde el punto de vista de la metodología, el marco conceptual y el estudio de caso, conclusiones que irán dirigidas a intentar responder la pregunta de investigación planteada al inicio de este

---

residuales al río y se le añade el problema de los vertidos procedentes de la industria del aderezo de la aceituna, y el de la contaminación difusa por los agroquímicos empleados en la agricultura desarrollada en la campiña y la vega (Ecologistas en Acción, 2005).

trabajo y al planteamiento de futuras líneas de investigación. Se adjunta un Anexo con la transcripción de las entrevistas realizadas.

## Capítulo 2. Metodología de investigación

La Evaluación Social Multicriterio (ESMC) es la metodología considerada más adecuada para el desarrollo de esta investigación, como a continuación detallaremos. En este apartado, en primer lugar, se citan las características que posee la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como instrumento institucionalizado para la toma de decisiones para continuar, en segundo lugar, con los fundamentos en los que se basa la ESMC. En tercer lugar, se describe en qué consiste la aplicación del método con el objetivo de demostrar que esta herramienta es apropiada para el manejo de conflictos y para la toma de decisiones sobre políticas públicas (Munda, 2004).

### 2.1 El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental

La EIA es un instrumento para la toma de decisiones que consiste en un procedimiento jurídico-administrativo, en el que intervienen diferentes sectores de forma regulada por la normativa y que "tiene como objetivo la identificación, predicción e interpretación y comunicación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado; así como la prevención, corrección y valoración de los mismos. Todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las administraciones públicas competentes" (Villalba, 2006, p.3).

Este proceso está diseñado para posibilitar la protección ambiental en la ejecución de actividades humanas, haciendo un uso sostenible de los recursos naturales pero sin constituir un obstáculo a las acciones que contribuyen al desarrollo de un país.

Según la normativa<sup>3</sup>, las características principales de la EIA son, en primer lugar, que es interdisciplinaria (puesto que en el proceso deben intervenir profesionales de distintas disciplinas). También es participativa, ya que durante el desarrollo del proceso de toma de decisiones se incluye la participación de los sectores sociales implicados en el tema. A su vez, debe ser sistemática y reproducible, pues en el EIA se describen todos los recursos ambientales de la zona impactada por el proyecto y las predicciones y conclusiones a las que se llega durante el proceso pueden servir para el estudio de otros casos. Para finalizar, las EIA son herramientas de predicción, y como tales adquieren sentido sólo si pueden influir en el desarrollo futuro de un proyecto.

Existe una discusión sobre si este procedimiento cumple las funciones que tiene asignadas por la normativa o si ha pasado a convertirse en un mero trámite más para la aprobación de proyectos y en consecuencia un instrumento para que las multinacionales puedan realizar sus actividades sin el debido control medioambiental por parte de los gobiernos.

---

<sup>3</sup> Ley 6/2001, de 8 de Mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de Junio de Evaluación de Impacto Ambiental. BOE 111 de 9 de Mayo de 2001.

Según varios autores (Prada, 1999; Leyva y Carrillo, 2003; Moran, 2003a; Gamboa, 2005) esta situación proviene de una serie de deficiencias que posee la EIA: a nivel legislativo, según Prada (1999), en España se observan varios fallos si se analiza la transposición de la normativa europea a la española. Según la Directiva 85/337/CEE, en lo que se refiere a la elección de actividades que deben someterse a EIA deja a criterio del país el decidir qué actividades incluye en el listado de obligatoriedad para someterse a una EIA. En el caso de España sólo 5 de las 82 posibles están incorporadas, ésto deja fuera del procedimiento a algunas actividades como por ejemplo las relacionadas con la industria química, elaboración de metales, etc. que suelen generar impactos considerables.

Según esta misma autora, en la Ley 6/2001 de Evaluación de Impacto Ambiental, no consta una clara definición en la caracterización de los impactos ambientales, ni una relación de impactos con el espacio en el que se desarrollan. Por otra parte, esta Ley señala que los trámites que permiten la participación pública ocurren en dos momentos del proceso: en la denominada fase de consultas previas de la memoria resumen, existen 40 días de periodo de consultas a personas, instituciones y administraciones afectadas por el proyecto. Este trámite no es obligatorio.

El siguiente momento en el que se permite la participación pública en el proceso de EIA se denomina trámite de información pública. Es el momento en el que los interesados pueden exponer sus críticas al proyecto o informarse del mismo, consiste en 30 días de información pública por el organismo ambiental y depende de cómo sea el procedimiento sustantivo también existe un periodo de información por parte de este organismo. Según Leyva y Carrillo (2003, p.6) "la participación ciudadana democrática se ve reducida al acceso a la información y a la manifestación de opinión sin carácter vinculante, es decir, no existen mecanismos que permitan incidir realmente en el proceso de toma de decisiones".

La legislación de muchos países, entre ellos España, obliga a que el promotor del proyecto presente varias alternativas en el proceso de EIA. Gamboa, (2005) ha documentado que en muchos casos los países no consideran la comparación de alternativas durante el proceso.

Finalmente, cuando se presenta el Estudio de Impacto ambiental de un proyecto, éste ha sido desarrollado por una gestoría contratada por el inversor; esto quiere decir que el Estudio puede ser criticado en los trámites que permiten la participación pública pero el promotor del proyecto es el que selecciona, paga y dirige a las personas encargadas de la preparación del EIA (Moran, 2003a).

A modo de conclusión podemos afirmar que el hecho de que haya participación eficiente en un proceso de toma de decisiones y la inclusión en el mismo de las aportaciones, expectativas y necesidades, de las personas y organizaciones afectadas facilitará la buena acogida de la decisión por parte de los actores implicados. Partiendo de esta afirmación y en base a las insuficiencias en el procedimiento de EIA, se

presenta la ESMC como un adecuado instrumento para facilitar y mejorar la calidad en los procesos de toma de decisiones, cuyas ventajas metodológicas se podrían combinar con el proceso de EIA.

## **2.2 Fundamentos metodológicos de la ESMC: Complejidad, Ciencia Posnormal, Inconmensurabilidad de valores**

La ESMC como marco integral para trabajar con los problemas de complejidad que caracterizan al mundo está basado en los principios de la ciencia posnormal y tiene como premisa la inconmensurabilidad de valores. LA ESMC se basa en encontrar criterios explícitos para evaluar alternativas posibles en un proceso de toma de decisiones. Permite analizar las perspectivas que posee un proyecto desde el punto de vista de los sistemas ambiental, social y económico y traducirlas en criterios de evaluación, fomentando y facilitando el trabajo interdisciplinar que se requiere para tomar una decisión sobre un proyecto que afecta a muchos campos. Los diferentes criterios pueden surgir, por ejemplo, del análisis del caso concreto, estudiando las necesidades y expectativas de los actores involucrados (Munda, 2004).

En el proceso de análisis de un caso concreto, se denotan la multiplicidad de perspectivas legítimas que aparecen como resultado de diferentes definiciones de valor y diferentes representaciones de la realidad que tiene la sociedad. Esta representación de los sistemas reales es denominada por Funtowicz y Ravetz (2000, p.17) "sistemas complejos; cuando los aspectos relevantes de un problema particular no pueden ser capturados usando una única perspectiva".

Asumiendo esta complejidad, no captar todos los aspectos relevantes de un problema complejo significa adoptar una perspectiva reduccionista. La ciencia actual, que además es la base para la toma de decisiones sobre problemas actuales, parece que no ha demostrado adoptar esta perspectiva que legitima la pluralidad de valores y visiones diferentes de la realidad.

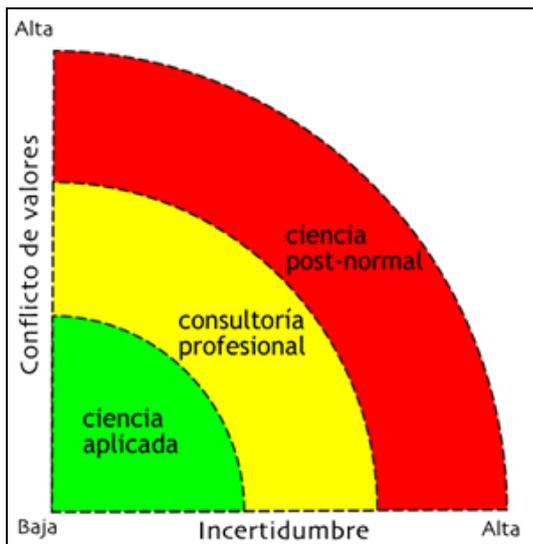
La afirmación de que existen diferentes actores con diversidad de valores, nos lleva a preguntarnos, desde el método ESMC: ¿Qué es importante para ellos y qué es relevante para la representación de la realidad? (Munda, 2004).

Los conceptos anteriormente citados no han sido tenidos en cuenta como relevantes por los científicos en el pasado. Esto es debido a que la naturaleza de los problemas se considera ahora diferente: son problemas que implican enorme importancia y alto grado de incertidumbre respecto a sus consecuencias.

Para tratar académicamente estos aspectos característicos de la política actual Funtowicz y Ravetz (2000) han desarrollado la denominada ciencia posnormal, pudiéndose considerar como una corriente científica que propone un cambio de perspectiva para solucionar los problemas de comunicación entre la sociedad, los políticos y los científicos.

En el siguiente esquema, ideado por los mismos autores para representar las estrategias científicas de resolución de problemas, se reconoce como más adecuada la ciencia posnormal cuando las decisiones poseen alto grado de incertidumbre en sus consecuencias y enorme importancia. Cuando el grado de indeterminación que implican las decisiones es reducido y lo que está en juego en dichas decisiones, que determina su importancia, también es reducido, nos encontramos en la situación el cual las conclusiones a las que llega la ciencia académica son seguras.

**Gráfico 1. Incertidumbre de los sistemas**



En el gráfico, en el que se representa el conflicto de valores (la importancia) y la incertidumbre en las consecuencias de las decisiones, se puede observar que la ciencia posnormal no descarta a la ciencia normal, si no que la incluye asumiendo que ésta no puede abarcar la multiplicidad de valores legítimos de la sociedad ni de la existencia de múltiples representaciones de la realidad y modelos que la describen; en otras palabras; inconmensurabilidad social, e inconmensurabilidad técnica (Munda, 2004).

Fuente: Gamboa, 2005 basado en Funtowicz y Ravetz, 2000.

Para tener en cuenta el concepto de inconmensurabilidad desde sus dos vertientes, la ESMC es una metodología que trabaja con la premisa de la participación<sup>4</sup>, transparencia e interdisciplinariedad<sup>5</sup>, con el objetivo de averiguar los valores importantes para la sociedad dependiendo del caso de estudio y la representación del mundo que hace dicha sociedad.

La calidad de la información es un problema en los procesos participativos que se dan en el procedimiento de EIA. Con el método de ESMC este problema se minimiza al ampliar la participación a todos los sectores de la población implicados; en palabras de Funtowicz y Ravetz (2000, p.36), permitir la intervención de la "comunidad de pares extendida" asumiendo que los científicos no pueden tomar decisiones sin tener en

<sup>4</sup> La participación es un proceso que tiene múltiples etapas en función de los objetivos que se planteen, los medios existentes y los actores que intervengan. En la intervención es importante que todos los actores e intereses relevantes se vean representados y que intervengan en el proceso desde el diseño hasta la formulación de resultados (Tábara, 2005).

<sup>5</sup> Para el conocimiento de los problemas ambientales se requiere de diversos conocimientos científicos. El problema es dividido en la variedad de los aspectos que lo conforman y el trabajo se distribuye por disciplinas. A este procedimiento de trabajo se le denomina multidisciplinariedad. La interdisciplinariedad comienza cuando los investigadores crean formas de colaboración para poder contrastar sus teorías entre ellos, atravesando así los límites entre disciplinas.

cuenta el resto de la sociedad, y viceversa. Pues la toma de responsabilidad por parte de la sociedad es imprescindible.

Cuando se define el concepto de participación entra en juego la elección de la metodología para garantizar dicha participación; en este caso se eligen técnicas cualitativas con el objetivo de saber, no lo que la gente opina, sino lo que la gente necesita saber para decidir respecto al caso que se plantea (Tábara, 2005). El resultado de implicar desde el principio a los diferentes agentes implicados (ciudadanos de a pie, líderes de opinión, responsables públicos, etc.), limita el error a la hora de construir las políticas ambientales y aumenta la responsabilidad por parte de todos los implicados en el proceso de toma de decisión.

Al analizar cómo se desarrolla el método multicriterio social se demuestra la aplicación práctica de todos los principios en lo que está basado.

## **2.3 El método Multicriterio Social**

Para aplicar esta metodología, en primer lugar es imprescindible hacer una contextualización de la situación económica, social y ambiental. Desde el método ESMC se denomina análisis institucional e histórico que, mediante el uso de metodologías de investigación social cualitativa identifican los actores relevantes, las relaciones entre éstos y los grupos de interés para averiguar las expectativas y necesidades de los actores y así traducirlas en criterios de evaluación.

La aplicación del método en el presente trabajo se atañe esta primera fase: la realización de un análisis institucional e histórico mediante el uso de investigación sociológica (análisis de datos secundarios, entrevistas exploratorias y observación directa que dará como resultado un acercamiento general a los actores relevantes del caso y a sus necesidades y expectativas).

A continuación se desarrolla en que consisten los métodos de investigación sociológica que se aplican en este trabajo, así como las ventajas y desventajas que poseen.

### **2.3.1 El por qué de una investigación sociológica cualitativa**

La investigación sociológica es una metodología para obtener información sobre una situación concreta que se define como estudio de caso. La función de una investigación de este tipo es plantear preguntas y buscar datos o evidencias empíricas que lleven a la respuesta de una forma racional, analítica y crítica.

El concepto de objetividad en la investigación sociológica ha sido motivo de discusión entre los sociólogos del pasado siglo (Weber, Gouldner, Marx). La postura de Alvin Gouldner (1979) es la más acorde con las líneas de este trabajo. Gouldner planteaba que los temas de investigación que eligen los sociólogos así como el resultado de sus investigaciones tienen consecuencias políticas, de manera que no existe la investigación libre de valores, así que debe estar posicionada en contribuir a la mejora de la sociedad, manteniendo siempre el respeto por los individuos que participan en la investigación.

Desde el punto de vista ético, a la pregunta de por qué una investigación sociológica cualitativa se responde de la siguiente manera: puesto que se asume que la elección, el desarrollo y el resultado de los temas de trabajo de las investigaciones sociológicas tienen consecuencias políticas, esta metodología se presenta como una técnica en la que los fenómenos, una vez estudiados, requieren una interpretación que se debe hacer teniendo en cuenta todo el espectro de emociones, sentimientos y motivaciones humanas sin olvidar las reglas científicas que guían la investigación.

A continuación se expone un breve resumen sobre algunas de estas metodologías.

### **2.3.2 Metodologías de investigación sociológica. El análisis de datos secundarios**

En la práctica es extraño que un trabajo de investigación no se acompañe de un trabajo previo de análisis de documentos que contextualicen previamente dicho trabajo. Este análisis es necesario tanto para recopilación de información necesaria para estudiar los fenómenos tal como son o para acceder a información que permita estudiar los fenómenos desde otro punto de vista.

Las principales ventajas son el ahorro que supone el acceder a fuentes de información referentes al tema de estudio que además permiten el enriquecimiento del material gracias a las técnicas de recopilación, organización y transmisión de datos. Las desventajas de este método son en primer lugar la dificultad del acceso a determinados documentos y en segundo lugar los problemas de confiabilidad de la información que contienen, así como de su adecuación a los objetivos y a las expectativas del trabajo de investigación.

### **2.3.3 Metodologías de investigación sociológica. Instrumentos de recopilación de nuevos datos**

Mediante el análisis de datos secundarios se accede a información generada anteriormente. Para generar nueva información existen métodos tales como la observación directa e indirecta, la encuesta por cuestionario, la entrevista (exploratoria, semidirigida, centrada), etc. Previamente a la aplicación de la metodología se debe circunscribir el campo de análisis en función de la pregunta de investigación, de los recursos, contactos e información con la que cuenta el investigador. Se puede recopilar datos y llevar los análisis a la totalidad de la población, limitarse a una muestra representativa o solo estudiar algunos componentes característicos de la población.

Seguidamente se presenta una concisa descripción, ventajas y desventajas de los dos los métodos de recopilación de nueva información utilizados en esta investigación.

#### **2.3.3.1 La observación directa**

El instrumento de observación directa permiten recopilar información sin dirigirse directamente a los sujetos involucrados, el investigador recurre directamente a su sentido de la observación. Para desarrollar esta herramienta en primer lugar se debe crear una guía de entrevista (o cuestionario), probar previamente el

instrumento de observación para finalmente aplicarlo, recopilando así los datos deseados. "Las observaciones sociológicas se refieren a los comportamientos de los actores como manifiestan los sistemas de relaciones sociales, así como a los fundamentos culturales e ideológicos que los subdirigen" (Balcells i Junyet, J., 1994, p.187).

Las ventajas que este método posee es el acceso a un material de análisis relativamente auténtico de los comportamientos en relación a las palabras. El problema es que el uso de esta herramienta requiere una interpretación de las observaciones que le confiere una cierta subjetividad.

La aplicación de este método suele ir acompañado de otros como la entrevista.

### **2.3.3.2 La entrevista exploratoria**

Esta herramienta se caracteriza por un contacto directo entre el investigador y sus interlocutores y por una dirección débil, en la cual el investigador posee unas preguntas guía, y cuyo objetivo es que el entrevistado converse libremente con el entrevistador. Estas entrevistas contribuyen a descubrir los aspectos que se deben tomar en consideración y amplían o rectifican el campo de la investigación del análisis de datos secundarios.

La ventaja es que este tipo de herramienta es el más apropiado para obtener un entendimiento de las experiencias o de las opiniones del entrevistado respetando sus propios marcos de referencia. Las desventajas de la flexibilidad del método son en primer lugar la difícil adecuación de los investigadores acostumbrados a trabajar con técnicas más precisas, en segundo lugar, la interpretación de una entrevista debe comprender la relación de preguntas realizadas, la relación de intercambio y el marco de referencia de la entrevista, puesto que no siempre existe una completa espontaneidad por parte del entrevistado ni una total neutralidad por parte del entrevistador.

Las técnicas de investigación sociológica son imprescindibles para la aplicación de la metodología ESMC; pero conforman solo la primera parte de esta técnica. Después de este repaso se prosigue con el desarrollo del método multicriterio.

### **2.3.4 El método ESMC. Aplicación**

Una vez realizado el análisis institucional e histórico imprescindible se identifican los actores relevantes, las relaciones entre éstos y los grupos de interés relacionados con el caso. Mediante este análisis, el investigador debe averiguar las expectativas y necesidades de los actores y traducirlas en criterios de evaluación.

Los criterios seleccionados se disponen en la denominada matriz multicriterio, en la que se muestran las diferentes alternativas en función de dichos criterios. De la construcción de esta matriz surgen los impactos posibles que presenta el proyecto. Estos impactos están expresados en su propia unidad de medida y no se suman todos juntos, conservan, durante todo el procedimiento de estudio, su unidad propia, y no pueden ser

comparados. Consecuencia de ello es que debe hacerse un estudio más exhaustivo de los impactos puesto que no se valoran conjuntamente.

Mediante este procedimiento se resuelve el problema que surge al reducir los impactos a una misma unidad de medida, como se hace mediante algunos procedimientos de valoración de impactos de la Evaluación de Impacto Ambiental o en el Análisis Coste-Beneficio (medida monetaria), que hacen que no se aprecien cualitativamente las diferencias que existen: es inviable comparar o suplir el coste de maquinaria (capital humano) para un proyecto con el coste de contaminación marina (capital natural) que provoca ese mismo proyecto. Aplicando esta teoría se trabaja con el principio de sostenibilidad fuerte<sup>6</sup>.

El proceso siguiente a la conformación de la matriz multicriterio es la aplicación de los métodos de agregación matemática. Como recoge Munda (2004), los métodos de agregación matemática son importantes para asegurar que los rankings obtenidos son consistentes con la información y las aserciones utilizadas. Existen numerosos métodos de agregación. Las características que definen a estos métodos son la simplicidad, que garantice consistencia y transparencia, y la no compensabilidad para garantizar que una mala consecuencia de tipo social o ambiental se compense con compensación económica o viceversa. La intensidad de preferencia no se toma en cuenta evitando compensabilidad y permitiendo la utilización de pesos como coeficientes de importancia y no coeficientes de intercambio. Para finalizar, el análisis deberá ser sensible al grado de incertidumbre que caracteriza los procesos de toma de decisiones en la vida real.

Asumiendo que el mundo está caracterizado por una profunda complejidad, para manejar la incertidumbre que conlleva la toma de decisiones sobre políticas públicas, es importante utilizar instrumentos de decisión que traten la indeterminación para conseguir la mayor calidad posible en la información de cara a los procesos. Una manera es ampliar la participación ciudadana y un aumento de la responsabilidad de todos los implicados en los procesos. Como se ha citado anteriormente, la ESMC hace esta función al funcionar en base a la transparencia, interdisciplinariedad y participación.

Concluyendo, los principios de ESMC hacen de este instrumento una adecuada herramienta para analizar proyectos sobre políticas públicas, ya que pone de manifiesto posibles alternativas ocultas por el discurso principal, que es básicamente, el que predomina en un proceso de EIA. Cuando en un caso concreto la decisión de implementar el proyecto ya está tomada, las soluciones de compromiso que se pueden obtener en este proceso de aprendizaje social pueden ayudar a desarrollar las decisiones políticas en materia de medio ambiente.

---

<sup>6</sup> La teoría sobre el principio de sostenibilidad fuerte afirma que la sustitución del capital natural por el capital industrial está seriamente limitada por características medioambientales tales como irreversibilidad, incertidumbre y la existencia de los componentes críticos del capital natural (Ekins et al., 2003).

## Capítulo 3. Marco conceptual

En este capítulo se desarrolla el marco conceptual que contextualiza esta investigación. En primer lugar, se analiza el problema de la valoración de los bienes ambientales para, a continuación, reflexionar sobre la relación entre la deuda externa y la deuda ecológica. Por último, concretamos la relación entre la minería metálica y la gestión del agua.

### 3.1 La explotación de los recursos naturales y sus impactos. El problema de valoración de los bienes ambientales

Para comprender la situación actual en referencia al tratamiento de los recursos naturales y el medio ambiente es necesario hacer un breve repaso a la historia de la economía.

En Naredo (1996) está documentada la evolución del sistema económico desde su origen a la actualidad: la Ciencia Económica surge como tal en el último tercio del siglo XVIII<sup>7</sup>, y se desarrolló en base a las teorías de Descartes, Newton y el primer principio de la termodinámica enunciado por Lavoisier. En base a estas premisas, se originó el sistema económico convencional, caracterizado por las siguientes peculiaridades. Primero, el sistema económico se considera reversible y circular. En segundo lugar, se considera que es un sistema cerrado. Una de las consecuencias de considerar que el sistema económico es un sistema cerrado consiste en obviar las relaciones con los demás sistemas: tecno-institucional, social y ambiental. En tercer lugar, es un sistema en el cual el capital y el trabajo son los factores que generan la riqueza. Y, por último, es un sistema en el que todos sus elementos han de ser cuantificados monetariamente.

Para solucionar los problemas ambientales provocados por el modelo de crecimiento y sus posibles repercusiones sobre el sistema económico, surgieron, desde la Economía, dos corrientes de pensamiento diferentes para abordar el problema: la economía ambiental y la economía ecológica. La principal diferencia entre ellas es la perspectiva de análisis; mientras la economía ambiental analiza la realidad económica como un sistema cerrado, en el que pretende incorporar –mediante las pertinentes valoraciones monetarias- el medio ambiente inestudiado, la economía ecológica rompe con esa tradición y plantea la necesidad de cambiar la perspectiva hacia el análisis del sistema económico como un sistema abierto, “considerando los procesos económicos como parte integrante de la biosfera y los ecosistemas que la componen” (Naredo, 2006, p.13). Esto supone, como se justificará mas adelante, que para incorporar en el análisis económico el medio ambiente que requiere ser estudiado sus elementos no pueden ser valorados solo monetariamente.

Según el mismo texto, para caracterizar la situación actual del sistema económico y sus repercusiones al medio ambiente, podemos ver cómo el rol de los recursos naturales en los planteamientos económicos ha variado con el paso del tiempo. Los economistas de la primera mitad del siglo XIX consideraban que existía

---

<sup>7</sup> La publicación de *La riqueza de las naciones* (Smith, 1776) se puede considerar el inicio de la ciencia económica.

una cantidad fija de recursos naturales que pondría límite al crecimiento del ingreso per cápita. Por el contrario, los economistas neoclásicos del siglo XX consideraban que con la acumulación del capital y el cambio tecnológico el ingreso per cápita podría seguir creciendo indefinidamente (Meller, 2000). Una excepción en esta corriente fue el informe elaborado por el Club de Roma (Meadows, 1972) en el que una de sus principales conclusiones afirmaba que el elevado ritmo de explotación de los recursos naturales por parte del hombre afectaría negativamente al crecimiento económico.

Lo cierto es que hay muchos autores que señalan que en los últimos 50 años, nuestro sistema económico, caracterizado por la sobreexplotación de los recursos naturales y las formas de vida altamente contaminantes de la sociedad moderna, ha ocasionado un acelerado deterioro del medio ambiente (Leyva y Carrillo, 2003). Concretamente, la extracción de recursos naturales no renovables implica unos impactos ambientales que está asumiendo poco a poco la sociedad debido a la magnitud de dichos impactos.

Para solucionar estos problemas del sistema y conseguir proteger el medio ambiente, desde la economía ambiental se propone introducir los bienes ambientales en el sistema cuantificándolos en unidades monetarias (esta alternativa está relacionada con la característica nombrada anteriormente del sistema económico convencional, que propone que todos los elementos de dicho sistema pueden valorarse en términos monetarios).

Veamos que problemas conlleva esta interpretación aplicada a la cuestión de la extracción de recursos naturales no renovables. Un recurso natural es no renovable cuando su extracción disminuye la cantidad de reservas estimadas. El concepto de reservas estimadas que afecta a la rentabilidad o no de una explotación tiene relación con las técnicas disponibles y los precios estimados (Martínez Alier y Roca, 2001). Cuando se hace un análisis de la rentabilidad económica de la explotación de un mineral no se tiene en cuenta los costes ecológicos en la zona de extracción, por ejemplo, los gastos de electricidad y su consecuente aportación a las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Entonces, una posible forma para asumir estos costes ecológicos podría ser valorar monetariamente los bienes ambientales. Esta tarea no está exenta de problemas y las principales limitaciones en las que incurre el sistema económico a la hora de valorar los bienes ambientales afectan, entre otros aspectos, de manera negativa a la valoración del futuro por los siguientes motivos: en primer lugar, a la hora de valorar el medio ambiente en términos monetarios, se debe tener en cuenta que es un bien especial, nos proporciona un bienestar, aunque no lo utilicemos directamente. Tiene valores de uso: directo, indirecto, o de opción; y valores de no uso: valor de existencia y valor de herencia; y los métodos para evaluar monetariamente el bien pueden ser directos o indirectos, dependiendo del que se utilice existen unas ventajas y unos inconvenientes (para una detallada descripción de cada uno de estos métodos, ver Azqueta, 1994)

En segundo lugar, la limitación principal consiste en que el hecho mismo de utilizar estos métodos para reducir el valor del medio ambiente a términos monetarios parte de una ética antropocéntrica. Para introducir en el mercado el bien, se ha de valorar. El hecho de introducir en el mercado un bien de estas características es inapropiado para bienes consumidos colectivamente porque el individuo, en el mercado, se comporta de forma individualizada en el sentido de que los individuos tienden a preferir el consumo actual de bienes sobre el consumo futuro (Martínez Alier y Roca, 2001), de manera que no valora de una forma objetiva el bien.

En tercer lugar, estos mismos autores señalan que es incorrecta la idea de darle una medida común a elementos que tienen valores diferentes con el objetivo de compararlos; en otras palabras, la imposibilidad de comparar valores inconmensurables hace que reducir a una misma unidad de medida, la monetaria, los aspectos medioambientales de cualquier proyecto sólo resulte conveniente únicamente si la preocupación es el obtener beneficios a corto plazo.

¿Poner precio a los bienes ambientales puede beneficiar su conservación? ¿Es la valoración monetaria la alternativa ante la conservación de los recursos? Dar respuesta a estas preguntas no es fácil pero se puede resumir en la idea de que aunque la introducción en el sistema monetario pudiera ser una forma de proteger los bienes ambientales, no por ello deben obviarse sus valores intrínsecos que nunca podrán tener precio por la simple razón de que el valor que tienen no se puede medir en términos monetarios, puesto que lo que tiene un gran valor para una persona puede no tenerlo para otra; pues acudiendo a la cita del poeta Manuel Machado, "todo necio confunde valor y precio", no se puede ignorar que estos conceptos no significan lo mismo.

Para dar una respuesta diferente a la cuestión de la valoración de los bienes ambientales, desde la economía ecológica, se plantea, en palabras de Naredo y Parra (1993, p.12) "si el razonamiento económico ha de seguir girando en torno al núcleo de los valores mercantiles o si, por el contrario, debe desplazar su visión hacia los condicionantes del universo físico e institucional que lo envuelven". En otras palabras, para proteger los bienes ambientales hay que redireccionar el crecimiento económico hacia la comprensión de que es un sistema vinculado a los sistemas institucional y físico. De manera que los bienes ambientales deben ser valorados en sus unidades físicas con el objetivo de no olvidar esta relación entre los sistemas. Esto supone utilizar unas herramientas que favorezcan el trabajo de profesionales de diferentes disciplinas provenientes de los sistemas institucional, social, económico y ambiental.

El presente trabajo se encuadra en la corriente de economía ecológica porque la base conceptual en la que se basa esta investigación, así como los fundamentos teóricos y posterior desarrollo del método multicriterio en el estudio de caso, están directamente relacionados con los principios de la economía ecológica.

## 3.2 La minería y la infravaloración del futuro. Deuda Externa y Deuda Ecológica

A continuación se concreta el marco de análisis hacia la extracción de recursos naturales que supone la minería metálica y su relación con los conceptos de deuda externa y deuda ecológica.

Existen diversos autores (Moran, 2003; Torres, 2003, entre otros) que sostienen que la minería es una actividad extractiva que produce unos beneficios a corto plazo y debido a que los impactos que genera no son contabilizados ni asumidos provoca de forma intrínseca una infravaloración del futuro.

La intención es que con un manejo responsable por parte de las empresas y las administraciones la minería podría ser una actividad sostenible. Si se acude a la definición más conocida de sustentabilidad, ésta hace referencia a la satisfacción de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Brundtland, 1988). Varios autores (Naredo, 2006; Martínez Alier y Roca, 2001; entre otros) señalan que el concepto de sostenibilidad de un sistema económico debe enjuiciarse en base, no sólo la disminución de las reservas, sino también a su capacidad de cerrar los ciclos de materiales.

Entonces, ante la consideración de que existe actualmente un estado de esquilma de recursos y degradación ambiental que puede comprometer a las generaciones futuras, las soluciones que plantea el sistema económico actual para estos problemas son entre otras que, mediante la tecnología y la acumulación del capital, podemos seguir creciendo sin afectar a las generaciones venideras.

¿Es realista la sostenibilidad del sistema económico actual en relación a los recursos minerales? ¿Existe una contradicción en el concepto de sostenibilidad en la explotación de los recursos no renovables?

Las respuestas a estas preguntas afectan a la forma de valorar el futuro de nuestro planeta. El concepto de infravaloración del futuro se puede estudiar desde diferentes puntos de vista. Uno de ellos nos lleva a plantear como el flujo actual de las actividades extractivas hacia los países del Sur provoca que éstos hipotequen su futuro para conseguir un crecimiento económico que no les lleva al desarrollo. El Banco Mundial en su Informe sobre el Desarrollo Mundial 1999-2000 señalaba: estudios recientes revelan que las tasas de crecimiento económico en los últimos años no enseñan demasiado sobre las mejoras conseguidas en los indicadores fundamentales de desarrollo, como la estabilidad política, la educación, la esperanza de vida, la mortalidad infantil y la igualdad entre sexos (Banco Mundial, 2000). Como este organismo señala, los indicadores fundamentales de desarrollo humano de un país no crecen a la par del crecimiento económico del mismo.

Existe un vínculo que puede explicar la gran cantidad de extracción de recursos naturales no renovables en los llamados países subdesarrollados<sup>8</sup> y los impactos que dichas actividades crean en estos países. Éstos, debido a su situación económica desigual, no poseen el capital suficiente para explotar y transformar sus propios recursos naturales. Una de las razones que hace que esta situación desigual se mantenga es el pago por la deuda externa por parte de los países subdesarrollados a los países industrializados. Según Ortega et al. (2005), para tomar conciencia de la magnitud de esta deuda, basta decir que el pago en concepto de deuda externa del Sur al Norte, actualmente es 5,4 veces superior que la Ayuda Oficial al Desarrollo (69.000 millones de dólares de 2005 aproximadamente). Según Martínez Alier y Roca (2001, p. 429.), “si el peso de la deuda externa es grande se infravalora el futuro y las cuestiones ambientales se relegan a favor del presente”, incurriendo en la discusión sobre la equidad desde dos puntos de vista: intergeneracional -esto es, el respeto y cuidado del medio para las generaciones futuras-, e interpersonal.

En Ortega, et al. (2005, p.122), se discute si esta deuda es ilegítima puesto que deriva de préstamos que generan mecanismos de injusticia social y violación de los derechos humanos. Además, “las exigencias por parte de los acreedores financieros internacionales para que las naciones menos industrializadas paguen la deuda externa obliga a estas naciones a aceptar practicas ecológicamente destructivas con la finalidad de pagar dicha deuda”.

De esta forma se ha generado el concepto de deuda ecológica. Este concepto surgió en los años 80 a raíz de los análisis realizados por los economistas especializados en el estudio de la deuda externa en los que, en algunos de ellos, se ponía de manifiesto que el pago de esta deuda estaba teniendo efectos destructivos en el medio ambiente de estos países (Friends of the Earth, 2005). Según esta organización ecologista, la definición de deuda ecológica se corresponde con la acumulación de responsabilidad por parte de los países industrializados por la destrucción del medio ambiente causado por sus patrones de producción y consumo. La deuda ecológica es la combinación de varios elementos: en primer lugar, la deuda del carbono, que se refiere a la contaminación actual de la atmósfera originada por las emisiones de gases provenientes de los países industrializados; en segundo lugar, la exportación de residuos tóxicos desde los países ricos a los más pobres; en tercer lugar, la biopiratería, que se refiere a la apropiación de derechos intelectuales sobre el conocimiento de semillas y plantas medicinales y alimentarias que históricamente han llevado a cabo las grandes multinacionales farmacéuticas y hoy en día sigue sucediendo (Ortega, et al., 2005); y por último, la deuda ecológica hace referencia a la explotación de recursos naturales, como por ejemplo los minerales que son exportados desde los países pobres, causando graves impactos en estos países que dificultan el

---

<sup>8</sup> Según Naredo (2006), la utilización del concepto de subdesarrollado para definir a un país fue introducido por el presidente Harry S. Truman en un discurso en 1949 sobre un nuevo programa internacional de desarrollo para superar las antiguas relaciones de explotación colonial. Con este nuevo colonialismo ideológico, consiguió que la mayoría de la población planetaria se considerara subdesarrollada, pobre e indigna y que despreciara su modo de vida.

desarrollo de los mismos. Esto crea los denominados pasivos ambientales, que en el caso de la minería son nefastos para el medio ambiente.

Según Moran (2003), en el pasado, las empresas dedicadas a la explotación de recursos naturales no necesitaban remediar los impactos que provocaban. De esta forma, los costes ambientales no eran contabilizados o se asumían a coste cero. Esta situación ha provocado que los costes efectivos fueran subsidiados por los contribuyentes y los ciudadanos afectados. Por ejemplo, uno de los grandes problemas es determinar quien paga los costes de remediación, cuando ocurren desastres ambientales, una vez que la mina ya no esta activa o la empresa no puede asumir los costes. Para cambiar esta situación, este autor señala que se deben conectar los impactos ambientales con sus costes económicos. La cuestión es que para justificarla en términos económicos deberían de valorarse monetariamente los bienes ambientales, lo cual es sumamente delicado; en palabras de Ortega et al (2005), "con frecuencia el problema es incluso otro, el desconocimiento preciso en términos físicos de los impactos ocasionados".

Por otra parte, los delitos ambientales en que incurren muchas empresas extractivas deberían ser penados por la legislación de los países, pero a menudo la legislación no se cumple o es muy laxa a la hora de perseguir las infracciones ambientales cuando ocurren.

Al hablar de la reclamación de la deuda ecológica desde los países del Sur hacia los países más industrializados, no debe obviarse que las situaciones que la pueden provocar también se encuentran en los mismos países industrializados si se analizan las causas y los efectos de esta deuda.

De cómo la minería metálica es una actividad que provoca pasivos ambientales (centrándonos en los recursos hídricos) y como estos pasivos afectan a comunidades que se sitúan en países industrializados es de lo que trata el siguiente apartado.

### **3.3 Minería metálica y su afección a la gestión del agua**

Las razones que han conformado que el concepto de deuda ecológica se convierta en una reivindicación desde los países mas pobres se pueden encontrar también en casos de explotaciones mineras que se encuentran situadas en un país industrializado. Existen zonas en las que, si se estudia la historia que tienen relacionada con la minería, se observan similitudes con los países no industrializados en relación a los pasivos ambientales que crean las empresas extractivas en general, la ineficiencia de la legislación a la hora de perseguir las infracciones ambientales y el escaso desarrollo del sector industrial minero.

Deben primero analizarse las razones por las cuales es frecuente la puesta en marcha de una actividad extractiva en un lugar que realmente no tiene un sector industrial de peso asociado a la producción minera. La respuesta a esta cuestión no es sencilla; como se ha citado antes, hay lugares que no tienen suficiente recursos económicos para explotar sus propios recursos naturales, por lo tanto la inversión de capital

extranjero siempre ha sido el motor precursor de las actividades extractivas. Como consecuencia de esta situación, se exporta el mineral hacia otras partes del mundo que están especializadas en los procesos con mayor valor añadido por unidad de coste físico (Naredo, 2006). Según este autor (p. 206), "mientras la expansión del capitalismo se vino apoyando básicamente, hasta bien entrado el siglo XX en las actividades extractivas y transformadoras de los propios territorios metropolitanos, más o menos con el comercio colonial, el actual depende en mucha mayor medida de la deslocalización de estas actividades y del manejo de aquellas otras, comerciales y financieras que las controlan".

Entender entonces esta particularidad en el funcionamiento de la economía es reconocer que las desigualdades que provoca el sistema pueden afectar a todos los países. Los recursos minerales para el sistema productivo actual son un elemento imprescindible, pero a su vez, tal y como se ha citado antes, provocan unos pasivos ambientales importantes que no siempre son reconocidos ni asumidos por el sistema que los ha producido.

En general, las actividades relacionadas con la extracción y beneficio de los metales afectan a los recursos hídricos en cantidad y en calidad. En cuestión de cantidad, para estos procesos se necesita gran cantidad de agua y en cuestión de calidad, de los procesos mineros se generan gran cantidad de aguas ácidas, que son altamente contaminantes (Moran, 2003).

Para comprender la afección de una actividad minera en un determinado lugar se deben analizar las condiciones climáticas (patrones de lluvias), físicas (en cuanto a las reservas subterráneas, la existencia de ríos, etc.) y los patrones de consumo de agua (relacionados con la sociedad que habite la zona), que existan. Esto nos lleva a determinar que si una explotación minera esta situada en una zona que posee escasez física y social de agua harán del proyecto un asunto delicado en lo que se refiere a la toma de decisiones. Entendiendo que la escasez física originada por las condiciones climáticas de un lugar puede convertirse en escasez social si la demanda humana por el agua accesible en una determinada región y las pautas de consumo así lo condicionan (Naredo, 2003; referenciado en Meerganz, 2004).

Porque en una situación de escasez<sup>9</sup>, la afección en la gestión del agua puede suponer una fuerte competición entre los diferentes usos del agua y como consecuencia entre diferentes grupos de intereses (Munda, 2004). Como uso también se ha de tener en cuenta el uso ecológico del agua definiendo éste como la preservación del equilibrio natural de los ecosistemas acuáticos.

Para que no surgieran estos posibles conflictos, cabría esperar que el actual marco institucional cumpliera una función instrumental gestionando el recurso de acuerdo a las condiciones reales del lugar, y no una

---

<sup>9</sup> En 1998, 28 países padecían escasez de agua. Se prevé que en el 2025 esta cifra se elevará a 56 países. Según las previsiones, el número de personas que no dispone de agua suficiente aumentará de 131 millones a 817 millones entre 1990 y 2050 (Shiva, 2004).

función ceremonial, defendiendo unos intereses y privilegios e impidiendo el cambio hacia otro modelo de desarrollo más respetuoso con el medio (Aguilera, 2003). Para esta modificación en el modelo de desarrollo, el cambio de paradigma que propone la economía ecológica hacia una aproximación al objeto de estudio desde una perspectiva interdisciplinar puede afectar al planteamiento del sistema económico actual como un sistema aislado, para conectarlo con el sistema institucional y el sistema ambiental.

A modo de conclusión podemos afirmar que las operaciones de explotación de recursos naturales se siguen y se seguirán llevando a cabo por la sencilla razón de que los minerales parecen indispensables para el funcionamiento del sistema productivo actual; y no se puede cuestionar la actividad minera sin cuestionar el consumo de metales. Porque cuando se habla de minería hay que encuadrar esta actividad dentro de un marco territorial, social, cultural y tecno-institucional, no solo económico y ambiental. Aunque se critique el desmesurado crecimiento económico y los problemas ambientales que conlleva no se puede olvidar que la minería es una actividad practicada por el hombre desde hace miles de años y se debe asumir la compleja situación a la que nos enfrentamos analizando una actividad de estas características que conlleva unos impactos ambientales pero aporta un determinado crecimiento económico. Ante esta situación, una idea que aporta Sampat (2003) es que el aprovechamiento de minerales que ya han sido extraídos y que pueden reciclarse, incorporándose de nuevo a los procesos económicos, evitaría gran parte de los daños aunque no todos. Indica que "una utilización sostenible de los recursos exigiría disminuir el volumen de material utilizado; a gran escala, esto supondría rediseñar las ciudades y sistemas de transporte evitando la dispersión y el uso intensivo de materiales de la actualidad; y a pequeña escala, esta reducción puede significar un cambio de valores: para muchos el bienestar puede dejar de ser sinónimo de acumulación de cachivaches" (Sampat, 2003, p. 229).

## Capítulo 4. La actividad minera. El cobre

Este capítulo describe en su primera parte una contextualización político-económica a nivel mundial de la actividad minera del cobre. Para continuar, en el segundo apartado se detalla la contextualización histórica y económica de la actividad minera en Andalucía que lleva a comprender la importancia de esta actividad en la economía de esta Comunidad. El tercer apartado describe las fases de un proceso minero, centrándose en las técnicas actuales de minería a cielo abierto del cobre. El último apartado analiza los principales impactos ambientales que conlleva esta actividad económica con especial referencia a los recursos hídricos.

### 4.1 Importancia de la minería de cobre como actividad económica

La minería puede dividirse en cuatro subsectores: minerales metálicos, minerales no metálicos, productos de cantera y productos energéticos. El cobre pertenece a la categoría de minerales metálicos. Para entender la repercusión de este metal en el sistema económico actual, es preciso en primer lugar analizar la evolución en la distribución geográfica de la producción de cobre, en segundo lugar, incidir en la importancia de este metal para, en último término, estimar el funcionamiento del mercado definiendo las variables que lo componen.

#### 4.1.1 Evolución en la distribución geográfica de la producción de cobre en el siglo XX

La importancia del cobre en el sistema económico actual viene determinada por la historia de la producción y el consumo de este metal. Los minerales y los productos derivados de éstos han estado siempre vinculados a los aspectos de la civilización, nombrándose las etapas prehistóricas en relación a los materiales con que el hombre fabricaba sus utensilios: Edad de Piedra (nacimiento del hombre - 4000 ac), Edad de Cobre (4000 ac – 3000 ac), Edad de Bronce (3000 ac – 1500 ac) y Edad del Hierro (1500 ac – 0) (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1999).

A partir de entonces todas las civilizaciones que han poblado la tierra han explotado los recursos minerales con la intensidad que le permitían sus avances tecnológicos. Sin embargo, no fue hasta los siglos XVIII y XIX de nuestra era que, gracias a la revolución industrial, se aceleró la explotación de metales porque eran indispensables para el crecimiento de la economía.

Concretamente, la historia moderna del cobre comienza con el descubrimiento de la electricidad y su aplicación en las comunicaciones, generación y distribución del poder eléctrico. Al cabo de los años, el campo de uso de este metal se amplió a la industria de automóviles y la de maquinaria industrial. Actualmente, y como veremos más tarde, el cobre es necesario en sistemas de transporte y telecomunicaciones y actúa como un elemento indispensable en la sociedad moderna.

La historia moderna de la industria del cobre se caracteriza por una primera etapa que abarca desde el final de la Primera Guerra Mundial hasta finales de los años sesenta. Durante este periodo la mayor parte de la

producción de cobre estaba concentrada en manos de un reducido número de empresas de origen estadounidense. Estas empresas introdujeron avances técnicos en los procesos de producción que mejoraron de forma importante la rentabilidad de las explotaciones. A su vez mediante la imposición del precio del cobre, controlaban significativamente la oferta de este metal.

A finales de los sesenta, y debido a la inmensa demanda de cobre consecutiva al final de la Segunda Guerra Mundial, este control se debilitó para dar paso a otros productores que ampliaran la oferta. Entraron en el mercado diferentes actores, compañías privadas petroleras decidieron utilizar sus excedentes para invertir en la industria minera. Sin embargo, fueron principalmente las nacionalizaciones de las compañías de explotación de los recursos minerales en países como Chile, Perú, Zaire, Zambia, en los años sesenta y setenta, las que diluyeron el poder de control del mercado de estas grandes empresas que lo controlaron inicialmente.

Esta relocalización de la producción en manos de los países de origen de los recursos minerales, dio como resultado que los productores perdieron el control sobre el mercado del cobre, no pudiendo influir en los precios internacionales del metal que se regían, básicamente, por la Bolsa de Metales de Londres<sup>10</sup>.

Mientras las grandes empresas privadas dedicaban una parte importante de sus recursos a la modernización y reestructuración del sector, las empresas estatales de los países en vías de desarrollo no recibieron estos impulsos económicos y, debido a que los gobiernos de estos países estaban sumergidos en las urgencias financieras respectivas, no invirtieron en los avances tecnológicos necesarios para situarse al nivel de las empresas privadas. Este hecho provocó que estos países se encontraran en una situación desfavorecida en el mercado del metal, ya que no podían competir con los precios que ofertaban los países que invirtieron en mejoras tecnológicas en el sector del cobre. La vulnerabilidad ante los precios consiguió que se frenara la nacionalización de las empresas mineras en el mundo.

Según Moussa (1999), para reducir los costes de producción y así aumentar la competitividad de las empresas productoras de cobre se optó, a partir de la segunda mitad de los años setenta, por limitar la producción e introducir nuevas tecnologías. A partir de los ochenta las empresas decidieron, mediante la generación de alianzas estratégicas para la puesta en operación de proyectos a gran escala, iniciar una ola de internacionalización de la producción que derivó en importantes privatizaciones en los países en vías de desarrollo, ya que éstos no podían hacer frente a las condiciones del mercado del cobre. En palabras del autor (1999, p. 14) "es así como en los años noventa se produjo un aumento de la concentración de la producción en manos de algunas grandes empresas, entre las cuales está Corporación del Cobre Chileno (CODELCO), una de las pocas empresas estatales que no pasó a manos privadas y que logró adaptar su estrategia a las nuevas exigencias de la competitividad".

---

<sup>10</sup> La mayoría de los productores de cobre a nivel mundial venden a precios basados en las cotizaciones de la Bolsa de Metales de Londres (Granda y Segundo, 1983). Otra bolsa de metales importante es la Bolsa de Shangai (China).

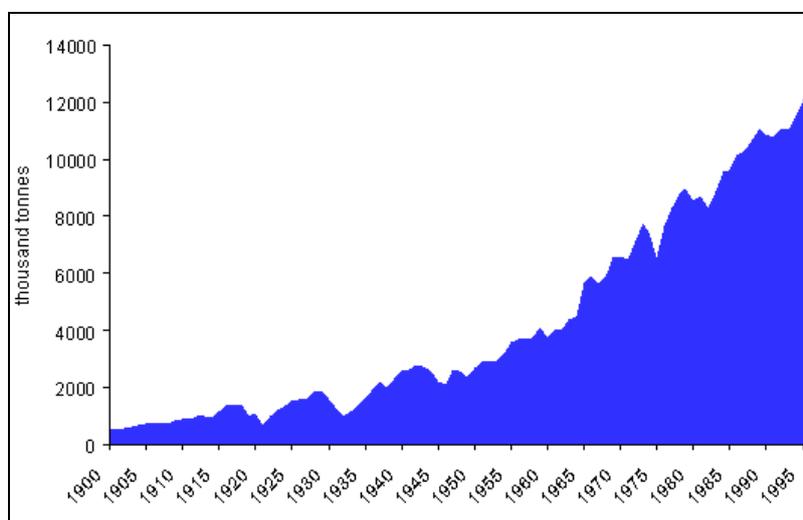
Actualmente, las principales empresas productoras de cobre son CODELCO (Chile), Broken Hill Proprietary Company Limited (BHP) Copper (Australia y Reino Unido), Phelps Dodge (Estados Unidos), Rio Tinto Zinc (RTZ) (Australia y Reino Unido) y Freeport McMoRan Copper & Gold (Estados Unidos).

#### 4.1.2 Importancia del cobre a nivel mundial.

La importancia mundial del cobre se extrae del análisis de los datos de consumo mundial, producción mundial, y del aumento de precio que este metal ha experimentado durante el siglo XX.

Comenzando por el consumo mundial, debido a la gran cantidad de usos que posee el cobre en la industria moderna, el consumo de este metal ha aumentado de manera exponencial desde el siglo XIX hasta el siglo actual tal y como se puede observar en la gráfica siguiente.

Gráfico 2. Evolución del consumo de cobre



Fuente: International Copper Study Group, 2007.

El nivel de consumo viene determinado por los usos que se le dé al mineral en el sistema industrial. El sector industrial del cobre se divide en industrias de semielaboración, que reciben el cobre refinado directamente y lo transforman, y en industrias de uso final, que se pueden agrupar en cinco sectores: en primer lugar la industria eléctrica y electrónica, que incluye las telecomunicaciones, generación y distribución de energía eléctrica y dispositivos electrónicos; en segundo lugar la construcción, que se conforma por sistemas de calefacción y sanitarios, alambrado eléctrico, herramientas para la construcción, etc. En tercer lugar, el transporte, pues el cobre se necesita en todos los tipos de transporte que existen. En cuarto lugar, los equipos y la maquinaria industrial, incluyendo aire acondicionado, intercambiadores de calor, válvulas y accesorios industriales, entre otros. Y en quinto lugar, el cobre es necesario en una gran cantidad de productos de consumo doméstico y uso general, como, por ejemplo, monedas y utensilios domésticos (Meller, 2000).

Con relación a la producción, el análisis aquí expuesto de la evolución de la producción de cobre a nivel mundial se estructura en base a la distribución de la producción por países y respecto a dos de las tres diferentes etapas de procesamiento del mineral. En la etapa inicial se producen los minerales y concentrados; la producción de cobre no refinado (o fundido), se refiere a la producción que sale de las fundiciones; y, por último, la producción de cobre refinado, se refiere a la refinación electrolítica y a la refinación pirometalúrgica del cobre de origen primario y del secundario (chatarra) (Moussa, 1999).

La tendencia general es que la producción de minerales y concentrados de cobre se localice en países en vías de desarrollo. Desde principios de siglo, Estados Unidos era el primer productor mundial de minerales y concentrados de cobre. En los años noventa, Chile pasó a ostentar este primer puesto y en la actualidad es el primer productor de cobre en sus tres etapas de procesamiento. Además están otros países de Sudamérica como Perú y México, asiáticos como Indonesia y en África Zambia que se presentan como potenciales productores (Instituto Tecnológico Geominero de España, 2002).

Tal y como se observa en la tabla 1, la producción de concentrados y minerales de cobre es mayoritaria en países en vías de desarrollo, y disminuye en las etapas más elaboradas. Respecto a la producción de cobre refinado (ver tabla 2), en general se puede observar una disminución en los países desarrollados y un aumento en los no industrializados.<sup>11</sup> Entre los países en desarrollo, Chile es el que más destaca por haber sobrepasado la capacidad de producción de cobre refinado al que era primer productor mundial, Estados Unidos. En el año 2000 Chile produjo 2614 miles de toneladas métricas de cobre refinado, mientras que EEUU 1733 miles de toneladas métricas (Cámara minera de México, 2000).

La producción de cobre no refinado y refinado no se sitúa mayoritariamente en los países donde se explota el mineral; si no que se exporta hacia los principales países industrializados. Ésto es debido al funcionamiento intrínseco del mercado que, tal y como se ha comentado antes optó en los años ochenta por una internacionalización de la producción. De esta manera, los países asiáticos en crecimiento, como China, Corea, India, Indonesia o Filipinas han impulsado desde la década pasada un importante desarrollo de fundiciones y refinerías no siempre relacionado con una actividad minera cercana (Moussa, 1999).

---

<sup>11</sup>Según Moussa (1999, p. 50), "En los años 50 estos países daban cuenta del 69% de la producción mundial de refinado, proporción que fue disminuyendo para ubicarse en el orden del 51% durante el periodo 1990-1998. La contraparte fue una mayor importancia de los países en desarrollo cuya participación subió en el mismo periodo de 17% a 29% de la producción mundial, y también de los países del Este (de 14% a 20%)".

Tabla 1. Producción mundial de minerales y concentrados de cobre

	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
	Participación en el total (%)				
<i>Paises Desarrollados</i>	44.2	39.8	37.0	30.4	32.5
Australia	1.5	2.2	2.9	3.0	4.3
Canadá	9.1	9.4	9.7	8.5	7.1
Estados Unidos	27.7	22.9	19.5	14.8	17.6
Europa	3.7	3.1	3.7	3.6	3.4
<i>Paises en desarrollo</i>	42.5	43.0	42.5	47.5	48.9
África	22.0	22.1	19.0	16.0	7.6
Zaire	7.2	6.2	6.1	5.9	1.1
Zambia	12.4	12.8	9.1	6.5	3.9
Sudáfrica	1.2	1.5	2.5	2.4	1.9
América Latina	17.7	17.8	16.7	23.3	32.2
Chile	13.8	12.4	11.9	16.0	24.2
México	1.9	1.9	1.1	2.6	3.1
Perú	1.3	3.8	3.5	4.3	4.0
Asia	2.8	3.1	4.8	6.0	7.4
Filipinas	0.8	1.5	3.1	3.0	1.1
Indonesia	0.0	0.0	0.6	1.1	4.0
Oceanía	0.0	0.0	1.9	2.2	1.8
Total Occidente	86.7	82.8	79.5	77.9	81.4
China	0.5	1.7	1.8	2.6	3.8
Polonia	0.1	0.4	2.9	4.7	3.9
Total países del Este	12.4	17.2	20.5	22.1	18.6
Total mundial	100	100	100	100	100
En miles de toneladas	3112	4925	7362	8369	10169

Fuente: Elaboración propia en base a Moussa, 1999.

Tabla 2. Producción mundial de cobre refinado

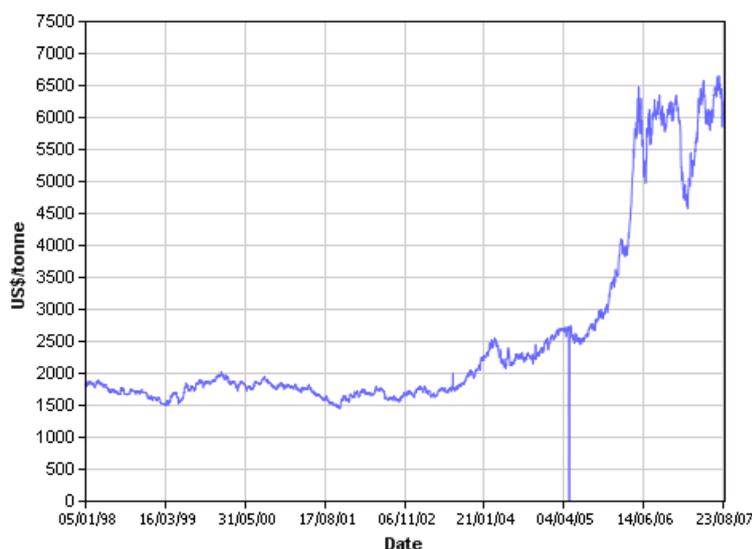
	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
	Participación en el total (%)				
<i>Países Desarrollados</i>	68.9	63.5	56.1	48.5	50.6
Australia	1.0	2.7	2.1	2.0	2.5
Canadá	6.9	6.7	5.8	4.9	4.6
Estados Unidos	36.9	29.8	22.1	17.0	18.8
Europa	20.9	18.7	15.8	14.5	14.9
<i>Países en desarrollo</i>	17.4	18.7	21.3	27.4	29.1
África	8.8	11.6	11.4	10.1	4.9
América Latina	8.8	6.7	9.1	13.5	18.7
Chile	6.7	5.3	6.8	9.2	13.0
México	0.7	0.7	0.8	1.1	1.8
Perú	0.7	0.6	1.2	2.2	2.4
Asia	0.5	0.4	0.8	3.8	5.4
Filipinas	-	-	-	0.8	1.2
Corea del Sur	-	-	0.3	1.4	2.0
Total Occidente	86.2	82.2	77.5	75.9	79.7
China	0.7	1.8	2.6	3.8	7.3
Polonia	0.2	0.6	2.5	3.8	3.4
Total países del Este	13.8	17.8	22.5	24.1	20.3
Total mundial	100	100	100	100	100
En miles de toneladas	3699	5882	8470	9886	11916

Fuente: Elaboración propia en base a Moussa, 1999.

Según Moussa (1999, p. 54), "se estima que durante el siglo XX, se habrá producido mas de veintiséis veces la cantidad de cobre que la humanidad había consumido hasta entonces y a través de toda su historia. A lo largo de este siglo, la producción anual de cobre creció veintisiete veces pasando de 452 toneladas en 1900 a 12308 toneladas en 1998".

Por último, con relación al precio del cobre, se ha caracterizado siempre por tener un comportamiento cíclico; desde que en los años setenta las grandes empresas dejaron de controlar la producción, los precios han estado sujetos a los cambios del mercado. El precio del cobre depende, entre otros factores, del funcionamiento de los mercados financieros de futuro y de los inventarios en la bolsas de metales, que a su vez se afectan por el volumen de producción económica industrial de los grandes países, como EEUU y China (si estos países moderan su producción económica industrial, disminuyen las importaciones, se percibe un aumento en los inventarios de las bolsas de metales y como consecuencia desciende la cotización del metal, lo que supone una disminución de los precios) (Cochilco, 2006). Debido a la gran inversión minera en cobre de los años noventa que puso en el mercado grandes cantidades de este metal, el precio de cobre se situó a niveles muy bajos; así, el precio internacional del cobre en el año 2000 se ubicó en un promedio anual de 82 centavos de dólar por libra (Cámara minera de México, 2000). Actualmente, se observa una recuperación de los precios, registrándose en el 2005 precios de \$1.65/libra de cobre y en 2006 \$3.69/libra de cobre<sup>12</sup> (Inmet Mining, 2006).

Gráfico 3. Evolución del precio del cobre 1998-2007



Fuente: Bolsa de Metales de Londres. [www.lme.co.uk](http://www.lme.co.uk)

<sup>12</sup> Una Tonelada (UK) corresponde a 2240 libras.

### 4.1.3 El mercado de Cobre

Para estimar la rentabilidad de un proyecto minero el inversor analiza las fluctuaciones de los precios, los tipos de cambio y otros factores económicos comunes a cualquier inversión. Además en las inversiones en minería se estudian tanto las políticas impositivas, como la estabilidad política del país y el tratamiento al capital extranjero, entre otras.

Las variables que definen el mercado de este mineral son, como en cualquier mercado, la oferta y la demanda del bien. La oferta está relacionada con la capacidad de producción y existe una baja elasticidad-precio a corto plazo; ésto se debe a que, debido a las grandes infraestructuras que se necesitan para explotar el mineral, la variación de los precios le afecta poco a corto plazo. En cambio, a largo plazo la producción sí responde a la variación de precios, los cuales pueden estar condicionados por el descubrimiento de nuevas minas, los avances tecnológicos o la disponibilidad de capital (Granda y Segundo, 1983).

En la demanda de cobre influyen la actividad industrial de los países, aunque "el consumo de cobre no depende estrechamente de los precios del metal, dado que la elasticidad-precio de la demanda es muy baja en el corto plazo y no muy elevada en el largo plazo" (Granda y Segundo, 1983, p.15). Además, la demanda de cobre se puede ver afectada por los avances tecnológicos de forma positiva, aumentando sus usos en la industria; o negativa, sustituyéndolo por otros minerales.

El consumo de cobre se puede ver reflejado en el crecimiento económico de los países. Después de la Segunda Guerra Mundial los países desarrollados necesitaban el recurso para reconstruirse; en los años setenta los países en desarrollo asiáticos (Corea, Tailandia, Taiwán, Indonesia), africanos y sudamericanos fueron los encargados de dinamizar la demanda de cobre. En los años ochenta y noventa han sido los países asiáticos los principales consumidores de este mineral, pero la mayor parte de ellos ha frenado su crecimiento excepto China que con 1689 miles de toneladas en 2000, sigue a Estados Unidos (que reflejaba unas cifras de consumo de cobre de 2923 miles de toneladas en 2000), en el ranking de países consumidores de cobre (Cámara minera de México, 2000).

El cobre es un recurso natural no renovable que tiene para nuestra sociedad una gran variedad de usos, como conductor térmico y metal de aleación, este mineral se utiliza en infinidad de industrias que han mejorado la calidad de vida de mucha de la población de este planeta. La explotación de este mineral está sujeta a las características del país de origen a nivel político o social, al avance de nuevas tecnologías y a la introducción de capital, entre otras. Los cambios en la estructura de la industria han influido en la distribución geográfica de la producción de este mineral en sus distintos estados y a su vez en las variables del mercado a las que está sujeto el comercio de este mineral. En general, se observa que la producción y el consumo de cobre ha crecido a un ritmo vertiginoso desde la revolución industrial hasta la actualidad, debido, mayoritariamente, a la demanda de los países desarrollados. Las previsiones sobre la demanda futura no

están claras; se puede anticipar que “si los países en desarrollo replican la tendencia observada del consumo de cobre per cápita de los países desarrollados, esto significaría que va a haber suficiente demanda de cobre en el futuro” (Meller, 2000, p.56). La cuestión está en si habrá suficiente recursos terrestres para ello o los avances tecnológicos necesarios.

A modo de resumen, esta tabla muestra las principales características referentes a los actores principales, las variables del mercado y el progreso tecnológico que han ido cambiando en la historia industrial de este metal.

**Tabla 3. Historia industrial del cobre**

<i>Elementos</i>	<i>Hasta 1970</i>	<i>1970 - 1990</i>	<i>1990 - 2006</i>
Actores principales	Empresas multinacionales estadounidenses	Empresas públicas y privadas	CODELCO, (BHP) Copper, Phelps Dodge, (RTZ) y Freeport McMoRan
Institución	Empresas privadas	Nacionalización	Internacionalización de la producción
Avances tecnológicos	Algunos avances desde principios de siglo	Gran intensidad en el avance tecnológico	Avance tecnológico menor
Demanda	Gran aumento debido al final 2ª Guerra Mundial	Aumento debido al crecimiento de los países asiáticos	Aumento de la demanda
Oferta	Concentración	Desconcentración	Reconcentración
Consumo	Centralización en los países industrializados	Descentralización	Descentralización
Precios	Estabilidad	Inestabilidad	Inestabilidad

Fuente: Elaboración propia basado en Moussa (1999).

## 4.2 Importancia económica de la minería en Andalucía

A continuación se relatan los acontecimientos más importantes en la historia minera de Andalucía, que la sitúan como una de las Comunidades en las que se han extraído más recursos mineros de España. Después de esta contextualización histórica, detallamos la contextualización socioeconómica de Andalucía y la representatividad del sector minero en la economía de esta región.

### 4.2.1 Síntesis histórica

El surgimiento de esta actividad se remonta al año 3000 a.c. con civilizaciones, como por ejemplo los poblados calcolíticos de Los Millares (Almería) que junto con la agricultura y la ganadería, explotaban y trabajaban el cobre.

Los Tartessos se caracterizaron por ser los primeros explotadores de las riquezas del subsuelo andaluz, siendo Río Tinto la explotación minera más importante de la época en la que, además de recuperación de cobre, se extraían oro y plata. De esta época data el famoso tesoro del Carambolo (siglos VIII –III a.c.), que se encontró en los alrededores de Sevilla y atestigua las riquezas minerales que poseían.

A partir de los siglos XIV a.c. y hasta unos 300 años antes de nuestra era, las diferentes civilizaciones que colonizaron Andalucía (los fenicios, y más tarde los griegos), comerciaron con las riquezas minerales de la región y desarrollaron las zonas de explotación potenciando los núcleos de extracción de metales y forzando a los nativos a aumentar la producción sobre todo de metales preciosos.

Desde el año 206 a.c hasta el año 411 d. c. aproximadamente, dominó la civilización romana en la península, trayendo consigo “el florecimiento de la industria minera, a la que aplicaron singulares tecnologías de arranque y profundización, investigando todos los rincones del país en la búsqueda de nuevos yacimientos minerales” (Consejo Superior del Colegio de Ingenieros de minas, 1996, p. 11). Según el mismo texto, restos de muchas labores de esta época, como construcciones mineras para el desagüe, se han encontrado en yacimientos de Sevilla y Huelva.

A partir de la cultura romana se entró en un periodo de disminución de las explotaciones debido a las incursiones germanas y bereberes en el norte y en el sur de la península, respectivamente; por otro lado, la cultura árabe que dominó Andalucía durante los siglos VIII – XIII, no se caracterizó por explotar a gran escala los recursos minerales.

La Edad Media, en la España cristiana, se caracterizó por ser la época en que el régimen minero se determinaba por el otorgamiento en concesión de grandes zonas en las que se incluían lugares de importancia minera como las minas de Guadalcanal en Sevilla, Río Tinto en Huelva y Linares en Jaén, y la explotación de cobre y plata en las provincias de Granada y Sevilla (Consejo Superior del Colegio de Ingenieros de minas, 1996).

En el siglo XVIII los avances científicos que supusieron el descubrimiento de la pólvora y la utilización de maquinas de vapor en los enclaves mineros supusieron la reanimación del sector.

En el siglo XIX la potenciación de la minería estuvo motivada por dos factores: en primer lugar, la gran introducción de capital extranjero en el desarrollo de explotaciones mineras como las compañías de Río Tinto<sup>13</sup> y Peñarroya de capital inglés y francés, respectivamente. En segundo lugar, la implantación de los ferrocarriles que realmente surgió, no como un intento de mejorar las comunicaciones entre los centros económicos de la región, sino con el objetivo de conectar las minas con los puertos marítimos para la exportación del mineral (Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía<sup>14</sup>, 2003).

De estas circunstancias favorables para el desarrollo minero, España al no poseer ni el capital ni los conocimientos para la explotación de sus recursos aportó una legislación minera que favoreció a las compañías, liberalizando el régimen minero que provocó el boom minero entre los años 1850-1913. En este periodo más de la mitad de la producción minera nacional provenía de Andalucía.

Esta situación se mantuvo hasta pocos años antes de la Guerra Civil española (1936-1939), gracias a la gran demanda de recursos minerales por parte del mercado europeo. Fruto de las actividades mineras fueron los cambios de paisaje que provocaron las deforestaciones de las sierras de Gador, Marbella, Linares, el Pedroso y Río Tinto, entre otras. En esta época la minería se caracterizaba por ser una actividad intensiva en mano de obra que necesitaba a los habitantes de las regiones mineras. En este periodo surgió el conflicto socioambiental conocido como "año de los tiros" o "año de los humos"<sup>15</sup>.

Posteriormente a la Guerra Civil entró en juego una legislación minera que limitaba el capital extranjero en un 49% en las compañías de este sector y gracias a la creación del Instituto Nacional de Industria (INI) y a un impulso industrializador de la época, surgieron, entre otras, la Compañía Española de Minas de Río Tinto, Andaluza de Piritas S.A y la Empresa nacional Carbonífera del Sur. Este impulso industrializador provocó la renovación tecnológica e intensificación energética que se vio reflejada en la mecanización de los procesos que dieron paso a la minería a cielo abierto.

A partir de 1970 el sector entró en decadencia debido a la baja ley de los metales unido a unos altos costes de operación que dificultaron la competitividad de la minería andaluza en el mercado internacional y provocaron una pérdida de presencia en dichos mercados y la orientación progresiva hacia el mercado nacional (materias primas para la industrialización de los 60) (Sánchez, 2001).

---

<sup>13</sup> Esta compañía se situaba en el pueblo onubense del mismo nombre y esta región minera se caracterizó por ser hasta finales del siglo XIX la cuenca cuprífera más importante del mundo y, hasta la primera Guerra Mundial, la de piritas con más azufre del mundo (Ferrero, 2001).

<sup>14</sup> Actualmente la Agencia de Medio Ambiente ha pasado a denominarse Consejería de Medio Ambiente.

<sup>15</sup> Las consecuencias del proceso de beneficio del mineral denominado como calcinación al aire libre, como la gran cantidad de humos que este sistema provocaba, motivaron en 1888 en Río Tinto (Huelva) unas protestas de los habitantes del lugar que desembocaron en una sangrienta represión que conmocionó al país (Pérez, 2001).

## 4.2.2 Actualidad minera española

Para acercarnos a la actualidad minera del cobre en la Comunidad Autónoma de Andalucía, en primer lugar se analiza la situación de España a nivel productivo y comercial en referencia a este metal. Para, después introducir la situación de los proyectos mineros que explotan cobre localizados en Andalucía.

Actualmente, España es el tercer país de la Unión Europea en producción minera de cobre (Instituto Geológico y Minero de España, 2002). La tabla siguiente presenta la evolución en la producción de cobre y la situación actual del mercado de este metal en España.

Tabla 4. Balance de materias primas minerales de cobre (t de cobre contenido)

Año	Producción (t)		Comercio exterior (t)		Consumo aparente (t)	Autosuficiencia primaria.+secundaria	Dependencia económica
	Minera (Pi)	Recuperación (Pv)	Importación (I)	Exportación (E)	(C = Pi+Pv+I-E)	(Pi+Pv)/C	I/(C+E)
1986	51 084	65 000	216 873	91 020	241 937	48,0 %	65,1 %
1987	16 213	67 000	218 663	89 198	212 678	39,1 %	72,4 %
1988	14 165	67 000	266 949	82 142	265 972	30,5 %	76,7 %
1989	27 510	71 000	280 943	85 910	293 543	33,5 %	74,0 %
1990	14 725	70 000	289 048	85 514	288 259	29,4 %	77,3 %
1991	11 931	78 000	346 016	163 466	272 481	33,0 %	79,4 %
1992	10 863	67 000	327 784	153 480	252 167	31,0 %	80,8 %
1993	6 691	65 000	327 255	166 422	232 524	30,8 %	82,0 %
1994	5 944	84 000	366 676	179 155	277 465	32,4 %	80,3 %
1995	24 662	90 000	410 531	183 209	341 984	33,5 %	78,2 %
1996	38 392	90 000	475 736	268 260	335 868	38,2 %	78,7 %
1997	38 883	95 000	543 575	311 460	365 998	36,6 %	80,2 %
1998	37 217	95 000	609 659	297 831	444 045	29,8 %	82,2 %
1999	4 249	90 000	620 916	318 163	397 002	23,7 %	86,8 %
2000	24 360	90 000	668 123	290 126	492 351	23,2 %	85,4 %

Fuente: Instituto Geológico y Minero de España (2002)

En esta tabla se observa la evolución en España en el periodo (1986 – 2000) de, en primer lugar, la producción (Pi) (en toneladas de cobre contenido) de minerales, óxidos y sales, matas, metal bruto y metal trabajado. En segundo lugar, la recuperación (Pv), que se refiere a la producción de cobre secundario a partir de chatarras de cobre refinado, cobre en aleación y cenizas de cobre. La tercera y cuarta columna muestran datos de la importación y exportación de cobre en nuestro país. La quinta columna muestra el consumo aparente, que se calcula sumando la producción primaria y secundaria más las importaciones, y restando las exportaciones. Las últimas columnas calculan el porcentaje de autosuficiencia productiva en base al consumo y dependencia económica en cuanto al recurso cobre que tiene España.

La producción minera ha tenido una evolución poco constante con una disminución de prácticamente la mitad de la producción de cobre en comparación con 1986. Sin embargo, tanto la exportación como la importación han aumentado debido al aumento del consumo tanto interior como exterior. Las cifras de autosuficiencia en

base a la producción y el consumo y los datos sobre el porcentaje de dependencia económica indican que, a pesar de ser el tercer país de la Unión Europea en producción minera de cobre, España no se caracteriza por tener una independencia con respecto al recurso cobre. Esto se debe al funcionamiento intrínseco del mercado: en primer lugar, el volumen productivo de este metal que posee la industria española no es suficiente para abastecer el consumo en nuestro país. En segundo lugar, existen unos acuerdos de importaciones y exportaciones que España posee con otros países.

Según los datos del Consejo Superior del Colegio de Ingenieros de minas (1996), a mitad de los noventa, las compañías productora de cobre en España eran Minas de Almagrera S.A., Boliden Apirsa, Minas de Río Tinto S.A.L. y Prerreducidos Integrados del Suroeste de España (PRESUR S.A.). Estas compañías poseían los derechos de explotación de varios enclaves mineros en la región andaluza y en otras regiones.

En el 2001, el panorama nacional de la producción de metales se caracterizaba por el final temporal de las actividades extractivas de todas las empresas productoras de cobre debido a los problemas técnicos y las dificultades financieras. Las compañía Boliden Apirsa cesó temporalmente sus actividades en el yacimiento de Los Frailes por el desastre ecológico de Aznalcollar en 1998; más tarde, retomó la producción para, en 2001 solicitar la renuncia a la concesión minera de dicho yacimiento. Minas de Almagrera S.A. paralizó la explotación de los yacimientos de Aguas Teñidas, Sotiel Este y Migollas. Minas de Río Tinto S.A.L. cambió su titularidad a Minas de Río Tinto S.A. y pasó a manos de los propios trabajadores, pero con una difícil situación económica. Eso, unido al cierre de PRESUR S.A., explica la situación de decadencia de la minería en Andalucía (Instituto Tecnológico Geominero de España, 2002). Desde entonces la única compañía con producción minera metálica directa es Río Narcea Gold Mines, que en 2003 había explotado la zona rica de La Charnela en la corte de el Valle y el pequeño yacimiento de Caolinas situado en Asturias (Espí, 2004). En 2007, gracias a la puesta en marcha de dos nuevos proyectos mineros, se espera que la situación respecto a la minería metálica cambie. El proyecto de Níquel cobre de Aguas Blancas, localizado en la provincia de Badajoz propiedad de Río Narcea Gold Mines Ltd, será, según el proyecto, el mayor productor de níquel de Europa (Espí, 2004).

El otro gran proyecto planteado es el localizado entre los municipios de Guillena, Gerena y Salteras, en la provincia de Sevilla. El proyecto Cobre Las Cruces será la explotación minera de cobre a cielo abierto más grande de Europa, propiedad de la empresa Cobre Las Cruces S.A. es subsidiaria de la compañía minera canadiense Inmet Mining Corporation y se espera que a principios de 2008 comience a producir cobre. Este importante proyecto es el objeto de este estudio y al que nos dedicaremos en profundidad más adelante.

### 4.2.3 El sector minero en la economía andaluza

Tras el repaso de la actual situación de la minería del cobre en España y los proyectos mineros localizados en la comunidad andaluza, antes de analizar la representatividad económica de este sector es preciso establecer, en primer lugar, el marco socioeconómico de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

#### 4.2.3.1 Marco socioeconómico

Para poder encuadrar debidamente la minería andaluza es necesario establecer la estructura de su población, así como la renta regional y su evolución en comparación con España.

Con una extensión de 87.268 Km<sup>2</sup>, Andalucía representa el 17,28% de la superficie de España, siendo la segunda Comunidad Autónoma con mayor extensión después de Castilla León (Dirección General de Industria, Energía y Minas. Junta de Andalucía, 1986). Su población de derecho en 2005 era de 7.849.799 habitantes según el Instituto de Estadística de Andalucía, 2005. Esto supone algo más del 17% del total nacional, lo que sitúa a esta Comunidad en primer lugar a nivel de población del país.

**Tabla 5. Población Andaluza (millones de personas)**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Población andaluza	6,9144	6,953	6,989	7,022	7,249	7,314	7,234	7,236	7,305	7,340	7,404	7,478	7,606	7,687	7,829
Población española	38,836	38,916	39,006	39,083	40,230	40,460	39,669	39,669	39,853	40,500	41,117	41,838	42,717	43,198	43,975

Fuente: Elaboración propia en base a Instituto de Estadística de Andalucía (2005)

A nivel de empleo, es importante destacar la distribución por sectores económicos de la población activa, tal y como muestran los datos de la situación laboral de la población activa según sector económico por provincias y en España para el año 2004

**Tabla 6. Población activa según sector económico por provincias y en España. (miles de personas). Año 2004**

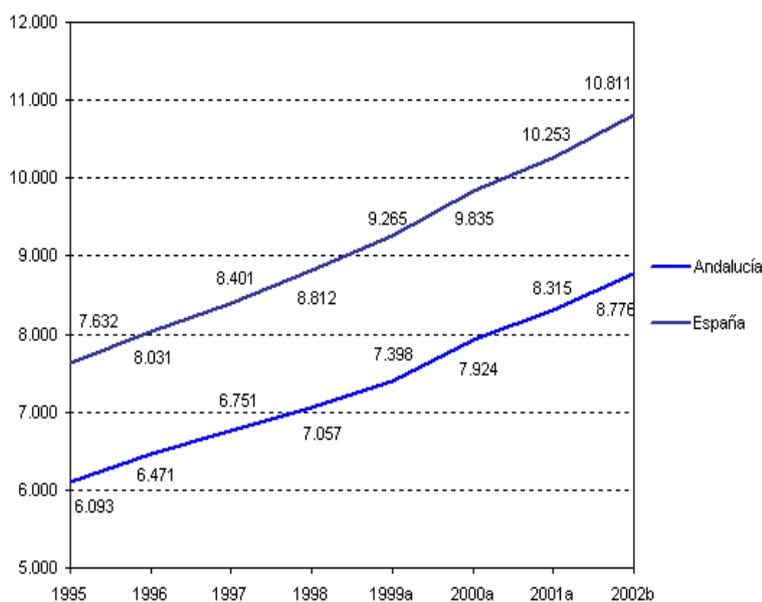
	Andalucía	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	España
Agricultura	378,4	44,4	40,1	55,6	45,1	34,9	52,4	33,2	72,7	1.167,6
Industria	331,1	18,8	54,5	46,3	28,5	18,9	34,8	45,2	84,3	3.458,3
Construcción	473,4	50,5	76,5	40,2	45,5	29,3	27,6	112,5	91,5	2.462,4
Servicios	2.009,4	172,2	290,9	183,2	213,9	103,4	138,2	389,6	518,1	12.490,5
Parados que buscan el 1 <sup>er</sup> empleo o que han dejado el último hace 3 o más años	139,2	5,5	32,2	17,6	12,1	4,2	10,2	20,2	37,3	605,6
Total	3.331,5	291,3	494,2	342,8	344,9	190,8	263,1	600,6	803,9	20.184,5

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2005)

En Andalucía el sector servicios engloba la mayor cantidad de población activa, seguido por el de la construcción, agricultura, y por último el sector industria. En España el sector servicios es también el sector en el que se concentra mayor cantidad de población activa, seguido del sector industria, el de construcción y por último el sector agrícola con la menor cantidad de población activa dedicada a ello.

Para finalizar la contextualización socioeconómica andaluza, es importante remarcar que, tal y como muestran los datos de la siguiente gráfica, “la renta per cápita no alcanza al 80% de la media española ocupando esta comunidad el penúltimo lugar entre todas las autonomías solamente por delante de Extremadura” (Consejo Superior del Colegio de Ingenieros de minas, 1996, p.24).

**Gráfico 4. Evolución de la renta disponible bruta per cápita en Andalucía y en España (euros/habitante)**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2005)

El análisis económico aquí presentado es del tipo convencional, en el que únicamente se muestran datos cuantitativos y cuantificados en unidades monetarias. Entendemos necesario realizar también este análisis en unidades físicas, como a continuación se presenta en el siguiente apartado.

#### 4.2.3.2 Representatividad económica del sector minero

Tras este breve análisis de la situación económica de la comunidad andaluza, algunos datos pueden establecer la representatividad económica del sector minero andaluz.

En la últimas décadas, como consecuencia de varios factores tales como los cambios en los mercados internacionales de materias primas, el cierre de las empresas que explotaban en la Franja Pirítica, etc., la posición histórica de Andalucía en la minería ha ido declinando en ciertas producciones (minería metálica y energética) a la vez que otras han pasado a ocupar un lugar estratégico en el conjunto nacional (rocas ornamentales y áridos). A continuación, algunos datos nos ayudan a encuadrar la situación de la producción minera en esta Comunidad.

El valor de la producción minera andaluza, en el año 1985 superaba los 336 millones de euros, representando el 16% del total de producción minera nacional (Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Junta de Andalucía, 1986). Según el mismo autor, en 1993, este valor aumentó a más de 504 millones de euros, suponiendo el 1.1% del PIB andaluz del mismo año. En 1998 el valor de la producción minera andaluza disminuyó a 405 millones de euros; y en 2001 la cifra de valor de la producción minera era de 534 millones de euros. En ese año, este valor representaba el 16% del total de producción minera nacional (Comisiones Obreras, 2003). Según los datos del Instituto de Estadística de Andalucía (2005), la extracción de minerales metálicos representaba en 2001, 2002 y 2003, el 0.3% del PIB andaluz de dichos años.

Para poder analizar más detalladamente las cifras de producción minera en Andalucía, se ha de estudiar la producción en función del tipo de producto que se extrae. La minería puede dividirse en cuatro subsectores: minerales metálicos, minerales no metálicos, productos de cantera y productos energéticos. El de los minerales metálicos era en 1985 el subsector que poseía mayor importancia, representando en este año, aproximadamente el 56% de la producción total de minerales metálicos en el territorio nacional (Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Junta de Andalucía, 1986); y el 70% de la actividad nacional en 1994 según el Consejo Superior del Colegio de Ingenieros de minas, (1996). A partir de ahora nos centraremos en el subsector de la minería metálica andaluza que incluye el cobre entre sus productos.

La estadística minera de Andalucía (2003) proveniente de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa (2004) muestra que en el periodo (1992-2003), la producción ha disminuido de forma no constante. En la tabla 7 se puede observar la evolución de la producción minera dividida en los cuatro subsectores de la minería en Andalucía. Nótese que la producción en todos los subsectores ha disminuido excepto en los productos de cantera. Respecto a la minería metálica, se observa un aumento significativo de la producción de minerales metálicos desde el año 1992 a 1993 debido al aumento del número de explotaciones (de 16 a 20). En el periodo (1997-2002) la producción disminuye de forma importante, posiblemente debido al cese de la actividad de la mina Los Frailes por el desastre ecológico de Aznalcollar. Desde esta fecha (2003) la

producción se ha recuperado de forma poco significativa y según los datos de de Instituto Geológico y Minero de España, (2002) y Espí, (2004); que indican que la producción de minerales metálicos se ha ido reduciendo hasta mínimos históricos, se espera que la producción aumente gracias a las nuevas explotaciones de Aguas Blancas y Cobre las Cruces; aunque este dato no está disponible en esta fecha en documentos estadísticos oficiales.

**Tabla 7. Evolución de la producción minera en Andalucía TM (toneladas métricas). Años 1992-2003.**

	1992	1993	1996	1997	2002	2003
Minerales metálicos	1.847.565	25.626.883	19.608.493	12.936.084	221.253	2.309.621
Minerales no metálicos	811.244	492.957	4.892.299	4.976.628	517.531	625.007
Productos de cantera	36.973.271	32.824.147	33.926.639	33.424.363	88.468.237	69.030.076
Productos energéticos	1.259.320	1.170.548	11.039.384	10.022.446	818.275	823.530
<b>Total producción</b>	<b>40.891.400</b>	<b>60.114.535</b>	<b>69.466.815</b>	<b>61.35.9521</b>	<b>90.025.296</b>	<b>72.788.234</b>

Fuente: Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa (2004)

El número de explotaciones en Andalucía se ha ido reduciendo; en efecto, según la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa (2004), en 1992 había 16 explotaciones de minerales metálicos en esta Comunidad, en 1993 había 20, en 1996, 9; en 2002, 8 y en el 2003 había solo 4 explotaciones de este tipo en Andalucía.

En cuanto al empleo, dado que esta actividad tiene una amplia historia en Andalucía y necesita un elevado número de personas como mano de obra, el empleo se ha visto beneficiado a nivel regional de forma significativa, aunque esta magnitud ha venido reduciéndose a lo largo del tiempo debido, entre otros factores, a la evolución en las tecnologías de explotación y extracción de minerales que han ido disminuyendo la necesidad del factor humano.

**Tabla 8. Evolución de la mano de obra (empleo directo) en la minería andaluza (número de trabajadores).**

	1874	1913	1989	1992	1993	1996	2002	2003
Minerales metálicos	-	-	-	2.351	1.363	1.883	168	77
<b>Total minería</b>	<b>26.857</b>	<b>62.793</b>	<b>7.602</b>	<b>5.888</b>	<b>4.346</b>	<b>5.825</b>	<b>5146</b>	<b>4.438</b>

Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez (2001) y Consejería de Innovación, Ciencia y Tecnología (2004).

En los años siguientes a 2003 y hasta la actualidad, este número ha aumentado debido a las dos nuevas explotaciones citadas anteriormente: Cobre Las Cruces ha aumentado las cifras de empleo durante los dos años de construcción del proyecto (2005-2007) en 600 puestos de trabajo (empleo directo, indirecto); este número, sin embargo, se verá reducido a 250 puestos de trabajo directos durante la fase de producción (Inmet Mining Corporation, 2006). Respecto al proyecto Aguas Blancas, el número de trabajadores directos censados es de 82 (Caja de Badajoz, 2005).

Los datos sobre el empleo en este sector pueden completarse analizando el número de empresas que en Andalucía ha creado la industria relacionada con el sector minero. Según el directorio de empresas españolas dedicadas a la metalurgia inscritas en el Registro Mercantil en 2007, de las más de cien empresas que aparecen en este directorio que se dedican a la fabricación de productos metalúrgicos, hay una empresa situada en Andalucía dedicada a la fundición de metales: Loracero's S.A., tres empresas situadas en Andalucía dedicadas a la producción y primera transformación de metales preciosos y de otros metales no féreos: Cobre las Cruces S.A., Atlantic Cooper S.A., Peninsular del Latón S.A.. Existe una empresa con sede en esta comunidad dedicada a otras actividades de la transformación del hierro y del acero y producción de ferroaleaciones: Portinox S.A. También en Andalucía, Cilindros Carmona S.L, Itagua S.L. y Torneados España S.L. son empresas que se dedican a la fabricación de tubos de hierro. Fundiciones Ilturgi S.L se encuentra en la categoría de fabricación de tubos. Por último, en la categoría de empresas dedicadas a la fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones se encuentra Siderurgica Sevillana S.A. (E-INFORMA, 2007).

Como conclusión podemos afirmar que Andalucía, a pesar de poseer un menor porcentaje de población activa en el sector industrial es, según los datos manejados, una de las Comunidades Autónomas con mayor representatividad de España en el sector de la minería metálica. Aun así, tanto la producción como el empleo en este sector ha disminuido en los últimos años y la industria relacionada con el sector minero en esta Comunidad no posee gran desarrollo.

Analizar datos cuantitativos de estas características conlleva un riesgo asociado debido a la incertidumbre en las fuentes de datos y el sesgo que llevan implícitos ciertas formas de medir el crecimiento de una economía que no siempre coinciden con el bienestar de las personas que habitan en los enclaves mineros. Sea como fuere, lo que hace relevante a la minería no es tanto ni la producción generada ni el número de empleos asociados, sino la producción de una materia prima indispensable en la sociedad actual.

## 4.3 Proceso minero

A continuación se desarrollan brevemente las fases en que consiste el proceso de explotación minera, desde la exploración geológica hasta el abandono de la actividad, pasando por los métodos de evaluación de yacimientos y los principales procesos de beneficio del mineral de cobre.

Los tipos de yacimientos de cobre explotados por el hombre fueron variando en función de los avances tecnológicos. Primero, el hombre prehistórico accedió al cobre nativo, después se explotaron los yacimientos oxidados para, más tarde, acceder a los recursos sulfurados que se sitúan debajo de estos debido a la lenta acción del oxígeno atmosférico. En la actualidad se están perfeccionando técnicas de explotación que están dirigidas a yacimientos de baja ley e incluso explotación de los recursos marinos dado el recurso potencial que hay, ya que "se estima que en el Océano Pacífico hay 7900 millones de toneladas de cobre, aproximadamente" (Granda y Segundo, 1983, p. 34).

Existen varios sistemas de extracción del mineral, así como diferentes sistemas de procesamiento mecánico. Dependiendo de la profundidad a la que se sitúe el recurso, la actividad minera se desarrollará de forma subterránea o a cielo abierto.

Las fases de desarrollo de una explotación minera, sea subterránea o a cielo abierto son: 1) Exploración; 2) Evaluación del yacimiento; 3) Diseño de la explotación y puesta en marcha (fase de construcción); 4) Proceso minero de explotación (fase de producción); 5) Abandono. A continuación detallamos el proceso seguido en cada una de ellas.

### 4.3.1 Exploración

La exploración geológica tiene como objetivo localizar anomalías debidas a depósitos minerales. Son técnicas de tipo geofísicas y geoquímicas que localizan yacimientos y analizan grandes áreas. En base a las exploraciones se hacen trabajos de investigación sobre el territorio por medio de sondeos, excavaciones o calicatas para definir y evaluar las reservas del yacimiento. Actualmente, gracias a los avances en las imágenes por satélite, los geólogos pueden evaluar los yacimientos con más exactitud, disminuyendo así el trabajo de campo.

### 4.3.2 Evaluación del yacimiento

A continuación se explica brevemente los factores importantes para la evaluación de un yacimiento minero, analizando los parámetros económicos que supone la puesta en marcha de una actividad de tal envergadura<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Según Estévez (2004 p.1) "Los proyectos mineros actuales son extremadamente costosos, generalmente el desembolso inicial de capital está en el orden de los cientos de millones de dólares".

Una mina entrará en funcionamiento si el depósito minero contiene la suficiente cantidad de mineral para producir un producto con suficiente valor como para cubrir todos los gastos y generar un determinado nivel de ganancias para sus inversores. Entonces, el valor de la mineralización dependerá de los valores de producción. Para calcular los valores de producción se estiman los parámetros técnicos, ambientales y económicos a nivel futuro (reservas, ley media, vida útil, producción anual, precio, costes de las operaciones etc.)

El valor de la mineralización está en función de diversos factores: factores geológicos (características, componentes minerales y calidad del yacimiento etc.), factores geográficos (situación de la mineralización) y factores de tipo políticos, legales, ambientales y económicos. Para la evaluación de todos estos factores, se crea un documento, llamado estudio de viabilidad, que es el instrumento para la toma de decisiones a nivel de la empresa promotora, independientemente del proceso de decisión para decidir la implantación o no del proyecto en el país donde se situará. Estos factores son:

1) Factores geológicos. El principal activo de una mina son sus reservas y si éstas no existen o la calidad es muy baja entonces la mineralización no posee importancia económica. Las reservas pueden ser revisadas en función de los avances tecnológicos, de los cambios en la situación política y económica, pues en base a estos elementos, pueden aumentar su valor o perderlo (Moussa, 1999)

2) Condiciones Geográficas. Son, entre otras, la cercanía al mercado, la disponibilidad de mano de obra y energía y la existencia de infraestructura.

3) Factor político. Este factor está relacionado con la estabilidad política de la zona donde se sitúe. Aquellas regiones amenazadas por conflictos o guerras pueden perder su interés para explotarse. Las empresas privadas ante las nacionalizaciones pierden el aliciente para invertir.

4) Factores ambientales. Para un inversor minero aquellos estados con legislaciones ambientales muy severas no constituyen una prioridad; puesto que el coste de la tecnología necesaria para mitigar los impactos ambientales de estas actividades se adiciona al coste de operaciones y disminuye la rentabilidad y el valor del yacimiento.

5) Factores legales. El régimen fiscal de cada país determina: los tipos de impuestos (que constituyen un coste más que tiene que soportar la futura mina), los seguros ambientales, las posibles penas en el caso de que existan afecciones al medio ambiente, el desarrollo del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, la transferencia de los dividendos y el capital al exterior, entre otros determinantes.

6) Factor económico. La evaluación económica se basa en los cálculos del flujo de caja anual para la vida de las reservas definidas. Su establecimiento permite determinar el valor del yacimiento. Según Estévez (2004, p.4), "el flujo de caja (FC) no es más que el movimiento del efectivo durante el tiempo de operación. El flujo de caja anual es la diferencia entre todos los efectivos que entran anualmente a la caja (ingresos operacionales:

venta de concentrado e ingresos no operacionales: valor residual y recuperación del capital de trabajo) y todas las salidas anuales o egresos (inversión fija, costo de operaciones, impuestos, pago de intereses, regalías etc.). Los valores de los elementos del flujo de caja son estimados durante la ejecución de los estudios de viabilidad”.

Diferenciaremos los distintos componentes del flujo anual de caja para analizar los factores económicos que afectan al valor de la mineralización:

## 1. Ingresos

Los ingresos se dividen en operacionales y no operacionales. Los ingresos operacionales están relacionados con la venta y la producción de la futura mina (metal, concentrado o mineral) y dependen directamente del ritmo de producción anual y el precio de la materia prima mineral que se produce (como regla general una mina lo que produce es concentrado y no metal puro). También dependen de la ley del mineral y la recuperación en planta entre otros factores. Veamos en qué consiste la recuperación en planta y el ritmo de producción anual.

El porcentaje de metal que se recupera de la roca durante el proceso de beneficio es lo que se denomina recuperación en planta. Se puede definir como la razón entre la cantidad de metal recuperado y la cantidad de metal que contiene la roca.

El ritmo de producción es un parámetro que posee gran influencia sobre la rentabilidad económica del yacimiento. Determina las inversiones de capital, el nivel de costo de operación y los ingresos anuales. La producción anual depende de: en primer lugar la magnitud de la inversión capital; en segundo lugar, la demanda de la materia prima que se explote en esa mina; en tercer lugar, del sistema de explotación (la minería puede ser subterránea o a cielo abierto; esta última suele tener mayor productividad porque las explotaciones subterráneas tienen mayores costes que las de tajo abierto, aunque la inversión inicial dependerá del material estéril que tiene que ser removido hasta llegar a la zona mineralizada); y por último, de las reservas probadas y las reservas probables, entendiéndose por reservas probadas “aquellas que han sido delimitadas por medio de labores mineras o perforaciones y que incluyen masas mineralizadas mas allá de lo que se ha detectado directamente, con un alto grado de probabilidad; mientras que reservas probables son aquellas que comprenden áreas mineralizadas cuya extensión no se ha delimitado exactamente y donde se han realizado perforaciones dispersas o separadas” (Granda y segundo, 1983, p.32).

Entonces, el cálculo de la producción anual debe estimarse en base a las reservas probadas del yacimiento. La producción anual y el tonelaje del yacimiento (reservas de mineral útil) determinan el tiempo de vida del yacimiento.

Los ingresos no operacionales poseen poco peso en los flujos positivos del proyecto y provienen de la venta de activos fijos una vez concluida su vida útil (valor residual) y de la recuperación del capital de trabajo en el último año de operaciones del proyecto (Estévez, 2004).

## 2. Costes

Una vez definida la capacidad anual de la futura mina es necesario establecer los costes. Los costes se dividen en coste capital o inversión inicial, capital de trabajo, costes de operación y los costes que provocan los tributos, diferentes en cada país.

1) Coste capital o inversión inicial. El coste capital se calcula en base a ofertas reales de equipamiento y maquinarias. Los mayores requerimientos de capital en los proyectos mineros lo constituyen los costes de construcción de la mina (incluyendo la compra e instalación del equipamiento minero) y la adquisición e instalación de la planta de beneficio.

2) Capital de trabajo. El capital de trabajo representa el dinero necesario para comenzar las operaciones y asumir las obligaciones siguientes durante la etapa de puesta en marcha del proyecto.

3) Costes de operaciones. Son aquellos generados de forma continua durante el funcionamiento de una operación y se dividen en 3 tipos: costes directos o variables, costes indirectos o fijos y costes generales. Se calculan directamente a partir del consumo de materiales, salarios, servicios y disponibilidad de equipos. Según Estévez (2004, p.15) "en la mayoría de las minas de los costes de operación presenta más problemas que la de los costes de capital, debido a la gran variabilidad de los siguientes factores: geología del yacimiento, tipo y número de equipos utilizados, personal involucrado, condiciones ambientales, localización geográfica, organización empresarial".

Según este mismo autor (2004, p.16 y 17), los costes directos pueden considerarse como los costes primarios de una operación y consisten, básicamente, en las aportaciones del personal, materiales y preparación y desarrollo. Los costes indirectos o fijos son gastos que se consideran independientes de la producción. Este tipo de costes puede variar con el nivel de producción proyectada, pero no directamente con la producción obtenida, siendo los componentes principales "los de personal, seguros (de propiedad y responsabilidad), amortización de la deuda, interés, impuestos, restauración de terrenos, gastos de oficina y servicios, relaciones públicas y publicidad (...). Los costes generales incluyen: comercialización (vendedores, estudios de mercado, supervisión, etc.) y administración (contabilidad y auditoría, gerencia y dirección general), etc. Los gastos generales pueden considerarse o no como parte de los costos de operaciones y aunque algunos corresponden a un determinado proceso o unidad se contemplan a un nivel corporativo del ciclo completo de producción".

4) Costes que generan los impuestos o tributos. Existen dos tipos principales de impuestos para la minería: el royalty y el impuesto sobre la ganancia o renta. Los tributos son diferentes en cada país y en algunos casos

puede ser hasta triple: municipal, estatal y federal. Pueden variar a través del tiempo en función de la legislación de los países.

### 4.3.3 Diseño de la explotación y puesta en marcha

El diseño de una explotación minera debe hacerse en base a criterios, no sólo intrínsecos al proceso de extracción y beneficio del mineral (diseño de la corta minera, localización de las escombreras, tratamiento de los residuos, etc.), sino a parámetros ambientales, sociales, culturales y económicos. Como se ha citado anteriormente, el sistema de evaluación de un yacimiento minero se denomina estudio de viabilidad. Unido a este proceso y obligatoriamente por ley, en la mayoría de los países se debe realizar un Estudio de Impacto Ambiental, dentro de lo que se conoce como proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, que es la herramienta institucional para analizar la viabilidad en todos los aspectos de una actividad de este tipo.

### 4.3.4 Proceso minero de explotación

Para completar el proceso de explotación, en primer lugar, se extrae el mineral para, en segundo lugar, triturarlo y por último someterlo a los procesos de beneficio y transformación metalúrgica. Los tipos de explotación y las opciones técnicas a elegir dependerán tanto del lugar donde se sitúe la mina, (factores físicos, geológicos, climáticos), como de las condiciones del mercado en ese momento. Los tipos de procesos que se describen a continuación son los actualmente utilizados en la minería a cielo abierto de cobre<sup>17</sup>.

**1. Métodos de extracción:** el objetivo de este proceso es extraer la porción mineralizada con cobre y otros elementos desde el macizo rocoso de la mina y enviarla a la planta, en forma eficiente y segura, para ser sometida al proceso de obtención del cobre y otros elementos. Para ello debe fragmentarse la roca, mediante perforaciones y voladuras de forma que pueda ser removida de su posición original, o in situ, y luego cargarla y transportarla para su proceso o depósito fuera de la mina como material suelto a una granulometría manejable.

La extracción a cielo abierto se realiza cuando se trata de venas metalíferas de gran extensión y poca profundidad y permite la aplicación a gran escala de maquinaria (Pérez, 2001). A continuación la siguiente ilustración muestra un tipo de maquinaria de gran tonelaje utilizada en las explotación minera a cielo abierto de Yanacocha (Cajamarca, Perú).

---

<sup>17</sup> Ver Corporación del Cobre Chileno (CODELCO) (2007). Procesos. Recuperado el 13 de marzo de 2007 en <http://www.codelco.cl>

## Ilustración 1. Maquinaria minera



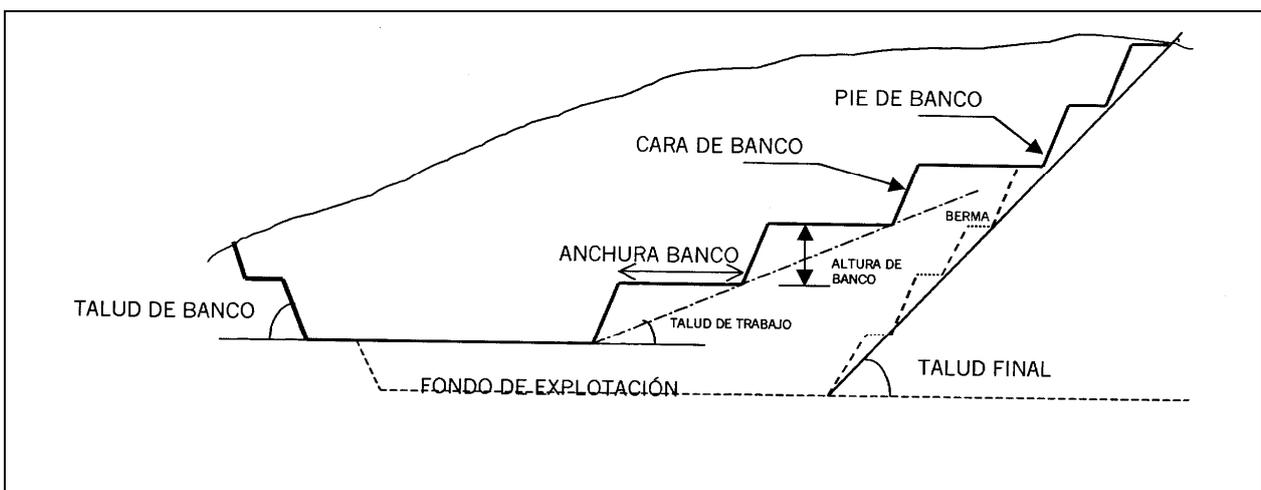
Un camión de extracción de gran tonelaje gasta en un día el combustible que un automóvil normal gastaría en 15 meses (2.250 litros). Un neumático de camión de extracción tiene un diámetro de casi 2 m, mayor que la altura promedio de un hombre (CODELCO, 2007).

Fuente: Elaboración propia

La construcción de la corta se realiza excavando lateralmente y en profundidad en el terreno mediante la construcción de bancos, cada banco corresponde a uno de los horizontes mediante los cuales se extrae el mineral. El espesor de estos horizontes es la altura de banco, la que generalmente mide de 13 a 18 m. La franja de la cara horizontal de un banco se denomina berma, su ancho varía entre 8 y 12 m. El ángulo de talud es el plano inclinado que se forma por la sucesión de las caras verticales de los bancos y las bermas respectivas.

De la estabilidad de los taludes depende la seguridad de la operación, por lo que el diseño de estos debe ser cuidadosamente estudiado. La siguiente figura muestra visualmente los conceptos referentes a una explotación a cielo abierto.

## Ilustración 2. Terminología utilizada en una explotación a cielo abierto



Fuente: Granados, M. (2000).

El método de extracción está a su vez relacionado con la disposición del mineral en el yacimiento. El cobre se encuentra en forma de diversas sales en yacimientos que, según su composición química, se clasifica en:

- minerales oxidados, ej. Azurita, malaquita
- minerales sulfurados, que pueden ser primarios y secundarios, ej. Calcopirita, calcosina.

Geológicamente en el caso de los yacimientos de tipo mixto, el recurso oxidado se encuentra a nivel más superficial que el sulfurado, por causa de la lenta acción del oxígeno atmosférico.

En la mayoría de los yacimientos se encuentran diversos tipos de minerales. La tecnología ha permitido abastecer la demanda de minerales a pesar del agotamiento de los yacimientos y de la tendencia a la baja de las leyes del mineral, especialmente en el caso de los minerales oxidados y sulfuros secundarios.

**2. Métodos de concentración:** en segundo lugar, siguiendo el proceso de obtención del cobre, la trituración, molienda y flotación tienen como objetivo concentrar y liberar las partículas de cobre que se encuentran en forma de sulfuros en las rocas mineralizadas, de manera que pueda continuar a otras etapas del proceso productivo. Es un proceso común a los dos tipos de recursos, independientemente si son de tipo oxidado o sulfurados. El mineral proveniente de la mina presenta una granulometría variada, desde partículas de menos de 1 mm hasta fragmentos mayores que 1 m de diámetro, por lo que mediante la trituración se reduce el tamaño de los fragmentos mayores hasta obtener un tamaño uniforme máximo de ½ pulgada (1,27 cm.).

Mediante la molienda se continúa reduciendo el tamaño de las partículas que componen el mineral, para obtener una granulometría máxima de 180 micrones (0,18 mm), la que permite finalmente la liberación de la mayor parte de los minerales de cobre en forma de partículas individuales.

La flotación es un proceso físico-químico que se basa en las características propias de los materiales que se adhieren a burbujas de aire y flotan en la superficie. Esta característica puede ser propia de los minerales o se puede inducir a que la tengan añadiendo determinadas sustancias químicas. Permite la separación de los minerales sulfurados de cobre y otros elementos como el molibdeno, del resto de los minerales que componen la mayor parte de la roca original.

**3. Obtención de cobre desde minerales oxidados y sulfuros secundarios:** antes de los años 70 este proceso consistía en la etapa de lixiviación y posteriormente la etapa de refinación electrolítica. Actualmente entre estas etapas se inserta el proceso de extracción por solventes, que permite un aumento en la concentración del metal previa a la electro-obtención y la limpieza química de impurezas (Moussa, 1999).

Lixiviación se denomina al proceso de concentración química que consiste en la solución de diversas sales presentes en los minerales. Su objetivo es obtener en solución una determinada especie química relativamente concentrada que se separa del resto de los áridos del mineral.

Se ha impuesto el sistema de lixiviación en pilas o T.L (del inglés thin layer, que se traduce como capa fina). Donde se acumula el mineral de tamaño adecuado y organizado en pilas de 3 a 6 m de altura y gran extensión. Sobre las pilas se instala un sistema de riego por goteo y aspersores que van cubriendo toda el área expuesta. Bajo las pilas de material a lixiviar se instala previamente una membrana impermeable sobre la cual se dispone un sistema de drenes (tuberías ranuradas) que permiten recoger las soluciones que se infiltran a través del material.

Normalmente la operación comprende dos etapas:

- Una rápida (15 a 45 días) donde se disuelve el 80-90% del mineral oxidado y el 40-50% de los sulfuros secundarios.
- Una lenta (6 meses), en la cual se completa el 100% de recuperación del oxidado y el 80-90% del sulfurado.

Al finalizar los ciclos de lixiviación, el material se retira con gigantesca palas y se acumula en sumideros no contaminantes, o se forma una nueva pila sobre la ya agotada. De la lixiviación se obtienen soluciones de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) con concentraciones de hasta 9 gramos por litro denominada solución rica primaria que es dirigida a diversos estanques donde se limpian eliminándose las partículas sólidas que pudieran haber sido arrastradas (Corporación del Cobre Chileno, 2007).

Esta solución debe ser purificada antes del proceso de electro-obtención. Hoy día se utiliza universalmente la extracción por solventes. Consiste en utilizar un extractante orgánico altamente selectivo que elimina casi todo el cobre disuelto de la solución cargada primaria, dejando atrás una solución ácida conocida como refinado primario. El resultado es un electrolito de calidad comercial el cual es enviado a la etapa de electro-obtención (Cominco Engineering Services, 2004).

El cobre en el proceso de electro-obtención se obtiene en forma de láminas metálicas, también llamados cátodos con pureza superior al 99.98%, mediante la electrólisis de la solución proveniente del proceso de purificación con solventes. El sistema consiste básicamente en recuperar el cobre contenido en el electrolito mediante el paso de corrientes eléctricas continuas. Según la Corporación del Cobre Chileno (2007), la solución electrolítica que contiene el cobre en forma de sulfato de cobre ( $\text{Cu SO}_4$ ) es llevada a las celdas de electro-obtención que son estanques rectangulares, que tienen dispuestas en su interior y sumergidas en la solución de cobre, unas placas metálicas de aproximadamente  $1\text{m}^2$  cada una.

Estas placas corresponden alternadamente a un ánodo y un cátodo. Los ánodos son placas de plomo que hacen las veces de polo positivo, ya que por éstos se introduce la corriente eléctrica, en tanto que los cátodos son placas de acero inoxidable, que corresponde al polo negativo, por donde sale la corriente. Todas las placas están conectadas de manera de forman un circuito por el que se hace circular una corriente eléctrica continua de muy baja intensidad, la que entra por los ánodos y sale por los cátodos. El cobre en solución

(catión, de carga positiva:  $\text{Cu}^{+2}$ ) es atraído por el polo negativo representado por los cátodos, por lo que migra hacia éstos pegándose partícula por partícula en su superficie en forma metálica (carga cero). El resultado son láminas metálicas de cobre.

**4. Obtención de cobre desde minerales sulfurados primarios. Proceso pirometalúrgico:** mediante este proceso el mineral es sometido en hornos a grandes temperaturas, mediante los cuales el cobre del concentrado es transformado en cobre metálico y se separa de los otros minerales como hierro (Fe), azufre (S), sílice (Si) y otros. El proceso comprende las etapas de fusión, conversión y pirorefinación.

En la fusión el concentrado de cobre es sometido a altas temperaturas ( $1.200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) para lograr el cambio de estado de sólido a líquido. Al pasar al estado líquido, los elementos que componen los minerales presentes en el concentrado se separan según su peso, quedando los más livianos en la parte superior del fundido, mientras que el cobre, que es más pesado se concentra en la parte baja. De esta forma es posible separar ambas partes vaciándolas por vías distintas (Corporación del Cobre Chileno, 2007).

Mediante el proceso de conversión se tratan los productos obtenidos en la fusión, para obtener cobre de alta pureza. Para esto se utilizan hornos convertidores convencionales llamados Peirce-Smith. Este es un proceso cerrado, es decir, una misma carga es tratada y llevada hasta el final, sin recarga de material. Finalmente se obtiene cobre blister, con una pureza de 96% de cobre. Es la etapa más contaminante del proceso metalúrgico aunque gracias al avance tecnológico se han sustituido los hornos reverbero por hornos de fusión continua (en inglés flash smelting), que tienen la ventaja de reducir los niveles de emisiones contaminantes al permitir captar los gases de azufre y de disminuir el consumo de combustible al aprovechar el calor producido por la oxidación del azufre y el hierro contenido en los concentrados (Moussa, 1999).

El último paso del proceso pirometalúrgico se conoce como refinación. Mediante este proceso se obtiene cobre de gran pureza. Existen dos métodos de refinación; mediante la refinación a fuego se obtienen cátodos de un 99,6% de pureza, mientras que mediante la refinación electrolítica la pureza llega a ser del orden de 99,95%.

#### **4.3.5 Abandono**

La fase de abandono o etapa post operacional es una fase más del ciclo de los proyectos mineros, que forma parte inseparable de la totalidad de la actividad, en la que podrán generarse impactos negativos de los cuales el operador o concesionario minero debe hacerse cargo, lo que darán lugar a costes que deben ser considerados en el proceso productivo. En base a la legislación, el proyecto de restauración que se desarrolla al mismo tiempo que la explotación minera, facilita el cierre adecuado de este tipo de proyectos. Para el abandono definitivo de un proyecto minero las principales acciones se deben dirigir hacia la estabilización de los depósitos de relaves, la permanencia y operatividad de los elementos que controlan las acciones sobre el

agua subterránea y superficial, el control de los hundimientos mineros, el control de la erosión y la sedimentación y la restauración de la corta minera.

## 4.4 Impactos ambientales de la minería

En general las actividades mineras tienen unos impactos en el lugar donde se instalan, sobre el territorio, medio ambiente (aire, agua, suelo, fauna, flora, etc.) e impactos sobre la población: afectando a la economía (empleo, diversificación económica, etc.) e incluso la forma de vida de los residentes.

Los impactos de la minería se delimitan entonces a nivel local; pero a escala más amplia también se pueden percibir sus efectos, por ejemplo, sobre la economía a nivel nacional, o si ocurren problemas sobre el control de residuos mineros, la contaminación provocada puede afectar a zonas alejadas del centro de la explotación.

También los impactos se pueden denotar a escala temporal pequeña (por ejemplo, deforestación del terreno para comenzar la construcción de las instalaciones mineras), o a escala temporal amplia (sirva de ejemplo las filtraciones a las aguas no detectadas hasta muchos años después).

Los impactos causados por la minería han evolucionado conforme a las técnicas de extracción, beneficio y tratamiento metalúrgico del mineral. La minería subterránea posee impactos sobre el paisaje mucho menos acusado que la minería a cielo abierto, por ejemplo.

Para la detección, análisis, previsión y corrección de impactos en minería y en muchas más actividades industriales, la herramienta institucionalizada es la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)<sup>18</sup>. En base al Estudio de Impacto Ambiental (EslA), el procedimiento comprende la aplicación de una serie de metodologías, que pueden ser cuantitativas o cualitativas, para identificar y valorar los impactos en cuanto a su magnitud, reversibilidad y otras muchas variables, para después corregir los impactos que crea el proyecto minero mediante medidas de control de la contaminación, etc. El plan de restauración obligatorio por ley durante el proceso de EIA es un método para disminuir el impacto del proyecto a medida que avanza.

Sin embargo, la existencia de una normativa para la prevención y corrección de los impactos ambientales de una actividad industrial no necesariamente supone que esa ley se cumpla, aunque en muchos casos el estudio de dichos impactos ha derivado en que estos se asocien a su coste económico.

En los siguientes apartados se hace, en primer lugar, un breve repaso a los impactos ambientales relacionados con la minería a cielo abierto y, en segundo lugar, se creará una reflexión sobre la importancia de relacionar los impactos con sus costes económicos. Todo ello centrándonos, especialmente, en los efectos de las acciones de minería a cielo abierto sobre los recursos hídricos.

---

<sup>18</sup> Mas información sobre el procedimiento de EIA se encuentra en el capítulo dedicado a la metodología.

#### 4.4.1 Factores ambientales susceptibles de recibir impactos en el desarrollo de una actividad minera a cielo abierto

No se puede establecer un modelo a seguir para determinar los impactos ambientales de una actividad minera, ya que los tipos de explotación y las opciones técnicas a elegir dependerán tanto del lugar donde se sitúe la mina, (factores físicos, geológicos, climáticos), como de las condiciones del mercado en ese momento (Pérez, 2001). Para distinguir los impactos que de forma general produce la minería, basta tomar una tabla "tipo" que se utilizan en los EslA. Las tablas que se muestran a continuación refieren las acciones que produce un proyecto minero en sus diferentes fases (construcción, explotación, abandono), y la relación de las posibles afecciones que sobre el medio biótico, abiótico, paisajístico y humano provoca una actividad minera en general.

Tabla 9. Acciones de un proyecto minero a cielo abierto susceptibles de causar impacto sobre el medio

<i>Fases</i>	<i>Construcción</i>		<i>Explotación</i>		<i>Abandono</i>
Acciones	Explanaciones	Cerramiento exterior	Voladuras y perforaciones	Mano de obra	Movimientos de tierra
	Movimientos de tierra	Instalaciones	Movimiento de maquinaria		Pequeñas voladuras
	Desborce y tala	Plataforma de trabajo	Carga y descarga		Movimiento de maquinaria
	Excavaciones y acopio de tierra vegetal	Balsas	Producción y depósito de residuos		Desmantelamiento de instalaciones e infraestructuras
	Desmontes	Movimiento de maquinaria	Arranque del material		Mano de obra
	Voladuras	Tendido eléctrico	Movimiento de tierra		
	Vertederos	Planta de tratamiento del mineral	Tratamiento de minerales		
	Red de drenaje	Mano de obra	Almacenamiento del producto y materiales auxiliares		

Fuente: Granados, M. (2000).

Tabla 10. Relación de factores susceptibles de recibir impactos por una actividad minera

Ambiente abiótico	Atmósfera	Microclima
		Polvo
		Gases
		Olores
		Ruido
	Gea	Relieve
		Estabilidad del terreno
		Sismicidad y vibraciones
	Suelo	Disponibilidad del recurso
		Calidad
		Erosión
		Capacidad de uso
	Aguas superficiales	Hidrología
		Calidad de aguas
		Inundabilidad
	Aguas subterráneas	Hidrología – acuífero aluvial
Hidrología – acuífero profundo		
Calidad		
Disponibilidad del recurso		
Ambiente biótico	Ecosistemas terrestres	Cultivos y pastizales - vegetación
		Cultivos y pastizales - fauna
		Riberas
		Superficies restauradas
	Ecosistemas acuáticos	Arroyos
		Fauna acuática
	Especies protegidas	Aves
		Otras especies

Tabla 10. Continuación

Ambiente paisajístico	Paisaje	Calidad del paisaje
		Visibilidad
Ambiente humano	Usos de suelo	Estructura de usos
		Usos agrarios
		Usos de ocio y turismo
	Ordenación del territorio	Planificación territorial
	Patrimonio cultural	Arqueología
	Infraestructuras	Carreteras y tráfico
		Vialio rural
		Vías pecuarias
		Suministro y distribución de agua
		Suministro y distribución de energía
		Edificación rural
	Servicios	Evacuación de residuos
		Sanidad
		Educación
		Servicios sociales
	Población y medio urbano	Población
		Vivienda y equipamiento
	Economía y medio social	Producción
		Renta
		Empleo. Paro
Diversificación económica		
Balanza comercial		
Minería y metalurgia		
Sector público		
Tejido empresarial		
Formación		

Fuente: FRASA Ingenieros y consultores (2000).

Los impactos ambientales más destacados que provoca una actividad minera a cielo abierto sobre el suelo son la contaminación del mismo por el almacenamiento de residuos y el incremento de los niveles erosivos en el terreno modificado. El desplazamiento de especies animales por la actividad y los daños o pérdidas de calidad en los hábitats faunísticos es un impacto destacable en el medio biótico. Respecto al medio paisajístico, la alteración que supone la construcción de la corta minera, las instalaciones auxiliares y los depósitos de residuos supone una alteración importante de este medio (ver ilustración 3). Para el medio ambiente humano, los impactos positivos a nivel económico se denotan a escala local, provincial y nacional. Los impactos sobre las infraestructuras, usos de suelo, ordenación del territorio y medio social se denotan principalmente a escala local.

**Ilustración 3. Minas de Rio Tinto. Un ejemplo de alteración extrema del paisaje.**



Fuente: Elaboración propia

Centrándonos en los recursos hídricos, los impactos de una mina pueden afectar a la cantidad y calidad tanto del agua superficial como del agua subterránea. Respecto la cantidad, debido al uso de agua necesario para el procesamiento de minerales y otras acciones del proyecto, se pueden crear conflictos por la competencia con otros sectores que usan el agua (agricultura, ganadería, etc.). Los daños ecológicos sobre la flora y la fauna que provocan la reducción del nivel de agua también deben ser tenidos en cuenta.

En general, una alteración en la calidad de las aguas lleva implícito un cambio de uso. Tanto el procesamiento de minerales como la infraestructura de la mina generan residuos que si no son tratados con el debido cuidado pueden ser causa de contaminación directa o, al entrar en contacto con el agua de lluvia, pueden producir filtraciones.

Uno de los impactos más importantes que producen las actividades mineras sobre el agua subterránea se origina por la modificación de los niveles piezométricos en la corta minera para la estabilización de taludes.

Respecto a la contaminación del agua subterránea, “en muchos casos supone un impacto terminal. Ello quiere decir que no es factible la descontaminación del acuífero, bien por las características intrínsecas de la zona, o bien por las particularidades de la contaminación, lo cual implica un abandono a corto, medio o largo plazo de los usos que tienen esas aguas subterráneas” (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1999, p.97).

La afección a las aguas superficiales comienza con la modificación en la red de drenaje natural que conlleva el proyecto para el control del agua. El aumento de sedimentos debido al material particulado y el polvo pueden aumentar la turbidez de las aguas, afectando al medio biótico. La elevación de la temperatura del agua es también un factor de alteración importante.

La contaminación química del agua se produce por la disolución de determinados componentes de rocas que están expuestas a la meteorización por el oxígeno y el agua. Cuando las explotaciones son de carbón, sulfuros metálicos o uranio, se produce un tipo de contaminación conocido como drenaje ácido de minas, que es a nivel mundial una de las primeras causas de degradación de los recursos hídricos (Sarmiento, A. M., et al., 2007). La reacciones que en el texto citado se exponen, muestran como los sulfuros (entre los cuales, el más abundante es la pirita:  $\text{FeS}_2$ ), al entrar en contacto con la atmósfera y el agua se transforman químicamente, dando como resultado grandes cantidades de sulfatos, hierro y otros metales como el arsénico, cadmio, plomo o cobre; que producen un lixiviado muy tóxico que reacciona con las rocas del entorno disolviendo otros elementos como aluminio, calcio, magnesio y sodio, entre otros.

Los vertidos de aguas ácidas degradan los ecosistemas e imposibilitan el uso al convertir en corrosiva el agua por el aumento en la concentración de metales, muchos de ellos, metales pesados<sup>19</sup>. Estos elementos químicos forman parte de los compuestos metálicos de interés económico para el ser humano. Son sustancias que si se encuentran en grandes concentraciones, se convierten en tóxicas por su efecto adverso. La Agencia de Protección Ambiental de EEUU (EPA en sus siglas inglesas), ha establecido los límites en los que la concentración de estos elementos afecta negativamente a la vida en ecosistemas de agua dulce y salada, así como al consumo para los seres humanos. Existe una infinidad de casos relacionados con este tipo de contaminación y las actividades mineras. En Oyarzun y Higuera (2007), se especifican casos relacionados con la contaminación por plomo, mercurio, cadmio y arsénico.

---

<sup>19</sup> Se denomina metales pesados a los elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu: cobre) y 200.59 (Hg: mercurio) (Oyarzun y Higuera, 2007).

#### Ilustración 4. Drenaje ácido de mina en Rio Tinto



El drenaje ácido de minas al entrar en contacto con un curso de agua limpia, provoca la neutralización parcial de los ácidos y el hierro comienza a depositarse en forma de hidróxido férrico, dejando un característico revestimiento amarillo y rojizo en el lecho del río (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1999).

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.2 Relación de los impactos ambientales con sus costes económicos

La palabra impacto no se debe tomar en sentido peyorativo aunque es cierto que la mayor parte de los impactos al medio ambiente de la mayoría de las actividades industriales son dañinos. La minería afecta de forma positiva a la economía de la población donde se sitúa, puesto que siempre suelen contratar población autóctona para trabajar en la mina. También afecta de forma positiva al Producto Interior Bruto; aunque algunos autores (Moran, 2003b, Banco Mundial, 2000, Torres, 2003, Sampat, 2003, entre otros) afirman que el impacto positivo en esta medida del crecimiento económico no está relacionado con indicadores de desarrollo como sanidad, mortalidad infantil, etc.

Asumiendo pues, todos los impactos que posee esta actividad, en la actualidad, la condición inevitable de que tiene que existir actividad minera mientras el consumo de metales de la sociedad continúe al ritmo de crecimiento actual<sup>20</sup> ha sido la razón por la cual, junto con una evolución en la legislación que regula esta actividad, las empresas mineras han ido internalizando sus costes de prevención, de tratamiento o post-operacionales. Ésto es imprescindible para que las empresas se hagan responsables de los costes reales que conlleva esta actividad para que no queden pendientes y sean asumidos por la población del lugar, los contribuyentes, y la sociedad en general. En Moran, (2003b) se especifican algunos costes provocados por las operaciones mineras, sobre todo de EEUU y Canadá. Mucha de la información de la que especifica en el documento proviene de una cuenca minera de EEUU llamada Clark Folk, explotada durante años por la

---

<sup>20</sup> En 1999 se obtenían de las explotaciones mineras del planeta en torno a 9600 millones de toneladas de minerales, casi el doble que en 1970 (Sampat, 2003).

empresa ARCO Mining Company, donde el estado de Montana y la EPA han entrado en juicios con esta empresa propietaria de los terrenos para demandarles por la contaminación del área. Las cifras son de \$210 millones de dólares de 2001 pagados por la compañía al estado de Montana por daños a recursos naturales, así como \$15 millones de dólares de 2001 en compensación por estudios estatales y limpieza anterior; y \$18 millones de dólares de 2001 a tribus indígenas por daños.

El caso del desastre ecológico ocurrido por la rotura de la balsa de lodos de la mina "Los Frailes" situada Aznalcollar (Sevilla), propiedad de la empresa sueca Boliden Apirsa S.A., es un ejemplo de la dificultad que supone a los estados donde se sitúan las actividades mineras que estas empresas asuman los costes derivados de sus operaciones: la rotura de la balsa de lodos de la mina Los Frailes en abril de 1998 provocó el vertido al río Guadiamar de cinco millones de metros cúbicos de aguas contaminadas. La mayoría de los proyectos para descontaminar y recuperar la zona se desarrollaron a lo largo de un tramo fluvial de 4.634 hectáreas de extensión y 62 kilómetros de longitud entre la mina y los límites del Parque Nacional de Doñana. En Diciembre del año 2000 se desestimaron las causas abiertas desde la administración hacia la empresa considerando que no había delito alguno. En 2002 Bolinden anunció una querrela contra las constructoras que trabajaron en la balsa, siendo desestimada dicha querrela en 2003. En Julio de 2004 el Tribunal Superior de Justicia de Andalucía condenó a la empresa a pagar una fianza por un importe global de 107,83 millones de euros para hacer frente a la reclamación por vía administrativa iniciada por la Junta de Andalucía en relación con los costes y gastos asumidos --que cifra en 89,86 millones de euros-- para hacer frente a los trabajos de restauración de la cuenca del Guadiamar derivados del vertido producido en 1998 en las minas de Aznalcóllar, a su vez la empresa interpuso un recurso para evitar la sanción.

El Gobierno y la Junta de Andalucía han pagado los 240 millones que costó la reparación del vertido de Aznalcóllar. Boliden ha declarado en quiebra a su filial en España y no ha pagado las multas impuestas por la Administración. El Tribunal Supremo ha confirmado que debe pagar 43,7 millones de euros al Gobierno, que no ha abonado. La Junta intenta, por el momento sin éxito, embargar sus bienes en el extranjero.

Actualmente, los legisladores intentan tomar medidas para asegurar que los costes ambientales a medio y largo plazo sean internalizados como costes de operación de las empresas. Los seguros de responsabilidad financiera constituyen un instrumento para afianzar la confianza del estado en que la empresa cubrirá todos los costes que provoque la actividad, siempre y cuando las predicciones económicas sean hechas por consultores independientes y no pagados por las empresas mineras que dan como resultado predicciones demasiado optimistas.

En conclusión, los impactos de esta actividad son tan antiguos como la actividad misma, puesto que son consecuencia de ésta, aunque existen impactos que no son percibidos sino a escala temporal demasiado amplia para relacionar la causa con el efecto. La afección al agua, aire, suelos, etc. y el grado de irreversibilidad en la caracterización de los impactos de los proyectos mineros deben ser adecuados al riesgo y nivel de incertidumbre que caracteriza los sistemas ambientales, de forma que se desarrollen las minas con el mínimo perjuicio posible.

La gran cantidad de casos de contaminación causados por actividades mineras indica la necesidad de tomar medidas para asegurar que las empresas internalicen de forma real los costes de sus operaciones.

## Capítulo 5. Estudio de caso

Para comenzar este capítulo en primer lugar se hace una descripción de la zona de estudio desde las perspectivas social, ambiental, económica y territorial. En segundo lugar, una vez contextualizada la zona de estudio, se citan los requisitos legales para desarrollar una actividad minera. En tercer lugar, se presentan los principales actores relacionados con el estudio de caso y seguidamente la cronología de los acontecimientos más destacados en el desarrollo del proyecto Las Cruces. En cuarto lugar, se describe el proyecto minero y en quinto lugar los impactos que supondrá el mismo, tanto desde la perspectiva que aporta el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto como desde una perspectiva ampliada en base al trabajo de campo de esta investigación.

### 5.1 Contextualización de la zona de estudio

La contextualización de la zona de estudio consta de la situación geográfica del proyecto minero, la climatología y geomorfología del lugar. Seguidamente se hace un breve resumen de los usos de suelo existentes en el área, así como de la situación de las masas de agua en la zona del proyecto y alrededores. Para terminar se citan las principales infraestructuras de la zona y los indicadores socioeconómicos principales de los tres municipios en los que se sitúa el área del proyecto.

#### 5.1.1 Localización

La zona del proyecto se sitúa en el cuadrante noroccidental de la provincia de Sevilla, que corresponde a la franja de la campiña sevillana, con una altitud de entre 20 y 50 m.s.n.m. Al norte del proyecto comienza las estribaciones montañosas de la sierra norte de Sevilla y al sur se sitúa la llanura aluvial del valle del Guadalquivir. La zona del proyecto se sitúa en los términos municipales de Gerena, Salteras y Guillena. Se encuentra a 15 Km. de Sevilla. La red de carreteras esta formada por la autovía A-66 y la carretera N-630, con la que enlaza la comarcal SE-520 a Gerena y la SE-181 hacia Guillena. Esta prevista la construcción de la circunvalación S-40, que quedará al sureste del proyecto.

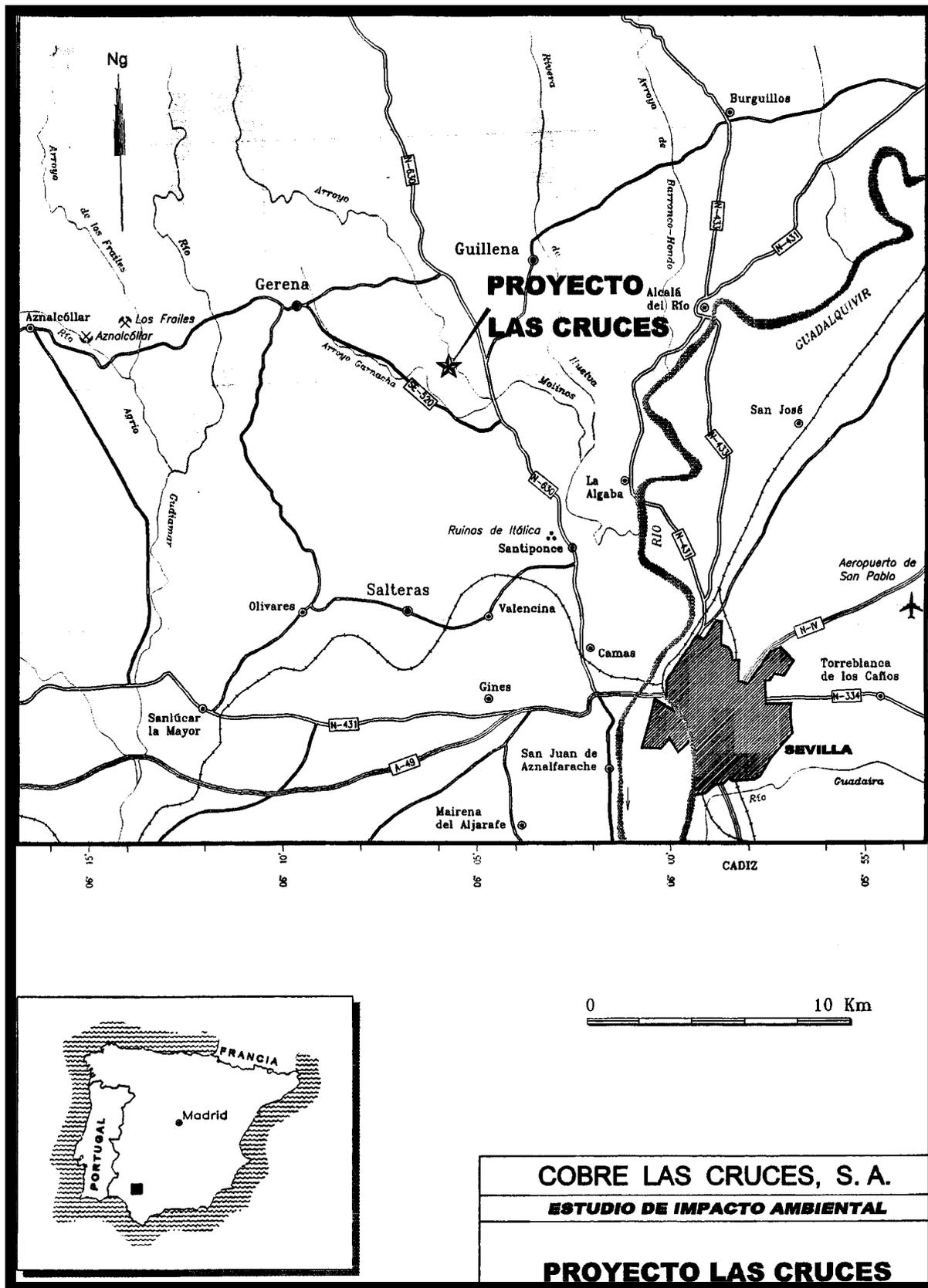
#### Ilustración 5. Campiña de Gerena con el proyecto minero al fondo



La zona se corresponde con un paisaje de alta fragilidad visual debido a la amplitud de la cuenca que conforma la campiña sevillana.

Fuente: Elaboración propia

Mapa 1. Situación del proyecto minero Las Cruces.



Fuente: FRASA Ingenieros y consultores (2000).

### 5.1.2 Climatología

El clima de la zona corresponde al clima mediterráneo semiárido, que se caracteriza por presentar temperatura media elevada (18°C) y veranos secos y muy cálidos. Concretamente en la zona en cuestión, la temperatura media en verano supera los 26°C, llegando hasta los 41°C en Julio y Agosto. En invierno, la media ronda los 7°C y puede descender hasta los - 5°C. Las precipitaciones fluctúan entre 500 y 700 mm, siendo habituales los periodos de sequía. Los valores de humedad relativa en la zona es alrededor de 62%, normalmente son bajos en la cuenca del Guadalquivir.

El viento predominante proviene del suroeste desde el océano y es de tipo suave. En verano, debido al aumento de temperatura se producen vientos convectivos del este, seco y caliente.

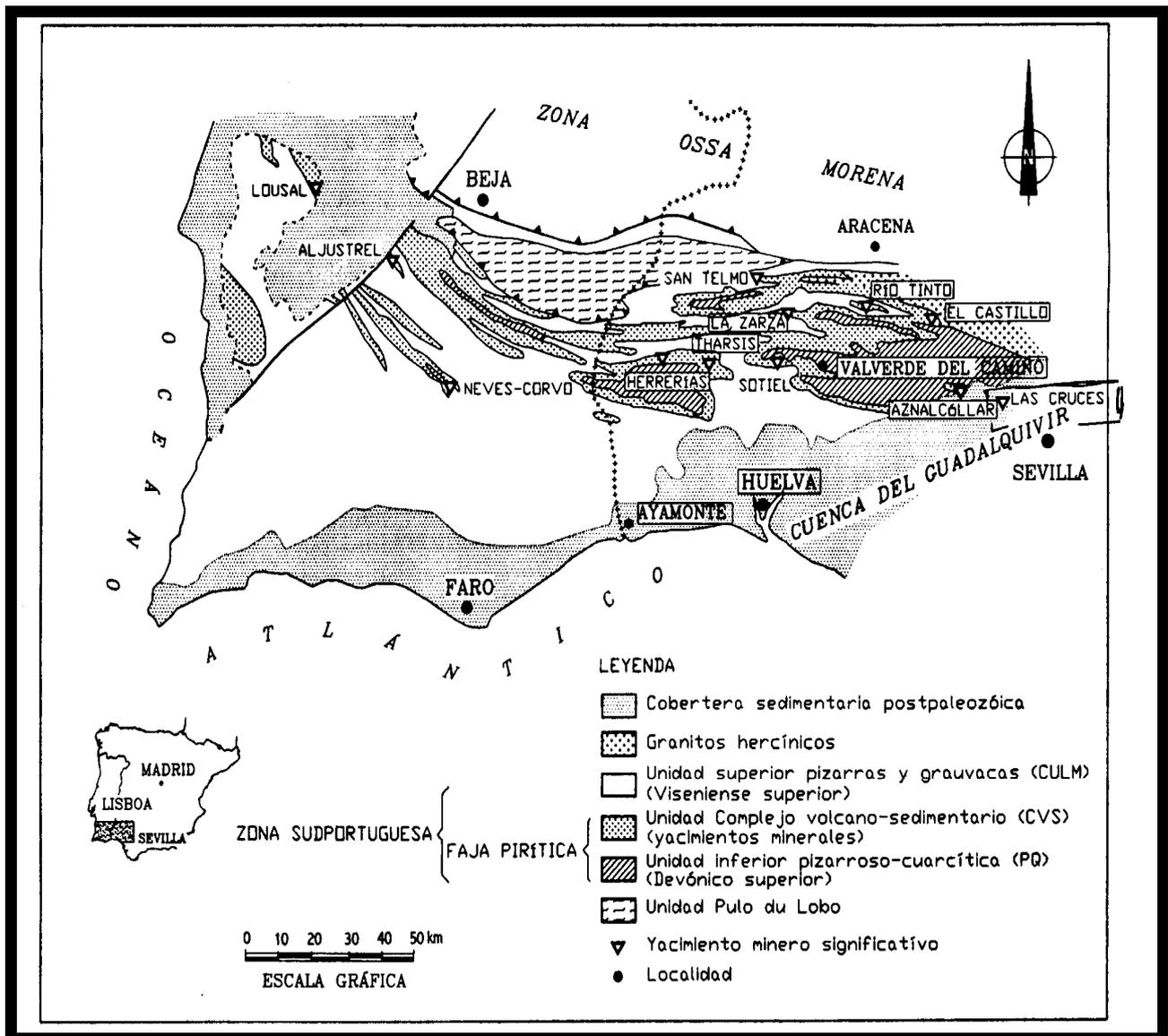
### 5.1.3 Geomorfología

Respecto a la geomorfología de la zona, el área del proyecto se sitúa entre las unidades geoestructurales de la Depresión del Guadalquivir (sedimentos marinos del Terciario Superior) y el borde suroeste del Macizo Ibérico (Paleozoico Superior de la Franja Pirítica Ibérica) (FRASA y aia consult, 2006). Esta zona se considera una de las provincias metalogenéticas más importantes del mundo. Ocupa una franja de 250 Km. desde el suroeste de la provincia de Sevilla hasta la costa atlántica portuguesa. Se caracteriza por la existencia de numerosos yacimientos ligados al volcanismo del Carbonífero inferior, que han dado como resultado yacimientos de sulfuros polimetálicos y pirita como el de Río Tinto o el de Los Frailes (Aznalcollar) (Borja, F., et al., 2001).

La unidad Intermedia o Complejo Vulcano Sedimentario es donde se localiza las mineralizaciones de sulfuros masivos correspondientes al yacimiento de Las Cruces. Tiene un extensión aproximada de 1000 m y se encuentra a una profundidad de 150 metros, encajado en rocas vulcano sedimentarias bajo 20 metros de areniscas y conglomerados del acuífero Niebla-Posadas (FRASA, 2000). Las reservas minerales mayoritarias consisten en una mineralización primaria formada por sulfuros primarios polimetálicos y emplazada parcialmente sobre estos, la mineralización secundaria de cobre (zona de enriquecimiento en sulfuros masivos de cobre: calcosina, covelina, entre otros). Estas reservas de cobre constituyen el fundamento del proyecto minero. Además sobre las reservas cupríferas, se sitúa una zona de gossan aurífero que contiene oro y plata.

Las reservas minerales extraíbles se estiman en 16 millones de toneladas con una ley de 6,2% en cobre, esto quiere decir que la concentración de cobre en el mineral a extraer es de un 6,2% de cobre. Esta característica hace que el yacimiento se considere muy rentable, ya que un yacimiento de cobre se considera económicamente viable (considerando favorables todos los factores relacionados con la explotación del mineral) con una ley de 0,5% en cobre, y muy rentable, a partir de una ley de 2,5% en cobre. El gossan aurífero no está evaluado.

Mapa 2. Franja Pirítica Ibérica. Esquema geológico



Fuente: Borja, F., et al. (2001).

### 5.1.4 Usos de suelo

Anteriormente, el área ocupada por el proyecto y actualmente los terrenos circundantes a éste se destinan a cultivos agrícolas de secano: trigo, girasol y olivar, mayoritariamente; una pequeña parte se dedica al cultivo de leguminosas y un porcentaje que está entre el 10 y el 12% del total de la superficie se mantiene en retirada rotacional (barbecho). Este uso agrícola data de varios siglos, por lo que el territorio se considera humanizado en lo que respecta a la flora y fauna potencial autóctona. Existen algunas pequeñas zonas de pastizal que son aprovechadas por rebaños de cabras.

Las características geoquímicas y edafológicas del suelo lo han dotado de una productividad media a alta. La principal degradación de los suelos se debe a la erosión que provoca el uso agrícola intensivo y los periodos de fuertes lluvias o vientos; en los que se transportan las partículas erosionadas hasta los cauces hídricos.

Otros usos de suelo en el entorno próximo al proyecto son algunas pequeñas instalaciones industriales situadas en terrenos municipales de Salteras y Guillena y zonas con servicios y turismo entre los que destaca la finca El Esparragal.

### **5.1.5 Aguas superficiales y subterráneas**

Respecto a las aguas superficiales, el área del proyecto esta drenada por los arroyos Molino, Garnacha y otros pequeños arroyos (La Casa, Las Cuarenta, Camino de las Veintiuna y La Gavia) que han sido desviados y naturalizados al afectar al proyecto minero. Se desarrollan en suelos arcillosos y sus cauces están cubiertos de arenas y gravas, son de régimen variable y en general efímero por lo que responden rápidamente al aumento de precipitaciones. Los ríos mas importantes cercanos al proyecto son el Ribera de Huelva y el Guadalquivir.

El arroyo Molinos nace en Sierra Morena, pasa por el embalse del esparragal (que supone su principal aporte) y atraviesa el proyecto por el extremo oriental, desembocando en el Ribera de Huelva.

El arroyo Garnacha nace al norte de Gerena, atraviesa el área del proyecto y desemboca en el arroyo Molinos. Su principal aporte lo suponen las aguas residuales urbanas sin depurar provenientes de Gerena y el excedente de riego de algunas fincas cercanas. Según el estudio: Cobre Las Cruces. Proyecto minero-hidrometalúrgico. Valoración ambiental del estado pre-operacional, el arroyo Garnacha presenta concentraciones elevadas de carbono orgánico, aceites y grasas, fosfatos, nitrógeno y amonio, por lo que su calidad no es muy buena. La calidad de las aguas del arroyo Molinos se considera mejor a excepción del contenido en nitratos procedente de los cultivos agrícolas (FRASA y aia consult, 2006).

El caudal de agua del Ribera del Huelva se ve influenciado de forma importante por el aporte del arroyo Molinos; presentando a su vez indicios de contaminación orgánica. Los tres cursos de aguas presentan características alcalinas, con una conductividad media y contenido en cloruros y sulfatos.

El Ribera de Huelva es tributario del Guadalquivir un poco más arriba de su paso por Sevilla. El Guadalquivir, que nace en La Sierra de Cazorla y desemboca en el Océano Atlántico por Sanlúcar de Barrameda posee un valor histórico y económico debido a la prosperidad que han obtenido de su uso las civilizaciones que han poblado Andalucía. La cuenca del Guadalquivir tiene una extensión de 83.065 Km<sup>2</sup>, con una capacidad de embalse de 6.921 Km<sup>2</sup>, dispone de 64 pantanos y presas de derivación y un número indeterminado de pozos que riegan 134.500 Ha, que supone el 78% del regadío andaluz (Domínguez, 2007). La mala calidad del agua del Guadalquivir se debe a la variedad de vertidos contaminantes que acaban en sus aguas: vertidos procedentes de la industria del aderezo de la aceituna (alpechín), aguas residuales urbanas, efluentes de

polígonos industriales y la contaminación difusa por los agroquímicos empleados en la agricultura (Germinal, 2003).

Poco antes de su paso por Sevilla, desde la presa de Alcalá del Río, el Guadalquivir se considera con influencia mareal, por lo que se encuadra dentro del dominio público marítimo terrestre. Esta consideración sin embargo no implica un alto grado de salinidad en sus aguas, ya que aguas abajo del Guadalquivir a la altura de la Puebla del Río y hasta Lebrija, se nutren 30.000 Ha de arrozal. Siguiendo el curso del río, el Guadalquivir adquiere un valor ecológico significativo debido a que parte de las marismas del Parque nacional de Doñana, una de las más importantes reservas naturales de Europa se nutren del río Guadalquivir entre otros. Después de las marismas, en la desembocadura del Guadalquivir y el Golfo de Cádiz existe una actividad pesquera muy importante.

El río supone la fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Sevilla y once municipios de su área de influencia. La empresa que se encarga de gestionar esta agua es La Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla S.A. (EMASESA). El sistema de abastecimiento de aguas está basado en cuatro embalses: Aracena, Zufre, Minilla y Gergal. Los recursos procedentes de los embalses son llevados a través de dos conducciones hasta la Estación de Tratamiento de Aguas Potables de El Carambolo. Una vez depurada, el agua se distribuye por los más de 2.800 kilómetros de red que abastecen a Sevilla y su área de influencia. Posteriormente, 1.800 kilómetros de red de saneamiento conducen las aguas a las cuatro estaciones depuradoras de aguas residuales distribuidas por los cuatro puntos cardinales de la ciudad. La EDAR Este Ranilla, que empezó a funcionar en 1980, tiene una capacidad para depurar 50.000 metros cúbicos de agua al día, la EDAR Norte San Jerónimo, que funciona desde 1984, tiene una capacidad para 90.000 metros cúbicos, la EDAR Sur Copero, que funciona desde 1988, tiene una capacidad de 255.000 metros cúbicos y la EDAR Oeste Tablada, que funciona desde el verano de 1990, puede depurar 50.000 metros cúbicos en una jornada (EMASESA, 2005).

Además de estos recursos, el sistema permite en caso de escasez captar agua procedente del río Guadalquivir mediante las tres tomas de emergencia que existen, si bien su uso se encuentra restringido únicamente a casos de sequía. Las tomas de emergencia I y II se construyeron en la década de los 80 sobre el Guadalquivir y el Ribera de Huelva, respectivamente, con un caudal máximo de 4 m<sup>3</sup>/segundo. La toma de emergencia III se construyó a la altura de Alcalá del Río con una capacidad de 6 m<sup>3</sup>/segundo debido a la sequía del periodo de 1992-1995 (Plan General de Ordenación Urbana de Alcalá de Guadaíra, 2006).

Respecto a las aguas subterráneas, dentro del área del proyecto se localiza una parte del acuífero Niebla Posadas. El tratamiento del agua subterránea en la mina de Las Cruces va más allá de las actuaciones normales en relación al agua subterránea que supone un proyecto minero, ya que como se ha citado

anteriormente, el yacimiento mineral se dispone debajo del acuífero Niebla-Posadas<sup>21</sup>. Correspondiente a la unidad Hidrogeológica 05.49 de la cuenca del Guadalquivir, este acuífero aflora a lo largo de una franja de 2 Km. de anchura media y 150 Km. de longitud desde Niebla (Huelva) hasta Posadas (Córdoba); aunque los materiales que lo forman (conglomerados de base, arenas, gravas y areniscas calcáreas fosilíferas, depositadas sobre materiales del zócalo paleozoico) aparecen en una franja de 400 Km. en el límite entre la Meseta y la Depresión del Guadalquivir (Borja, F., et al., 2001). En cuanto al funcionamiento hidrológico del acuífero, la recarga se produce por infiltración de agua de lluvia y escorrentía superficial sobre los afloramientos permeables.

En el área del proyecto se sitúa a una profundidad de entre 120 y 140 metros, confinado bajo las margas azules impermeables del Terciario, y el nivel del agua se sitúa a profundidad de entre 10 y 20 metros, dependiendo de las oscilaciones estacionales. El flujo de las aguas es en sentido Norte – Sur.

Las salidas se producen por drenaje hacia los cauces de los ríos que atraviesan los afloramientos y por los bombeos para regadío y abastecimiento público. Los usos actuales del acuífero Niebla – Posadas en el área cercana al proyecto son: el abastecimiento urbano de Gerena (aunque existe un proyecto para abastecimiento por medio de la red de Aljarafe) y suplementario de Guillena, riegos agrícolas en verano, abastecimiento para la industria y por último, la compañía de aguas de la mancomunidad de los municipios del Aljarafe, Aljarafe, a la que pertenecen Gerena, Guillena y Salteras posee una estación de bombeo consistente en 5 sondeos que se utiliza para el abastecimiento de Sevilla como suministro de emergencia (FRASA y aia consult, 2006).

Según el Atlas hidrogeológico de Andalucía, la calidad del agua de este acuífero es buena y con límites que la hacen apta para consumo urbano y agrícola (Instituto Geominero de España, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía, 1998). Según el estudio FRASA y aia consult (2006), la calidad del acuífero en la zona del proyecto es muy variable, definiéndose en general como de calidad mediocre, relacionándose con la calidad de las aguas superficiales de los arroyos Molinos y Garnacha (FRASA y aia consult, 2006).

---

<sup>21</sup> La corta se desarrollará por debajo del nivel del acuífero Niebla-Posadas, por lo que el nivel piezométrico del acuífero en la zona de corta será deprimido por debajo de la cota mas baja del banco de trabajo de la mina. Esto se conseguirá mediante un sistema de drenaje-inyección que consiste en una serie de sondeos de drenaje que deprimirán el nivel freático del acuífero conectados a sondeos de inyección que retornaran el agua al acuífero para mantener la cantidad y calidad del agua.

### 5.1.6 Infraestructuras

El área del proyecto ocupa superficie de los términos municipales de Gerena, Guillena y Salteras, aunque determinadas infraestructuras del proyecto pasan por los municipios de La Algaba y La Rinconada. Las infraestructuras que necesita el proyecto y no se encuentran dentro del área del mismo han afectado a determinadas zonas modificando infraestructuras ya existentes o creando nuevas. Las más destacadas son, en primer lugar, la modificación del trazado de la carretera SE – 520 y construcción de un paso subterráneo y un acceso al mismo para que la maquinaria pesada de la mina pueda atravesar de un lado a otro del proyecto sin necesidad de usar esta carretera. En segundo lugar la construcción en 2004 de una línea eléctrica de 220Kv de interconexión entre la línea Guillena – Santiponce y la subestación de Las Cruces (Ministerio de Medio Ambiente, 2003). En tercer lugar la construcción de la tubería de abastecimiento y evacuación de agua al proyecto que irán, respectivamente, desde la EDAR de San Jerónimo hasta la planta hidrometalúrgica y desde la planta de tratamiento hasta el río Guadalquivir, a la altura del municipio de La Algaba. Las conducciones de agua existentes, que se componen de la red de distribución de Aljarafe para el abastecimiento urbano de Guillena y Salteras, las conducciones de agua desde los embalses de la Minilla y el Gergal, así como los sondeos destinados al aprovechamiento del agua subterránea del acuífero Niebla – Posadas citados en el apartado anterior no tienen porque verse afectados por las infraestructuras procedentes del proyecto minero. En cuarto lugar, la construcción del proyecto implica la desafectación de varios caminos rurales y vías pecuarias, el desvío de una línea eléctrica de media tensión (20 KV) y el desvío de diversos arroyos de la zona.

## 5.1.7 Socioeconomía

Los indicadores socioeconómicos principales se muestran en las tablas siguientes provenientes del estudio ‘Cobre Las Cruces. Proyecto minero-hidrometalúrgico. Valoración ambiental del estado pre-operacional’ (FRASA y aia consult, 2006). La población de los tres municipios ha aumentado de forma progresiva entre los años 1996 y 2003 y “a pesar de ser el municipio con menos cantidad de población, Salteras presenta el mayor índice de densidad de población, con 62,3 hab. /Km<sup>2</sup>, respecto a los 44 y 38 hab. /Km<sup>2</sup> de Gerena y Guillena, respectivamente” (p.63). En los tres municipios y en Sevilla la estructura por edades de la población es similar. El grado de formación de la población se considera de nivel medio.

**Tabla 11. Principales indicadores socioeconómicos. Periodo (2001-2003)**

	<i>Gerena</i>	<i>Guillena</i>	<i>Salteras</i>	<i>Sevilla</i>
Estructura por edades de la población (CPV*, 2001); (% población)				
Población <15 años	16,7	17,9	18,6	17,2
Población 15-29 años	23,6	27,0	24,7	24,7
Población 30-64 años	43,6	43,0	46,2	44,5
Población >65 años	16,1	12,0	10,5	13,7
Nivel de instrucción de la población (CPV*, 2001); (% población/ >16 años)				
Sin estudios	24,9	19,3	10,7	20,4
Estudios primarios	31,3	37,1	26,6	22,2
Estudios secundarios	38,3	38,5	51,4	45,1
Universitarios	5,6	5,1	11,3	12,3
Renta (AEE-LC*, 2002)				
Renta familiar disponible por habitante (€/año)	7.000-8.000	7.000-8.000	9.000-9.700	8.100-9.100
Incremento renta disponible (var. 1997-2002, %)	27-33	27-33	37-43	27-33

\*CPV (Censos de población y viviendas, 2001). \*AEE-LC (Anuario estadístico de La Caixa, 2002).

Fuente: FRASA y aia consult (2006)

Los tres municipios están influenciados por la dinámica económica de Sevilla, se observa que en el periodo 1997-2000 en los tres municipios ha habido un incremento de la renta disponible por habitante, siendo Salteras el municipio con un incremento mas acusado, tal como se muestra en la tabla 11.

Los porcentajes de población, inactiva, parada y ocupada son similares en los tres municipios y en Sevilla, destacando Salteras como el municipio con mayor porcentaje de población ocupada.

**Tabla 12. Población inactiva, parada y ocupada (2001)**

Porcentaje de población	<i>Población inactiva</i>	<i>Población parada</i>	<i>Población ocupada</i>
Gerena	48,8%	15,1%	36,1%
Guillena	47,9%	13,3%	39,3%
Salteras	43,8%	8,8%	47,4%
Sevilla	44,3%	13,5%	42,2%

Fuente: FRASA y aia consult (2006)

La distribución de la población según sectores de ocupación en el año 2001, tanto en la ciudad de Sevilla como en los tres municipios citados, corresponde a una mayor parte de la población dedicada al sector servicios. En Sevilla, Guillena y Salteras el sector de la construcción es el segundo sector en el que hay mayor cantidad de población dedicada a ello, seguida del sector industria y por último agricultura. En Gerena existe un mayor porcentaje de población dedicada a la industria, seguido de la agricultura y en último lugar se sitúa una menor cantidad de población en el sector de la construcción. El pronóstico es que en base a la actividad económica generada por la minería, la distribución por sectores de ocupación de la población en Gerena se modifique para asimilarse a la dinámica de Sevilla.

## 5.2 Política minero ambiental de España y Andalucía. Aspectos Institucionales

A nuestro entender, los aspectos institucionales son factores esenciales en la evolución y desarrollo de cualquier actividad. Por ello, a continuación se detallan los requisitos legales que requiere el desarrollo de la actividad minera en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

### 5.2.1 Legislación vigente en materia de minas. Organismos responsables del sector minero.

De conformidad con el artículo 149.1.25 de la Constitución y la Ley 2/2007 de Reforma del del Estatuto de Autonomía de la Comunidad Autónoma de Andalucía (artículo 49), el régimen minero es una competencia compartida entre el Estado y la Comunidad Autónoma, correspondiendo al Estado establecer las “bases del régimen minero” y a las Comunidad Autónoma el desarrollo legislativo y las competencias de ejecución. Sin embargo, existen otros títulos competenciales que también inciden sobre las actividades mineras, como es el caso de la competencia en materia de medio ambiente y de la competencia en sobre urbanismo y ordenación del territorio.

El Real Decreto 4164/1982 del Ministerio de Industria, Energía y Minas de España traspasaba las competencias en materia de minas a la Comunidad Autónoma de Andalucía, quedando la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico, de la Junta de Andalucía, la Administración encargada del otorgamiento de permisos de exploración, investigación y de las concesiones de explotación de los recursos minerales en Andalucía.

En materia de minas rigen las siguientes Normas<sup>22</sup>:

- Ley de Minas de 22 de julio de 1973. Tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la investigación y aprovechamiento de los yacimientos minerales y demás recursos ecológicos, cualesquiera que fueran su origen y estado físico.
- Real Decreto de 1978. Por el que se aprobó el Reglamento General para el Régimen de la Minería.
- Ley de Fomento de la Minería de 1977. Tiene por objeto promover y desarrollar, dentro y fuera del territorio nacional, la exploración, investigación, explotación y beneficios mineros, con el fin de procurar el abastecimiento de materias primas minerales a la industria española.
- Ley de 5 de Noviembre de 1980 de Modificación Parcial de La Ley de Minas de 1973 (Ley 54/ 80). Tiene por objeto modificar la sección C y añade la D al artículo 3 de la Ley de Minas de 22 de julio de 1973

---

<sup>22</sup> Para mas información, ver: [www.boe.es/g/es/bases\\_datos](http://www.boe.es/g/es/bases_datos)

- Real Decreto Legislativo de 28 de Junio de 1986 por el que se adapta el Título VIII de la Ley de Minas al Ordenamiento Comunitario. Tiene por objetivo modificar el Título VIII de la Ley de Minas de 22/1973, que versa sobre la titularidad de derechos mineros y las inversiones extranjeras en minería.

Según la Ley 54/80, antes de proceder a la explotación se requiere, en términos generales, hallar la mina, lo cual se hace mediante exploración extensiva. Cada una de las actividades citadas a continuación requiere un título administrativo distinto:

1 Permisos de exploración: Es una autorización administrativa cuyo objeto es la búsqueda de yacimientos mineros mediante el uso de técnicas que no alteren sustancialmente la configuración de los terrenos.

2 Permisos de investigación: Su objeto es la búsqueda de yacimientos que implica una alteración de los terrenos sometidos a la investigación. Exige la presentación de un proyecto de investigación con datos técnicos y económicos. La Administración puede rechazar el proyecto. Una vez admitida la solicitud se somete a información pública durante 15 días, pasados los cuales la Administración confronta los datos presentados sobre el terreno y realiza la demarcación del terreno. Los permisos de exploración e investigación y las concesiones mineras se otorgan sobre una extensión concreta, denominada cuadrícula minera. La autorización se concede por un máximo de tres años, prorrogables mediante justificación. El titular está obligado a indemnizar al dueño del terreno.

3 Concesiones de explotación: Las concesiones pueden ser de tipo directo, en el caso de yacimientos manifiestos o de recursos en su día ya explotados, o puede derivar de un permiso de investigación. En este último caso debe acompañarse de un proyecto de aprovechamiento. La concesión tiene un máximo de 30 años prorrogable hasta 90. El concesionario tiene derecho a la explotación y la apropiación de los minerales extraídos.

El otorgamiento de permisos de este tipo se publica en el Boletín Oficial del Estado –BOE- y en el Boletín Oficial de la Provincia -BOP- correspondiente.

## **5.2.2 Legislación en materia de Medio Ambiente. Evaluación de Impacto Ambiental**

Según la Ley 7/94 de Protección Ambiental de Andalucía, Anexo I, se establece que las explotaciones de minerales a cielo abierto necesitan un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Para el inicio del procedimiento, el promotor del proyecto presenta al organismo ambiental (en la Comunidad Autónoma de Andalucía el organismo competente es la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente -DPCMA-) la memoria resumen consistente en el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), el proyecto técnico y el Plan de Restauración. El organismo ambiental traspasa este informe al organismo sustantivo, la Delegación Provincial de la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico (DPCEDT), con el objetivo de que lo analice y complete. Tras un periodo estipulado por la Ley 7/94 de Protección Ambiental de Andalucía, el organismo sustantivo

vuelve a traspasar la memoria resumen al organismo ambiental para que el EsIA sea presentado al trámite de información pública. Una vez superado este trámite el organismo ambiental es el encargado de presentar la Declaración de Impacto Ambiental, que es el visto bueno de la Administración para poner en marcha un proyecto de estas características.

### **5.2.3 Autorizaciones administrativas de los Ayuntamientos. Impuestos de las actividades mineras**

Si bien es cierto que del artículo 148 .1.3 de la Constitución y del nuevo texto del Estatuto de Autonomía de la Comunidad Autónoma de Andalucía (artículo 56), se deriva que el urbanismo y la ordenación territorial es una competencia exclusiva de las Comunidades Autónomas, ello ha de entenderse sin perjuicio de las competencias propias de los Municipios, cuya autonomía está garantizada por los artículos 137 y 140 de la Constitución. En realidad, las competencias del Municipio en materia de urbanismo son muy importantes, hasta el punto que se le puede considerar como la Administración urbanística ordinaria.

En su función de norma estatal que de manera directa desarrolla la garantía constitucional de la autonomía local, el artículo 25.2.d de la Ley Reguladora de las Bases del Régimen Local establece que la legislación sectorial en materia de urbanismo deberá atribuir a los Municipios competencias propias sobre "*ordenación urbanística*". La ordenación urbanística de los municipios se efectúa mediante los Planes de ordenación urbanística, a los que se remiten las leyes urbanísticas.

La incidencia de las competencias urbanísticas municipales en las actividades mineras se refiere a tres aspectos principales:

1. Incidencia de las competencias municipales sobre planeamiento urbanístico en las actividades mineras. El planeamiento urbanístico condiciona de modo relevante las actividades mineras: la posibilidad de llevar a cabo una explotación minera exige su conformidad con las determinaciones establecidas en el planeamiento urbanístico.
2. Incidencia de las competencias municipales en materia de ejecución y gestión urbanísticas sobre las actividades mineras. El ya citado artículo 25.2.d de la Ley Reguladora de las Bases del Régimen Local obliga a la legislación sectorial a asignar en todo caso a los Municipios competencias en materia de "*gestión y ejecución*" urbanística. Las competencias municipales en materia de gestión y de ejecución del planeamiento se plasman en que, como regla general, todos los actos de uso y ejecución del suelo están sujetos a licencia urbanística municipal, con la cual se quiere garantizar que dichos actos se ajusten al planeamiento urbanístico.

3. Incidencia de las competencias municipales en materia de disciplina urbanística sobre las actividades mineras. Teniendo en cuenta que los estudios y reconocimientos propios del permiso de exploración no alteran sustancialmente la configuración del terreno, como regla general, tales estudios y reconocimientos no precisan de la previa licencia urbanística municipal. En el caso de los permisos de investigación regulados en los artículos 43 y siguientes de la Ley de Minas, los trabajos de investigación, que se han de llevar a cabo de conformidad con el proyecto de investigación y con los planes de labores supervisados por la Administración minera, si suponen la utilización de procedimientos y de medios que alteren sustancialmente la configuración del terrenos.

Respecto al régimen tributario municipal de las explotaciones mineras, el artículo 20.4.h del Texto Refundido de la Ley de Haciendas Locales, aprobado por el Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo, es el que regula las tasas por expedición de las licencias urbanísticas. Y los artículos del 100 al 103 del citado Texto Refundido, regulan el impuesto de instalaciones, construcciones y obras.

## 5.3 Desarrollo del proyecto minero de Cobre Las Cruces

En este apartado se presenta la situación actual del desarrollo del proyecto minero Cobre las Cruces, así como una breve contextualización de la empresa minera responsable del proyecto. Seguidamente se muestran los principales actores relacionados con el caso de estudio y la evolución histórica del desarrollo del proyecto en forma de cronología.

### 5.3.1 Situación actual del proyecto Las Cruces

El Proyecto Las Cruces se inicia a finales del año 1992, cuando la Junta de Andalucía otorga varios permisos de investigación a la empresa Romin S.A., perteneciente al grupo Rio Tinto Zinc (RTZ) (Australia y Reino Unido). A partir de ese momento, comienzan los trabajos de exploración minera que conducen, en mayo de 1994, al descubrimiento del yacimiento cuprífero. A continuación se acometen investigaciones y estudios para la evaluación de las reservas del recurso mineral y los estudios de viabilidad técnica, ambiental y económica.

En 1999 Riomin S.A. vende el proyecto a MK Gold Company (Estados Unidos) y esta empresa crea la empresa Cobre Las Cruces S.A. A principios de 2001 comienza la tramitación de los múltiples permisos administrativos (competencia de las Administraciones Públicas de rango estatal, autonómico y municipal), así como la adquisición de los terrenos necesarios para el desarrollo de la explotación minera. Este proceso dura cinco años en los que los acontecimientos más destacados son los siguientes:

- La resolución favorable de la Declaración de Impacto Ambiental en mayo de 2002
- El otorgamiento de la Concesión de Explotación Minera, en agosto de 2003
- La Concesión de Aguas, en junio de 2004
- La aprobación del Plan Especial de la Ley de Ordenación Urbanística de Andalucía, en febrero de 2005
- El otorgamiento de la Autorización Ambiental Integrada, en marzo de 2005
- El otorgamiento de licencias municipales de obras y actividad en 2005 y 2006, excepto la concesión de la licencia de obras de construcción de la tubería de abastecimiento y vertido en el término municipal de la Algaba, que debido a un conflicto generado entre la empresa minera, el Ayuntamiento de la Algaba y la plataforma ciudadana contra el Vertido Tóxico de La Algaba se ha retrasado hasta Marzo de 2007.

En paralelo, se han obtenido otras concesiones, autorizaciones y licencias concurrentes. Entre ellas destacan la Autorización del Sistema de drenaje-inyección de aguas subterráneas para la protección del acuífero Niebla-Posadas, la Autorización de Vertidos, y aquellas relacionadas con las infraestructuras del proyecto.

El otorgamiento de la Concesión de Explotación Minera exige el depósito ante la Junta de Andalucía de garantías en forma de avales económicos iniciales que alcanzan los 20 millones de euros y el establecimiento de una póliza de seguro de responsabilidad civil por valor de 30 millones de euros, condiciones previas para empezar la fase de construcción.

### **5.3.2 Conflicto entre la empresa minera y el municipio de La Algaba**

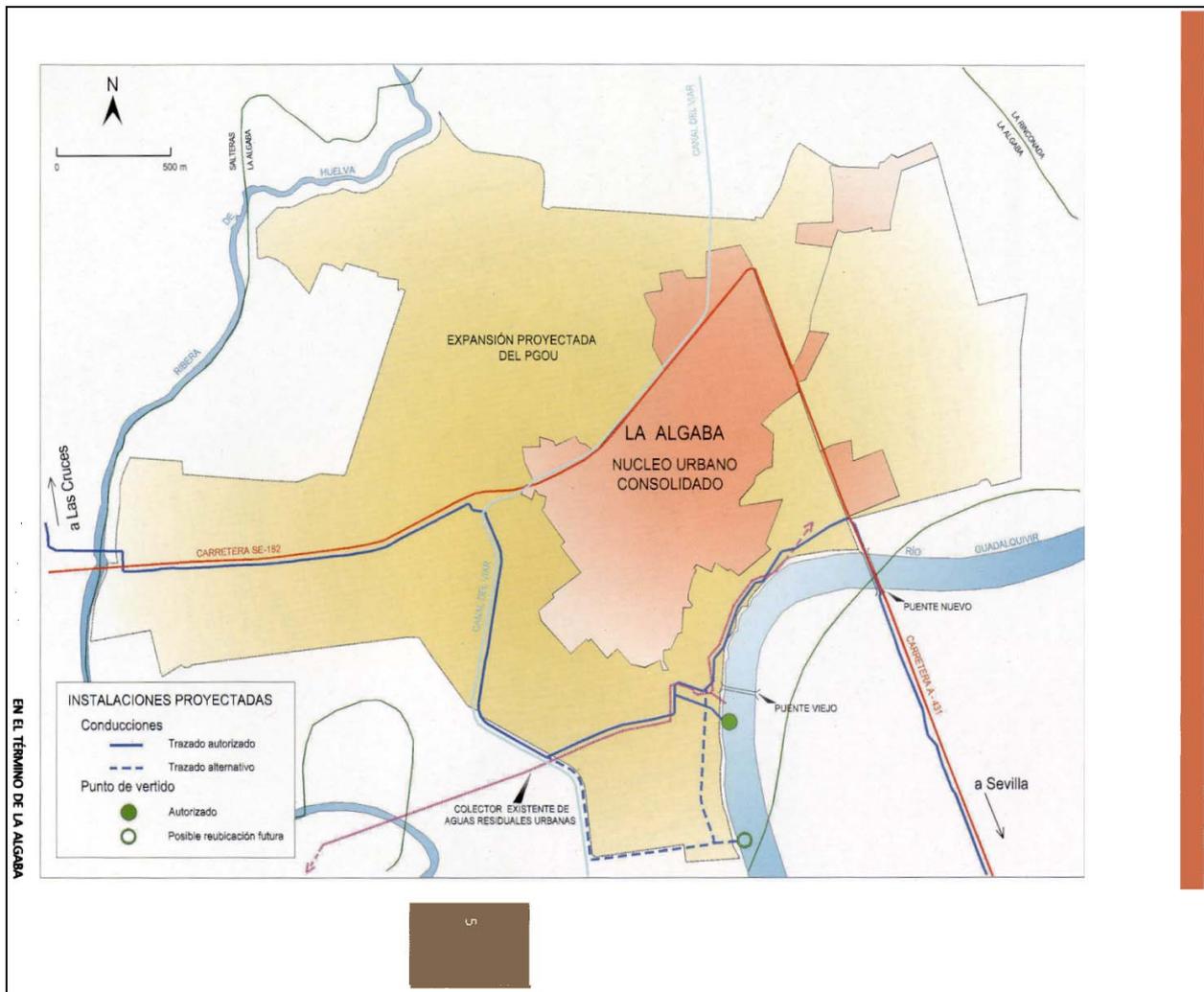
El conflicto con el Ayuntamiento y los habitantes de La Algaba comenzó cuando a finales de 2005 el ayuntamiento de La Algaba, a raíz de la concesión de la Autorización Ambiental Integrada (AAI) de la actividad minera de Cobre las Cruces, constató que la tubería de abastecimiento y vertido de agua de la mina pasaría por el término municipal y que dicha obra no estaba recogida en el Plan de Ordenación Urbana del municipio (PGOU), por lo cual no permitía cumplir con el Plan. En este periodo se formó la Plataforma ciudadana de La Algaba constituida por diversas asociaciones del municipio, para dar apoyo al Ayuntamiento en su reivindicación ante la empresa Cobre las Cruces, con el objetivo de que modificara el recorrido de las tuberías.

Ante su petición, la empresa presentó un trazado alternativo (referente al PGOU y a las contraprestaciones económicas que la obra supondría para el Ayuntamiento) que el Alcalde firmó en Junio del 2006 sin la ratificación del Pleno del Ayuntamiento. Esta situación condujo a los habitantes de La Algaba que no estaban conformes con el nuevo acuerdo a formar una nueva plataforma ciudadana denominada "Plataforma ciudadana contra el Vertido Tóxico de La Algaba", cuyas reivindicaciones principales pasaron a referirse a cuestiones ambientales y no de tipo urbanístico como la anterior plataforma. Dos meses después, esta plataforma influyó para que la Junta de Gobierno del municipio rechazara el acuerdo firmado por el Alcalde. Durante el año 2007 esta organización ha presionado para que no se instalara el punto de vertido en el municipio, amparado por organizaciones ecologistas.

En Marzo de 2007 el Juzgado de Sevilla concedió la licencia de obras a la empresa y en Septiembre el Ayuntamiento de La Algaba firmó un convenio de colaboración con la empresa Cobre Las Cruces poniendo fin a la oposición municipal al trazado de las tuberías del vertido tóxico de la mina al Guadalquivir y dando la espalda a la Plataforma vecinal contra el vertido y a los vecinos que serán expropiados de manera forzosa.

El mapa siguiente muestra el trazado de las tuberías que estaba autorizado mediante la AAI, y el nuevo trazado acordado con el municipio, que supone un cambio en el punto de vertido y aparece como trazado alternativo.

Mapa 3. Trazado de la tubería de abastecimiento y vertido de agua de la mina en el término de La Algaba



Fuente: FRASA y aia consult (2006)

### 5.3.3 La empresa minera

En 2005 la empresa canadiense Inmet Mining Corporation compró el 70% de las acciones de la empresa Cobre Las Cruces a MK Gold Company. Desde entonces, esta empresa actúa como empresa matriz del proyecto Las Cruces y ha asumido todos los compromisos ambientales, económicos y sociales que conforman dicho proyecto.

Inmet Mining produce minerales metálicos como cobre, zinc y oro a nivel mundial. Sus acciones cotizan en la Bolsa de Toronto, donde se encuentra la sede social de la empresa. Además del Proyecto Las Cruces, Inmet Mining posee tres operaciones mineras en producción: Çayeli (Turquía), Pyhäsalmi (Finlandia) y Troilus (Canadá); y tiene una participación del 18% en una cuarta, Ok Tedi (Papua Nueva Guinea). Desarrolla, asimismo, proyectos de exploración minera en España, Suecia, América Central y del Sur.

La mina de Ok Tedi en Papua Nueva Guinea ha sido objeto de duras críticas por parte de organizaciones ecologistas y por la población afectada por los vertidos contaminantes que se producen desde el inicio del proyecto. La mina de Ok Tedi vierte, desde el comienzo de su producción en 1984, 80.000 toneladas diarias de residuos contaminados desde el centro minero directamente a los ríos Fly y OK Tedi. Las repercusiones resultantes han sido muy graves. OK Tedi Mines Limited (OTML) es la empresa titular de este proyecto y tiene tres accionistas principales: Broken Hill Proprietary Company Limited Copper (BHP) (Australia y Reino Unido), que posee el 52% de las acciones y es la empresa gestora del proyecto minero, el gobierno de Papua Nueva Guinea con un 30% de las acciones e Inmet Mining Corporation, con un 18% de las acciones (Forest People Program, Philippine Indigenous Peoples Links, World Rainforest Program, 2004).

En 1989 debido a los daños ambientales ocasionados, las comunidades locales de la zona plantearon un litigio contra la empresa que ganaron cuando los tribunales obligaron a pagar \$500 millones USA de 1999 como indemnización a la empresa minera. No obstante, la empresa OTML anunció en 1999 que los impactos medioambientales de la mina OK Tedi sobre el entorno sería mucho más grandes y dañinos de lo predicho y anunciaron que ninguna de las soluciones que habían estudiado resolvería adecuadamente los problemas de la región. El caso está aún por resolver puesto que BHP ha contratado un comité legal que le asesore para determinar si la empresa ya ha cumplido sus obligaciones legales ante las comunidades locales. La postura de Inmet ante estos acontecimientos ha sido de total apoyo a la gestión de BHP, lo cual le convierte en responsable de un desastre medioambiental severo.

#### **5.3.4 Actores principales del estudio de caso**

Para presentar a los diversos actores<sup>23</sup> relacionados con el proyecto minero Cobre las Cruces se hace una división para encuadrar a los agentes entre la sociedad civil; administración, ONG's, universidad y empresas implicadas con el caso y por último los actores pertenecientes a la empresa minera. Esta caracterización situará a dichos actores en posiciones diferentes de cara a las conclusiones finales sobre el caso de estudio. La muestra de actores aquí presentada responde a criterios de implicación en el proyecto minero. En el caso de los actores pertenecientes a la administración, ONG's, universidad y empresas relacionadas con el caso, todos estos agentes estaban relacionados con el proyecto por medio de su trabajo o tenía una opinión científica formada en relación al mismo. Los actores pertenecientes a la sociedad civil fueron escogidos respondiendo al criterio de la actividad a la que se dedicaba en el caso de los actores dedicados a la actividad agrícola, y en el caso del Viceportavoz de la Plataforma vecinal contra el Vertido Tóxico de la Algaba, como representante de la opinión de los colectivos que formaban la Plataforma. Las entrevistas a los agentes pertenecientes a la empresa minera se consideraban necesarias para contemplar todas las opiniones sobre el caso.

---

<sup>23</sup> Cuando el nombre del actor va seguido de un asterisco representa que no se le ha podido realizar, por diversos motivos, una entrevista a dicho agente; sin embargo se considera importante citarlo en el presente apartado.

### Actores implicados pertenecientes a la sociedad civil

- Manuel Gutiérrez. Viceportavoz de la Plataforma vecinal contra el Vertido Tóxico de la Algaba.
- Luis Panduro. Agricultor de Gerena
- Juan Antonio Alba. Administrativo de la cooperativa agrícola de Gerena
- Antonio Fernández. Trabajador de Gerena
- María Gutiérrez. Habitante de Gerena

### Actores implicados pertenecientes a la administración, ONG´s, universidad y empresas relacionadas con el caso

- Esteban Ruiz. Profesor de antropología de la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla
- Javier Hernández\*. Profesor de antropología de la Universidad de Sevilla
- Abelardo Gutiérrez\*. Profesor del Área de Química Física de la Universidad de Cádiz
- Teresa Hernández. Licenciada en derecho de la Universidad de Sevilla
- Juan Cuesta. Ecologistas en acción, Sevilla
- Antonio Ramos. Ecologistas en acción, Sevilla
- Jamie Kneen. Mining Watch Canadá
- Manuel Cano. Presidente de la Federación de arroceros de Sevilla
- Fernando Hiraldo\*. Director de la Estación Biológica de Doñana
- Miguel Martín Machuca. Ingeniero de Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Sevilla
- Jerónimo Sánchez\*. Director del Centro Andaluz de la Piedra (CETAP), Almería
- Agustín Argüella\*. Jefe de planificación hidrológica de la Confederación Hidrológica del Guadalquivir (CHG), Sevilla
- Fernando Martínez\*. Director Gerente de la Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA), Sevilla
- Técnico<sup>24</sup> de la Empresa Mancomunada del Aljarafe S.A. (Aljarafesa), Sevilla
- Isabel de Haro. Secretaria de desarrollo tecnológico y energía. Delegación Provincial de Innovación, Ciencia y Energía de la Junta de Andalucía
- Francisco Macias. Secretario del ayuntamiento de Salteras
- Álvaro Jiménez. Secretario del ayuntamiento de Gerena
- Marta Martín. Gerente de la finca El Esparragal

### Actores implicados pertenecientes a la empresa minera

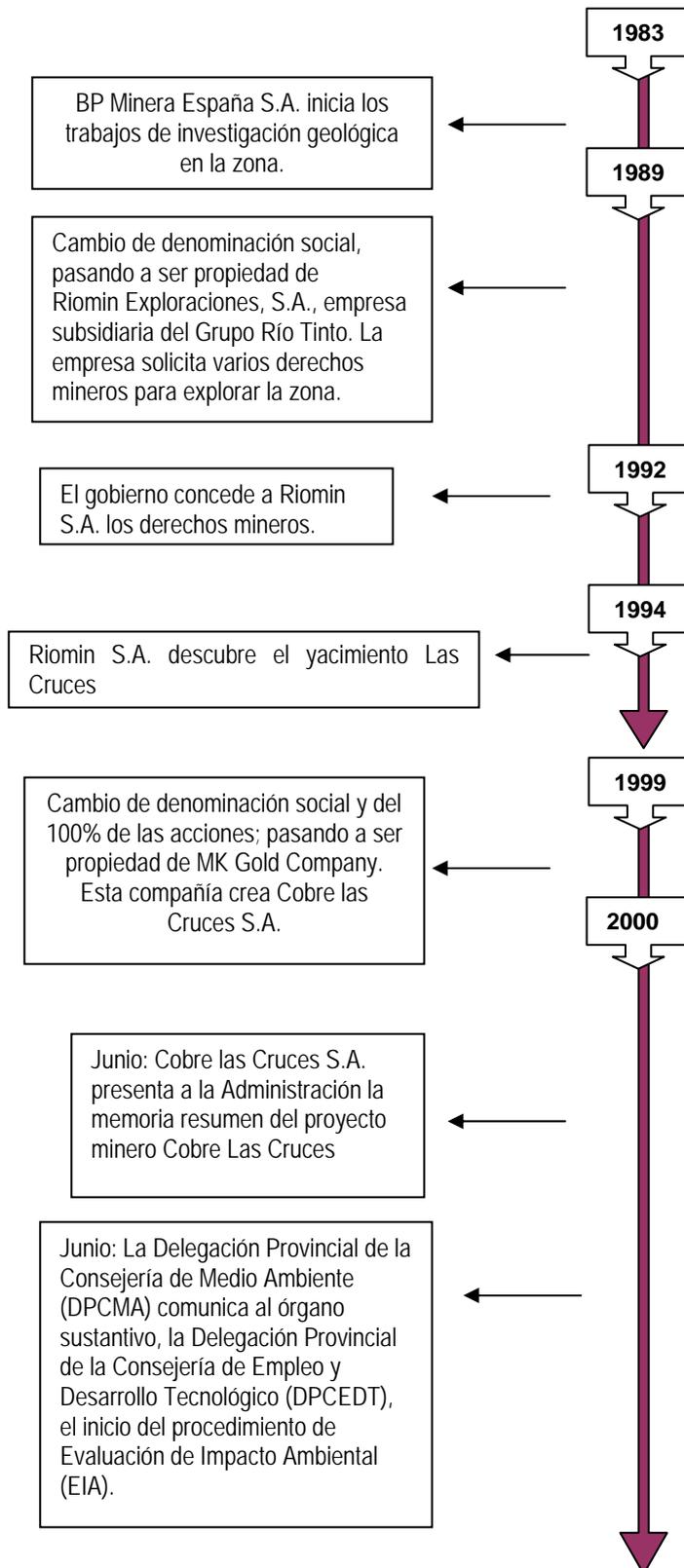
- Mark Hunt\*. Antropólogo contratado por la empresa Cobre las Cruces
- Paz Cosmen. Directora de Medio Ambiente de la empresa Cobre las Cruces
- Gobain Ovejero. Geólogo y Director de Relaciones Institucionales de la empresa Cobre las Cruces

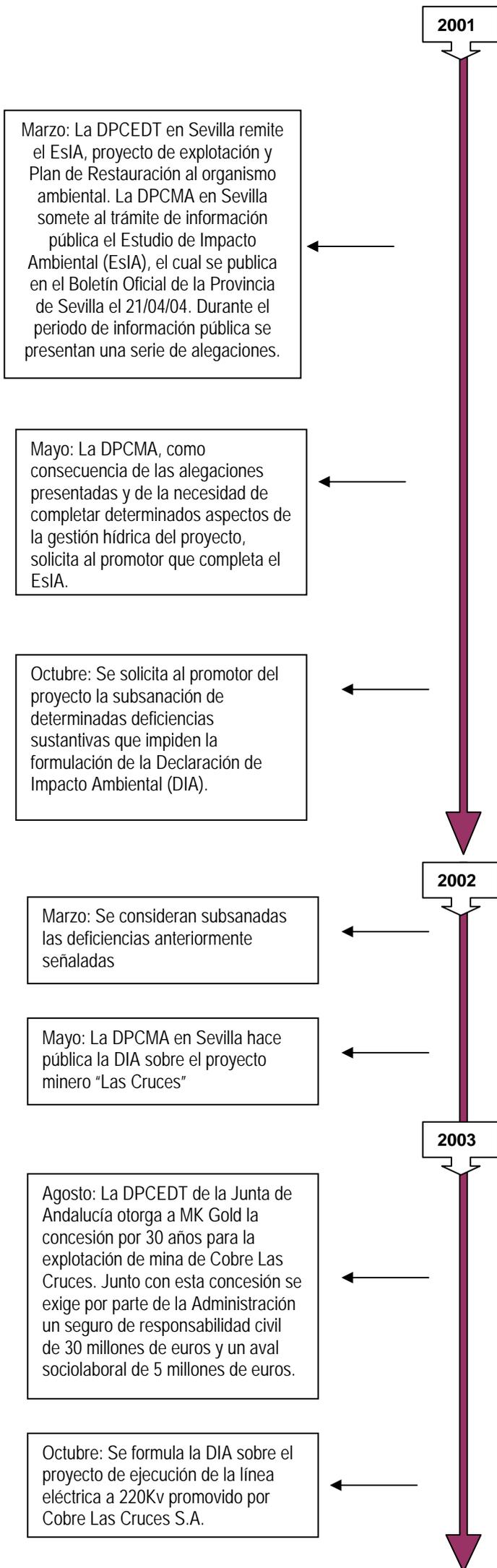
---

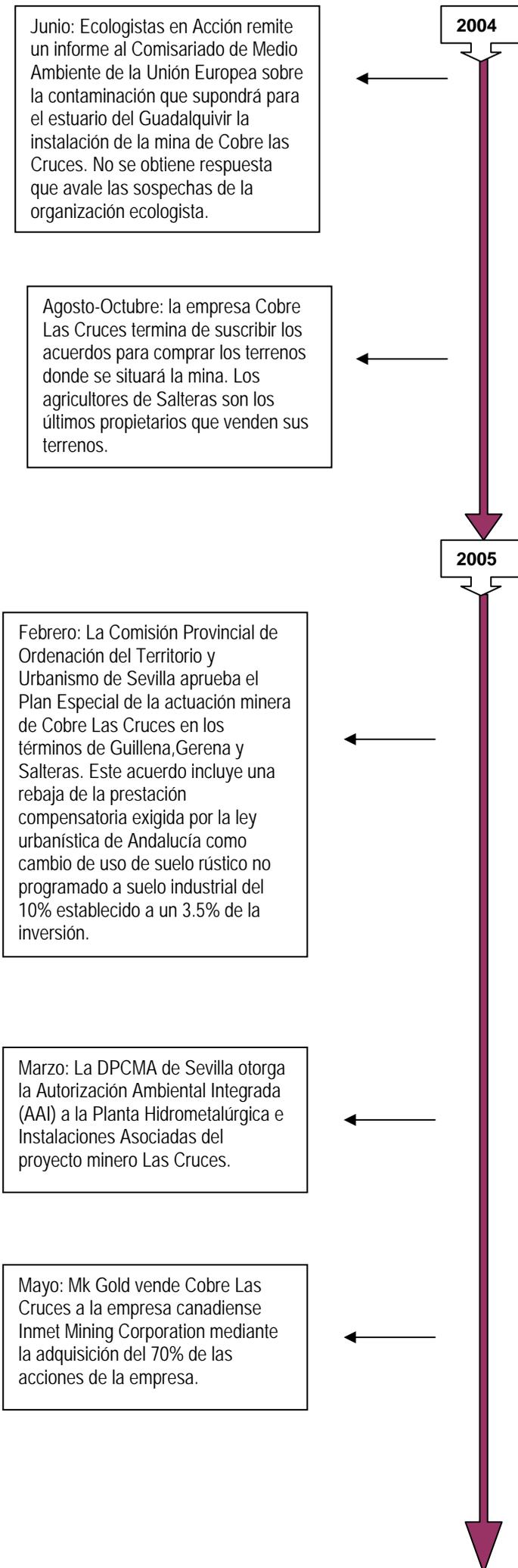
<sup>24</sup> Por motivos ajenos a esta investigación algún participante en las entrevistas se excluye de presentar su nombre. Ante esta situación la autora ha decidido mantener el respeto hacia su decisión.

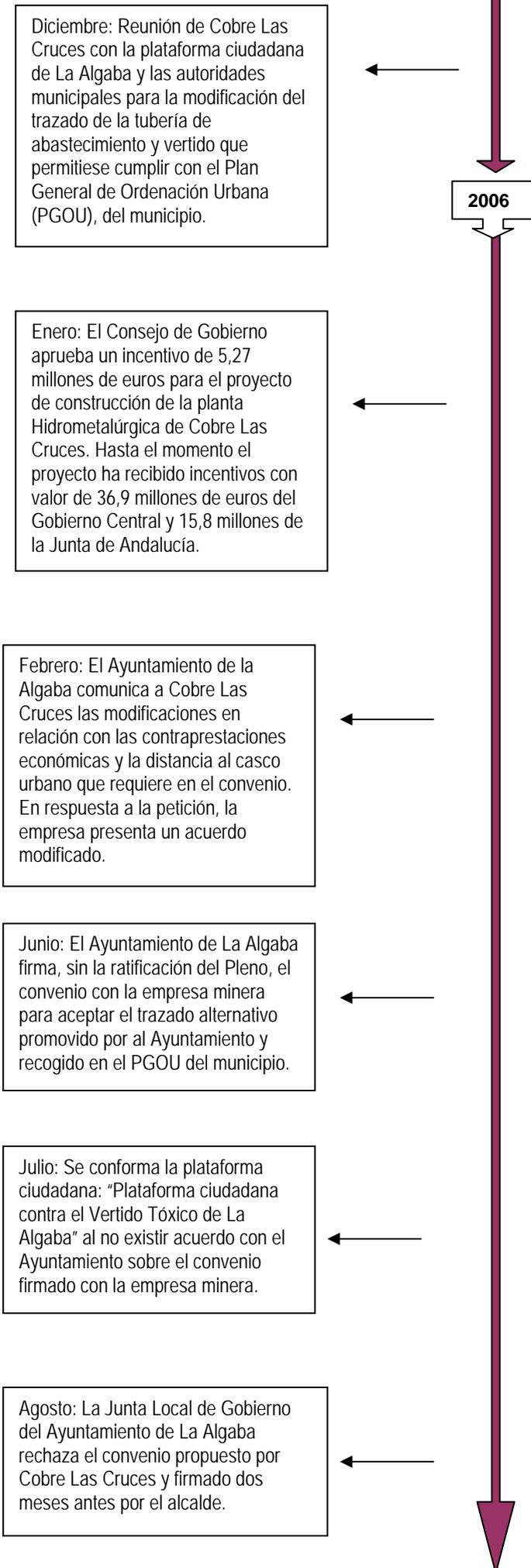
### 5.3.5 Cronología del desarrollo del proyecto Cobre Las Cruces

A continuación se relatan los acontecimientos mas destacados durante el desarrollo del proyecto Cobre Las Cruces:









2007

Diciembre: La plataforma contra el Vertido Tóxico de La Algaba conoce la existencia de dos informes realizados por la Dirección General de Costas con fecha 7/05/03 y 14/05/03, que forman parte de la tramitación de la AAI, en los que se concretaba la necesidad de hacer una DIA específica para el vertido.

Febrero: La plataforma ciudadana contra el Vertido Tóxico de La Algaba conoce el contenido de los informes realizados por la Dirección General de Costas. El Ayuntamiento deniega la licencia de obra para la instalación de la tubería de vertido alegando que el trazado rompe el planeamiento urbanístico establecido en el PGOU. El pleno municipal del Ayuntamiento de Sevilla ratifica una moción presentada por Izquierda Unida en la que se detallan deficiencias producidas en la tramitación de la actual DIA del proyecto minero en relación a los vertidos tóxicos.

Marzo: Manifestación convocada por la Plataforma ciudadana contra el Vertido Tóxico de La Algaba por el municipio.

Marzo: Cobre Las Cruces recibe la notificación del Juzgado de lo Contencioso de Sevilla que reconoce el otorgamiento a la empresa, por silencio administrativo, de la licencia de obras solicitada al Ayuntamiento de La Algaba.

Septiembre: El Ayuntamiento de La Algaba firma un convenio de colaboración con la empresa Cobre Las Cruces poniendo fin a la oposición municipal al trazado de las tuberías del vertido de la mina al Guadalquivir en oposición a la postura de la Plataforma vecinal contra el Vertido tóxico de La Algaba.

## 5.4 Descripción del proyecto minero

En este apartado se desarrolla en qué consiste la actividad extractiva del proyecto minero Las Cruces haciendo énfasis en las actuaciones relacionadas con la gestión de aguas del proyecto. La información que se presenta a continuación procede del “Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Cobre las Cruces”, realizado por FRASA Ingenieros Consultores S.L. por encargo de Cobre las Cruces S.A.

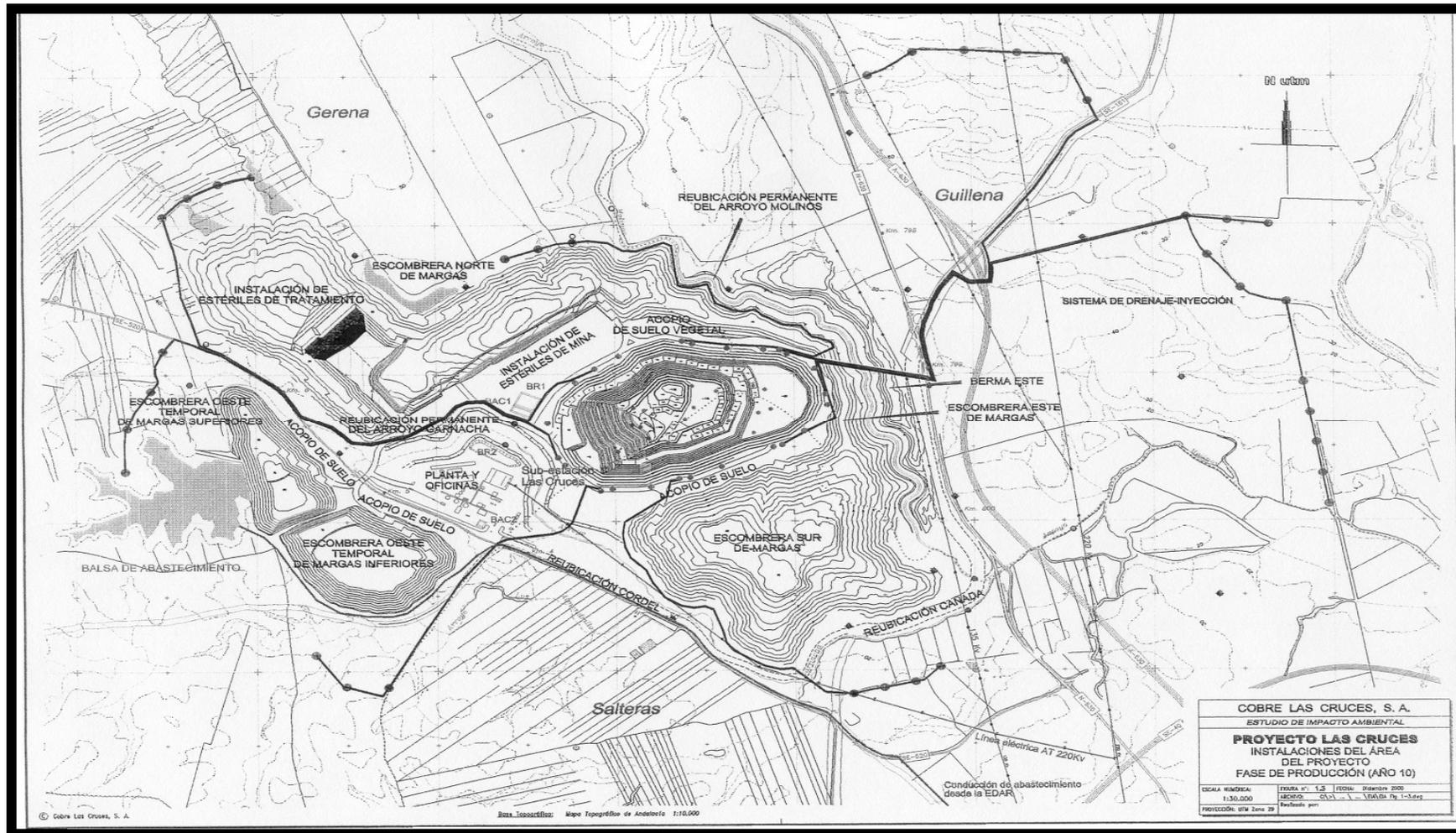
La actividad extractiva del proyecto Las Cruces conlleva, en primer lugar, la extracción del mineral del yacimiento mediante una corta a cielo abierto y, en segundo lugar, la extracción del metal cobre del mineral mediante el proceso de transformación metalúrgica denominado proceso hidrometalúrgico. Para ello es necesaria una serie de infraestructuras y actuaciones que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 13. Instalaciones e infraestructuras del proyecto

<i>Mina</i>	<i>Tratamiento metalúrgico del mineral</i>	<i>Gestión de agua en el proyecto</i>	<i>Actuaciones interiores y exteriores al proyecto</i>
Corta minera	Planta Hidrometalúrgica	Balsas de regulación	Sistema de suministro de energía eléctrica
Escombreras de inertes	Instalación de estériles de tratamiento	Planta depuradora del vertido	Desvío línea eléctrica de alta tensión
Instalación de estériles de mina	Instalaciones auxiliares: - Caldera de vapor	Balsa de abastecimiento	Desvío de diversos arroyos
Instalaciones auxiliares: - Taller de mina	- Torre de refrigeración	Planta de tratamiento de agua de abastecimiento	Modificación de vía pecuaria
- Polvorin	- Planta de oxígeno	Conducción de evacuación abastecimiento de agua al proyecto	Construcción de rotonda y paso subterráneo bajo SE-520
- Balsas menores	- Planta de aire comprimido	Sistema drenaje-inyección	Modificación de caminos rurales
- Pistas de circulación interior	- Planta de recepción y preparación de cal		
	- Oficinas, laboratorios, almacén, etc.		

Fuente: Elaboración propia en base a FRASA Ingenieros Consultores S.L. (2000).

Mapa 4. Instalaciones e infraestructuras del proyecto minero Cobre las Cruces



Fuente: FRASA Ingenieros Consultores S.L. (2000). Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Cobre Las Cruces

El mapa 4 muestra las instalaciones e infraestructuras del proyecto minero proyectadas para el año 10 de operación. Se puede observar la corta minera, la balsa de abastecimiento, la ubicación de las instalaciones de estériles, así como la situación de las distintas escombreras. Las líneas negras que nacen en el área del proyecto y se extienden mas allá de la zona de ocupada por la mina corresponden a los sondeos del sistema de drenaje-inyección que se explica con detalle en el apartado referente a la gestión de agua en el proyecto.

#### 5.4.1 Mina

La corta minera a cielo abierto es el método para la extracción del mineral de cobre del yacimiento. Este método proporciona el máximo aprovechamiento del recurso, es el más viable desde el punto de vista económico y mejora la seguridad laboral, consolidando estos factores la viabilidad económica de la operación. La corta se iniciará en el extremo oeste del área del proyecto y avanzará hacia el este. La superficie final será de 1.600x1000 m. y alcanzará los 245 m. de profundidad.

Se puede establecer una división de los materiales geológicos que se extraen de la corta, en primer lugar, las margas o arcillas (materiales inertes) que forman los 150 metros de espesor del recubrimiento. Previo a la extracción del mineral se procede al pre-desmante de estos materiales que recubren el yacimiento junto con las rocas estériles de minas. La previsión es que para retirar las aproximadamente 52 millones de toneladas de este material se tardará unos 18 meses. Posteriormente se extraerán las rocas estériles de mina (materiales con sulfuros considerados como no inertes), entremezcladas con propio mineral de cobre, objeto de la explotación, hasta una profundidad de 240 metros. Se extraerán cada año de la mina Las Cruces alrededor de 1,3 millones de toneladas de mineral y 15 millones de toneladas de roca estéril, esto supone una relación de desmante estéril/mineral de 12,7 / 1. Aunque este ratio es inusualmente alto, será contrarrestado por la alta ley del cobre que es del orden de 6.2% de Cu, que significa que se obtendrán 62 Kg. de cobre por cada tonelada de material.

El destino de estos materiales es el siguiente:

- Las margas se depositan próximas a la corta en distintas escombreras de margas
- Las rocas estériles de mina se encapsulan en el depósito de estériles de mina
- El mineral de cobre se transporta mediante camiones de minería a la planta hidrometalúrgica para la extracción del cobre

La ubicación y morfología de ambos tipos de depósitos se ha diseñado para permitir el futuro uso del espacio minero a la clausura de la explotación y para reducir el impacto visual. La forma de los depósitos presenta contornos naturalizados, pendientes suaves y alturas que no superan los 45 metros. Simultáneamente a la generación de los depósitos, se procede a su restauración progresiva, revegetándolos con especies arbóreas y arbustivas aprobadas.

La instalación de estériles procedentes de la corta minera tiene como objetivo gestionar los residuos no inertes que se extraen junto con el mineral. Es indispensable que estos materiales no entren en contacto con el agua, ya que se producirían aguas ácidas. La instalación está diseñada para aislar estos materiales mediante geomembranas y margas impermeables que aseguran el sellado de los materiales. Al inicio de las obras se construirá un drenaje perimetral que recoja las aguas de escorrentía generadas por la lluvia y que tendrán el carácter de aguas de contacto en lo que se refiere a su posterior tratamiento. El proyecto concibe en su diseño la total encapsulación de los materiales bajo margas, como parte de los residuos acumulados en la zona del proyecto.

Respecto a las instalaciones y edificaciones de la mina, el taller de mina consta del taller propiamente dicho y oficina (1500 m<sup>2</sup>), oficinas (600 m<sup>2</sup>), vestuarios (450 m<sup>2</sup>), lavadero de aceites (400 m<sup>2</sup>) y estación de servicios (400 m<sup>2</sup>). Alrededor de estas instalaciones se localizarán los aparcamientos. El polvorín de explosivos es la instalación necesaria para guardar los explosivos utilizados en las labores mineras. Las pistas de circulación interior son imprescindibles para el movimiento de maquinaria en el área minera. Las balsas menores para la gestión del agua son la balsa de agua de contacto y la balsa de regulación, ambas instalaciones se describirán con detalle en el apartado referente a la gestión de aguas del proyecto.

#### **5.4.2 Tratamiento metalúrgico del mineral**

Las instalaciones necesarias para el beneficio del mineral incluyen la planta hidrometalúrgica, la instalación de estériles de tratamientos procedentes de la planta y las demás instalaciones llamadas auxiliares: caldera de vapor, torre de refrigeración, planta de oxígeno, planta de aire comprimido, planta de recepción y preparación de cal y oficinas, laboratorios, almacén, etc.

Para la extracción del cobre del mineral se ha seleccionado el tratamiento que consta de: la lixiviación, la extracción por disolventes y la electrodeposición, tecnologías hidrometalúrgicas (recuperación de metales mediante el empleo del agua) que se explican con detalle en el capítulo cuarto, en el apartado referente al proceso minero.

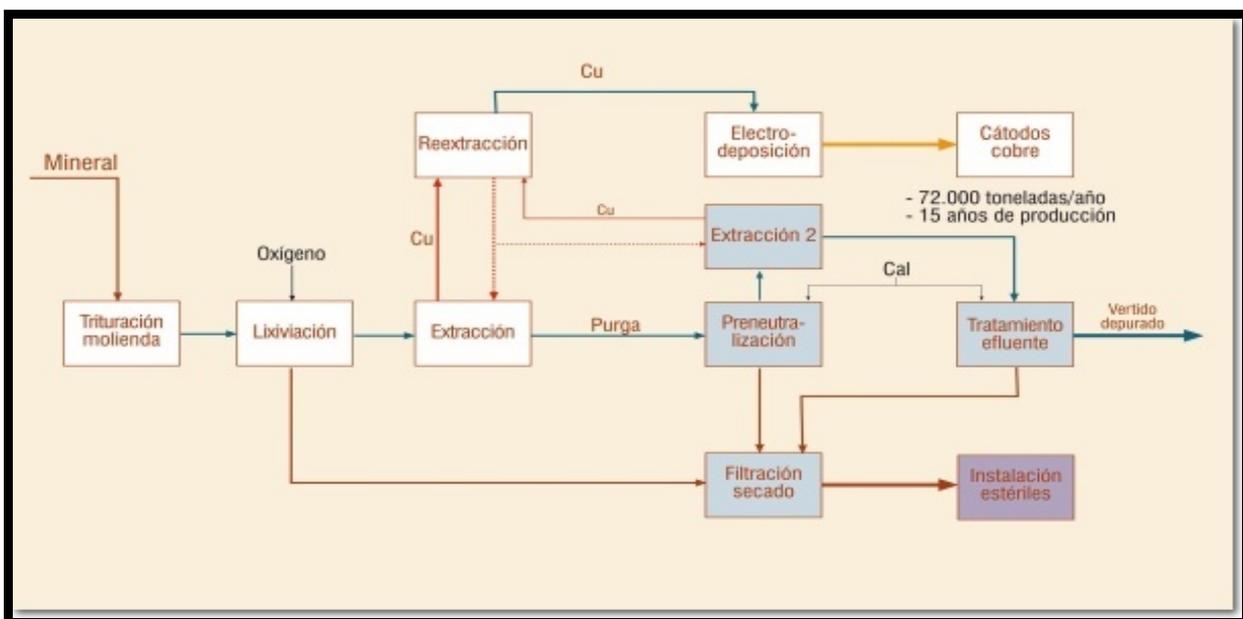
Las principales características del tratamiento hidrometalúrgico del proceso minero de Cobre las Cruces son, en primer lugar, la obtención directa del producto final, el cobre metal en cátodos (planchas de cobre) en la planta hidrometalúrgica integrada en la explotación minera. Este tratamiento producirá directamente cobre metal de alta pureza (Grado "A": 99,9935% Cu). En segundo lugar, se suprime la utilización de la tradicional balsa de lodos, y se sustituye por un residuo seco. En tercer lugar, este sistema proporciona mayor recuperación del metal con respecto a la tecnología convencional de flotación.

Las etapas básicas del tratamiento del mineral de cobre son:

1. La trituración y molienda del mineral, obteniéndose una pulpa de mineral fino.
2. La pulpa pasa al circuito de lixiviación que consiste en tanques de gran tamaño, llamados autoclaves, que contienen una solución acuosa ácida, para la disolución de más del 90% de los minerales de cobre en la mena.
3. La extracción por disolventes orgánicos, que concentra y purifica la concentración en cobre de la solución acuosa procedente del circuito de lixiviación.
4. La solución acuosa de cobre pasa a la nave de celdas de electrodeposición, donde el cobre se depositará sobre los cátodos de cobre, que da como resultado la formación de planchas de cobre metal. Estos cátodos de cobre son el producto final listo para su comercialización y transformación.

El siguiente esquema muestra el proceso hidrometalúrgico.

**Ilustración 6. Proceso hidrometalúrgico**

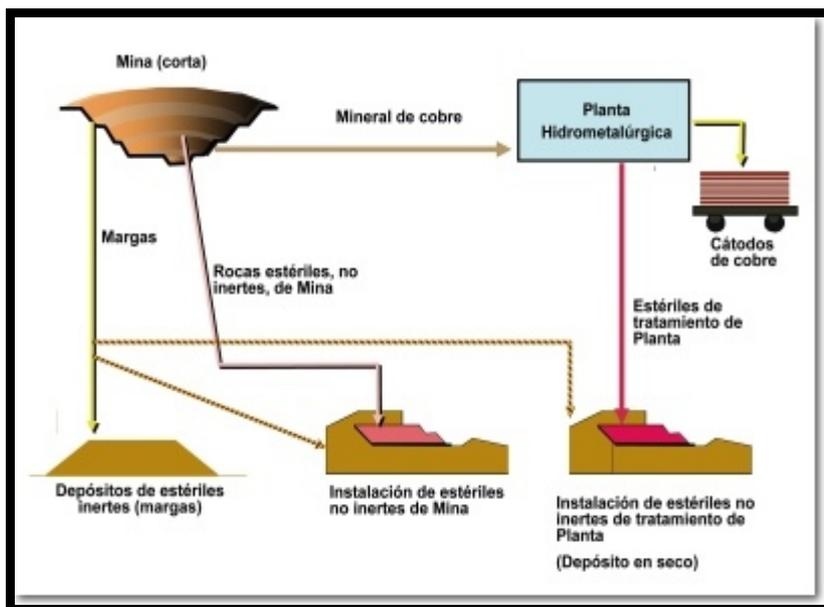


Fuente: Cobre las Cruces (2007).

El tratamiento hidrometalúrgico produce unos residuos no inertes, que al igual que los estériles de mina se tratan en seco: en primer lugar se filtran para reducir el grado de humedad y acto seguido se encapsula.

La instalación esta diseñada para aislar estos materiales mediante geomembranas, margas impermeables y drenes que aseguran el sellado de los materiales.

## Ilustración 7. Gestión residuos mineros en el proyecto



La total encapsulación de los materiales bajo margas, es el resultado de este proceso, que quedará como parte de los residuos acumulados en la zona del proyecto.

El sistema de deposición en seco minimiza el riesgo de lixiviación y conlleva menos riesgos a corto plazo que la tradicional balsa de lodos.

Fuente: Cobre las Cruces, (2007)

Las demás instalaciones, denominadas auxiliares son: en primer lugar, la caldera de vapor, que suministra calor, usando como combustible gas natural, para las soluciones de alimentación del proceso de neutralización y la solución de alimentación al autoclave. En segundo lugar, la torre de refrigeración es necesaria para la refrigeración de diferentes partes y corrientes de alimentación de los procesos. En tercer lugar la planta de oxígeno suministrara 224 toneladas al día para las distintas instalaciones que lo requieran. El aire comprimido se requiere en numerosas partes del proyecto, y será suministrado mediante compresores situados donde se necesitan. En cuarto lugar, la planta de preparación de cal proporciona la cal necesaria para su uso en el circuito de neutralización y para el tratamiento de agua de contacto. Para finalizar, los servicios auxiliares comprenden las oficinas, los laboratorios, vestuarios, servicios médicos, taller de mantenimiento y los servicios de administración.

### 5.4.3 Gestión del agua en el proyecto

La gestión del agua en el proyecto comprende la gestión de las aguas superficiales y subterráneas. La responsabilidad de la gestión del agua en el área del proyecto es competencia de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, así como la autorización para la puesta en marcha del sistema drenaje-inyección en el acuífero Niebla-Posadas. El vertido al río Guadalquivir ha sido autorizado por la Junta de Andalucía, al corresponder al dominio público marítimo terrestre.

Para desarrollar este apartado la gestión de aguas se divide entre 1) Abastecimiento (superficial, subterráneo), fuentes y balsas de regulación; 2) Usos (requerimientos del agua para su uso, procesos necesarios, incompatibilidades con otros usos); 3) Vertidos (procesos y sumideros). Previamente a estos apartados se presenta el balance hídrico del proyecto.

El balance hídrico total del proyecto estimado en base a un año hidrológico medio, estima que la demanda de agua será de 70,3 l/s. El consumo neto se estima que variará entre 36,4 l/s en años húmedos y 54,6 l/s en años secos; en estos periodos el consumo neto será mayor debido a la pérdida de agua por evaporación y la necesidad de utilización para mitigar el polvo. Sin embargo, la cantidad total de agua usada (que corresponde a la suma del consumo neto más el total de agua vertida) en años húmedos se estima que será mayor, puesto que se verterá más debido a la cantidad de agua en exceso. La tabla 14 muestra los principales consumos de agua en el proyecto:

**Tabla 14. Consumo de agua total y neto para el proyecto**

	Año seco		Año húmedo		Año medio	
	Hm <sup>3</sup> /año	l/s	Hm <sup>3</sup> /año	l/s	Hm <sup>3</sup> /año	l/s
Consumo						
Planta de tratamiento	0,83	26,3	0,83	26,3	0,83	26,3
Eliminación de polvo	0,41	13	0,22	7,0	0,37	11,8
evaporación	0,48	15,3	0,10	3,1	0,12	9,2
<b>Neto usado</b>	<b>1,72</b>	<b>54,6</b>	<b>1,15</b>	<b>36,4</b>	<b>1,49</b>	<b>47,3</b>
Vertido	1,09	34,7	2,15	68,2	1,56	49,5
<b>Total usado</b>	<b>2,81</b>	<b>89,13</b>	<b>3,30</b>	<b>104,6</b>	<b>3,05</b>	<b>96,8</b>

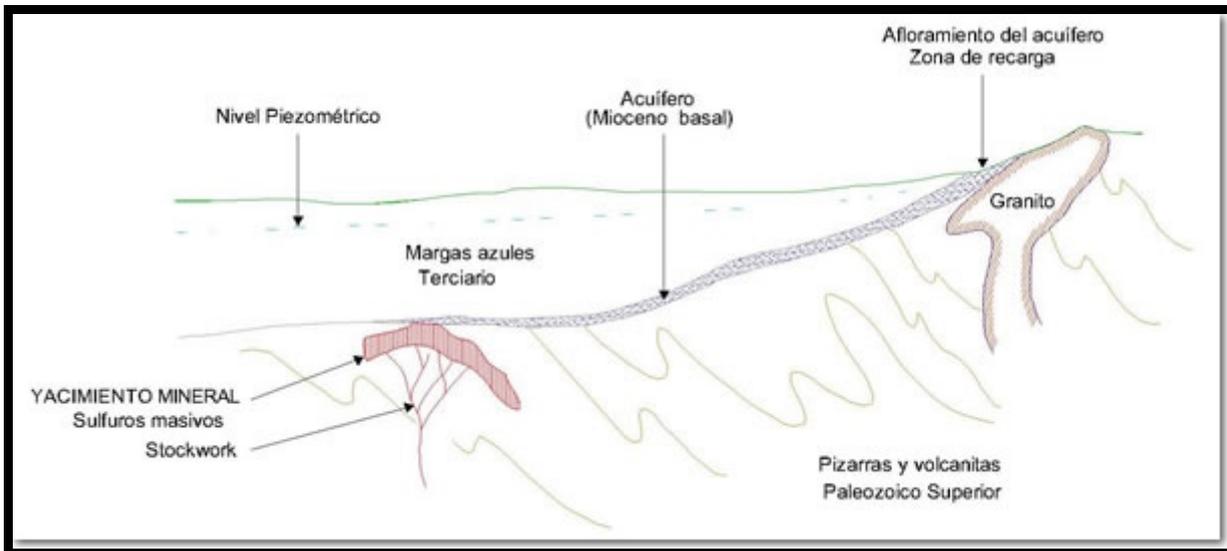
Fuente: FRASA Ingenieros Consultores S.L. (2000).

1) Abastecimiento. La fuente de suministro de agua al proyecto provendrá de las aguas residuales urbanas, que una vez tratadas, se captarán del efluente de la EDAR de San Jerónimo (Sevilla). La demanda total de agua de proceso será 2,6 Hm<sup>3</sup>/año que corresponde a un 10% del caudal de agua depurada que la EDAR vierte al río Guadalquivir. Las conducciones de abastecimiento y evacuación de agua al proyecto son tuberías enterradas de 18Km de longitud y de 500mm de diámetro y de 12Km de longitud y de 315 mm de diámetro, respectivamente. La tubería de conducción irá desde la EDAR hasta la balsa de abastecimiento desde la que se bombeará hacia la planta hidrometalúrgica.

La principal actuación en relación a la gestión de agua subterránea es la puesta en marcha del sistema drenaje-inyección. La corta minera se desarrollará por debajo del nivel del acuífero Niebla-Posadas, por lo que el nivel piezométrico del acuífero en la zona de corta será deprimido por debajo de la cota mas baja del

banco de trabajo de la mina. La siguiente ilustración muestra la disposición del yacimiento Las Cruces con referencia al acuífero Niebla-Posadas.

Ilustración 8. Esquema de situación del acuífero Niebla-Posadas.



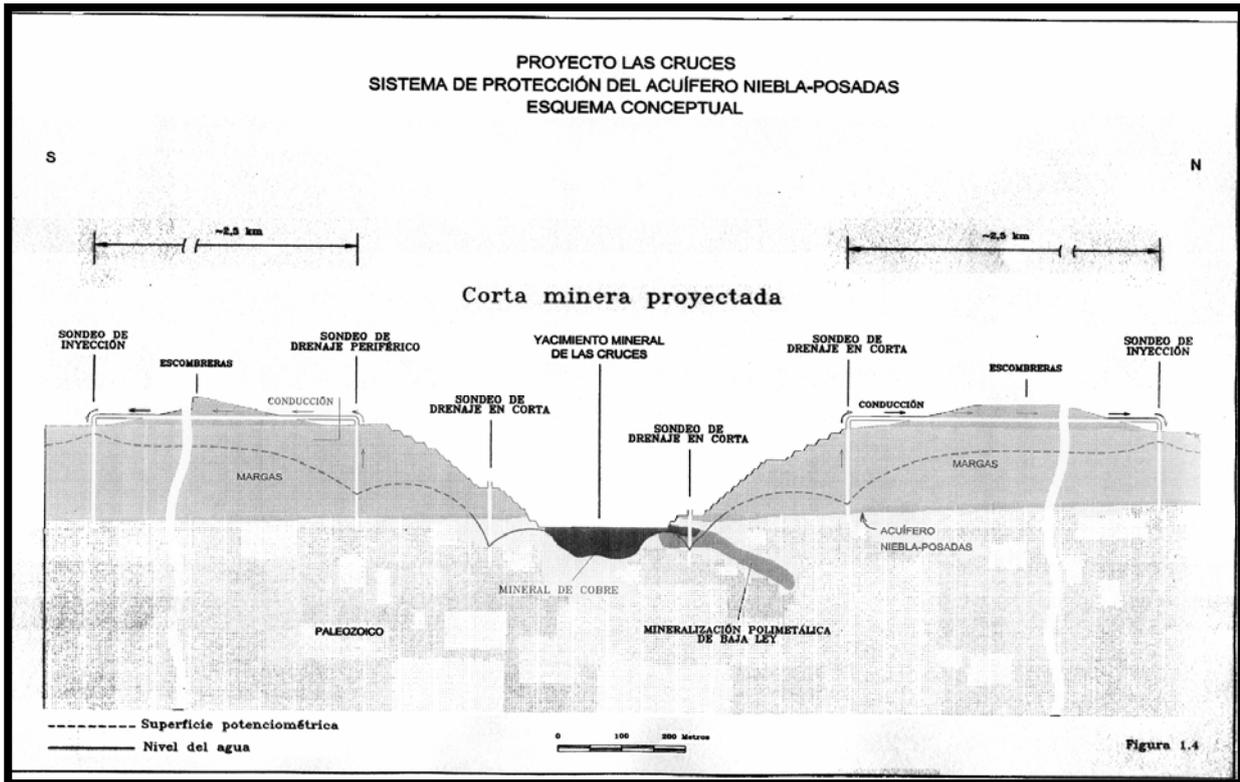
Fuente: Cobre las Cruces (2007).

Esto se conseguirá mediante un sistema de drenaje-inyección que consiste en una serie de sondeos de drenaje que deprimirán el nivel freático del acuífero conectados a sondeos de inyección que retornaran el agua al acuífero: el anillo de sondeos de drenaje periféricos en torno a la corta minera junto con los sondeos de drenaje situados dentro de la corta que recogerán las aguas estarán conectados por una red radial de tuberías a un anillo de sondeos de reinyección situado fuera del área del proyecto minero.

La excavación de la corta requiere del drenaje de una cantidad de agua del acuífero estimada de 2,4 Hm<sup>3</sup>. Esto ocurrirá antes de la puesta en marcha del sistema drenaje-inyección, por lo que se verterá este excedente de agua a la red de drenaje superficial, con un caudal de 100 l/s que disminuirá progresivamente durante los dos años de construcción de la corta.

La ilustración número nueve es un esquema conceptual del sistema drenaje-inyección citado.

## Ilustración 9. Sistema de drenaje-inyección del acuífero Niebla-Posadas



Fuente: FRASA Ingenieros Consultores S.L. (2000). Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Cobre Las Cruces

Básicamente este sistema consiste en que al deprimir el nivel freático del acuífero a la altura de la corta, se crea un cono de deyección, y al reinyectar agua en el acuífero en zonas alejadas de la corta se crean conos de inyección. Este sistema crea una barrera hidráulica que consigue que el agua del acuífero no entre en contacto con los minerales de la corta. Al ser un modelo, es preciso verificar los rendimientos de entrada en los sondeos de inyección para que esta barrera no se rompa y el sistema falle; por eso, para la implantación de este modelo en la realidad es preciso un control permanente del sistema. La tasa total de extracción e inyección de agua subterránea se estima entre 200 y 250 l/s.

Con relación al control de las aguas superficiales se diferencia entre aguas no afectadas (cuando no poseen ningún tipo de contaminación) y aguas afectadas (que pueden ser aguas de contacto y aguas sin contacto). Existen dos tipos de balsas menores para la gestión separada de aguas afectadas que poseen distintos orígenes y calidades: 1) balsas de agua sin contacto, que contienen aguas limpias de calidad aceptable para su reutilización en la actividad minera y 2) balsas de agua de contacto que contienen las aguas que deberán ser depuradas y por lo tanto estarán revestidas de geomembranas y margas compactadas. A su vez, hay dos balsas de contacto: la balsa de contacto denominada en el proyecto como n°2 contiene las aguas provenientes de las aguas de trituradora y las aguas recogidas en las zonas de acopio vegetal; y la balsa de contacto n°1 contiene las aguas provenientes de la instalación de estériles de mina, la instalación de estériles de tratamiento y la infiltración o escorrentía en la corta. Esta balsa, según la Declaración de Impacto

Ambiental (DIA), deberá tener una capacidad de 30.000 m<sup>3</sup>, con el fin de asegurar la recogida de aguas en periodos de lluvias extremas (Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. 2002). Como el agua que llega a estas balsas pueden contener sólidos en suspensión y contaminantes, es enviada hacia la planta de tratamiento de aguas de contacto y, una vez depurada, se destina hacia la balsa de regulación nº 2 para su posterior vertido al río Guadalquivir.

2) Usos. Los requerimientos que precisa el agua para el proceso hidrometalúrgico son que tenga un nivel de sólidos disueltos y cloruros bajo. El sistema de tratamiento requiere, en primer lugar, una clarificación y microfiltrado del agua para luego someterla al proceso de osmosis inversa, que producirá agua con un nivel adecuado para conseguir una calidad aceptable para el proceso. Si la gestión del agua en la mina se realiza en función de las medidas acordadas en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, no existirán incompatibilidades en el uso del agua. Para evitar que la captación autorizada del agua disminuya excesivamente el caudal del río Guadalquivir, creando discrepancias entre los usuarios del agua en la zona, sólo se permitirá a la mina tomar agua del río siete meses al año, evitando los meses estivales durante los cuales tomarán agua de una balsa de abastecimiento, citada en el proyecto como nº 1, con una capacidad de 1.5 Hm<sup>3</sup>.

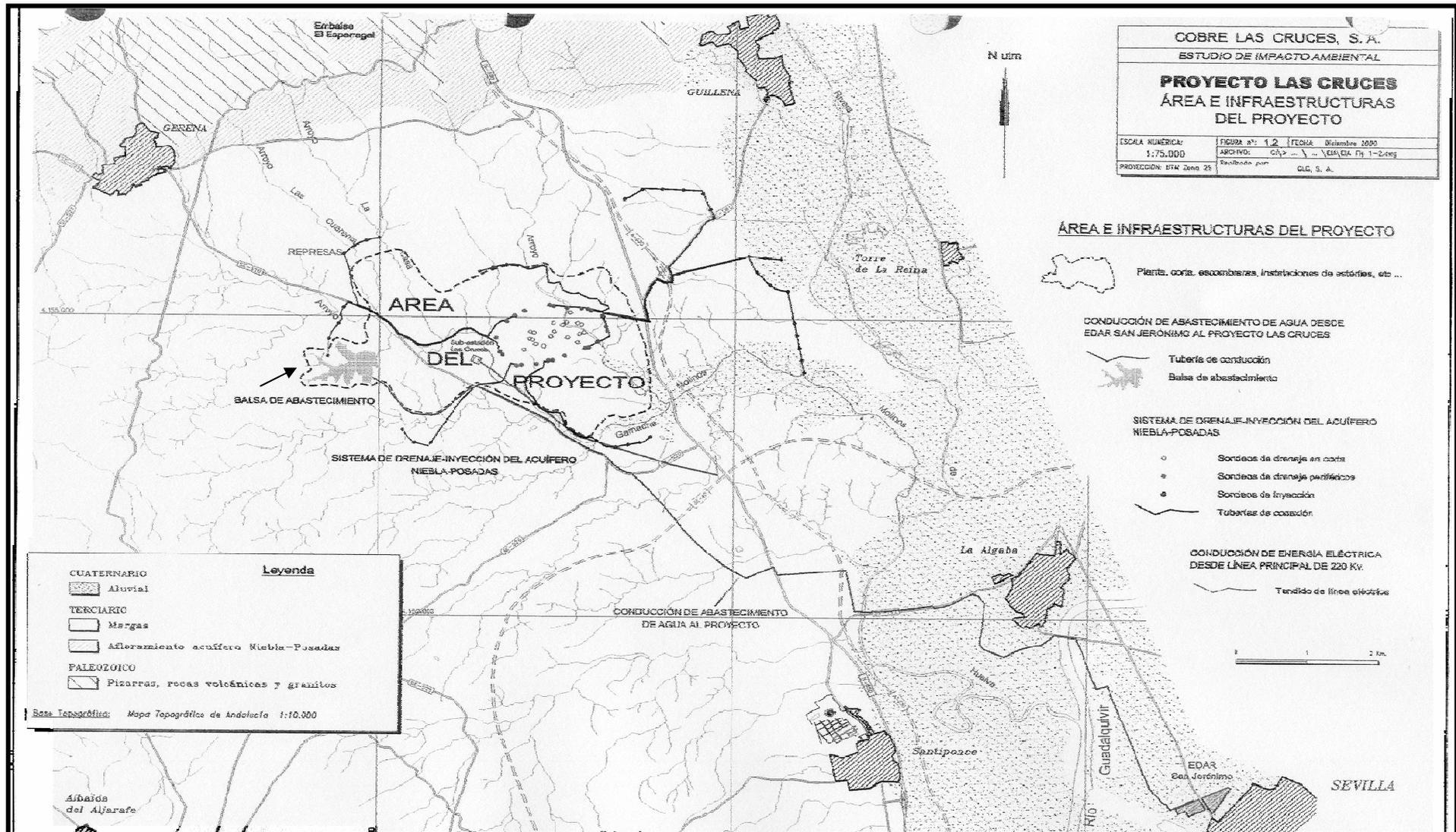
3) Vertidos. Respecto al proceso de depuración de agua, la planta de tratamiento de aguas de contacto se sitúa al este de la planta de tratamiento del mineral y tendrá una capacidad de tratamiento de 40 l/s aunque está previsto que opere con un caudal medio de 9 l/s. La depuración de las aguas hasta reducir el nivel de contaminantes a los parámetros contemplados en el permiso de vertido comprende la adición de cal y sulfito de plomo a pH básico, que es lo que genera la evaporación de los metales, más el acondicionamiento en tanque y aireación mediante tubo dentro del tanque. Seguidamente se someterá a un proceso de separación sólido/líquido y una aclaración, para después verterla en la balsa de regulación, citada en el proyecto como nº 2, en la que también van a parar las aguas sobrantes del sistema de ósmosis inversa, de la purga de neutralización de la planta de tratamiento mineral y el agua de esorrentía proveniente del área del proyecto. Esta balsa actúa como balsa de regulación en caso de posibles avenidas o fallos en el sistema de depuración. El agua vertida desde esta balsa de regulación se conducirá a la tubería de vertido que va a parar al punto de vertido situado en el río Guadalquivir que se muestra en el mapa 5. El volumen medio estimado a verter será de 1.21 Hm<sup>3</sup>/año. Existe una balsa de regulación nº1 que se utilizará para el almacenamiento de agua de esorrentía que cumpla con las normas de vertido y que se traspasa a la balsa de abastecimiento con un caudal de 70 l/s. Esta balsa de abastecimiento tendrá una capacidad aproximada de 1.5 Hm<sup>3</sup> y una altura de embalse en torno a los 15 m. Si la balsa de abastecimiento esta llena, es posible que esta agua se vierta directamente al arroyo Molinos, y si todas las balsas están llenas el agua puede almacenarse de forma provisional en la corta minera.

Para terminar, la gestión de aguas del proyecto incluye su mantenimiento y vigilancia durante la vida del proyecto y un sistema de restauración que finalice dichos sistemas de gestión de agua de la forma más segura y duradera posible. El cierre de sistemas de gestión de agua comprende:

- La restauración de la corta minera: según la DIA, esta será rellenada de residuos de construcción y demolición (RCD) inertes. En el momento en que la Delegación Provincial de la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico (DPCEDT) autorice la actividad y antes del inicio de las obras, el promotor presentará para su autorización un proyecto específico de ejecución. (Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 2002). El Plan de Restauración se desarrollará en base a lo propuesto en el Estudio de Impacto Ambiental, conteniendo las medidas propuestas en la Declaración de Impacto Ambiental. Esta acción se realizará conjuntamente con el desmantelamiento del sistema drenaje inyección.
- Durante todo el proceso es indispensable que el nivel freático del acuífero se mantenga por debajo del nivel del lago de la corta. Esto se conseguirá utilizando el sistema drenaje-inyección, que al finalizar esta acción deberá dejar de funcionar. El riesgo del sistema es que toda el agua se bombee de manera eficaz para el agua no entre en contacto con los minerales y no se contamine al entrar en el acuífero. El cierre del sistema se hará progresivamente, se reducirá el volumen de bombeo a medida que se colmate la corta con las margas que tapan los minerales no inertes hasta que la presión del agua en el acuífero sea igual a la presión del agua en dichos materiales de relleno.
- Es necesario el establecimiento de un modelo de drenaje en superficie sostenible en toda el área del proyecto.

El mapa 5 muestra las principales infraestructuras en relación la gestión del agua del proyecto Cobre las Cruces

Mapa 5. Principales infraestructuras en relación la gestión del agua del proyecto Cobre las Cruces.



Fuente: Elaboración propia en base a FRASA Ingenieros Consultores S.L. (2000).

#### 5.4.4 Actuaciones interiores y exteriores al proyecto

El sistema de suministro de energía eléctrica comprende la construcción de una nueva línea eléctrica de alta tensión (220 KV) y la construcción de una subestación eléctrica dentro del proyecto con un transformador, para suministrar la energía eléctrica necesaria al proyecto, estimada en 48 MW. Ha sido necesario el desvío de una línea eléctrica de media tensión (20 KV).

La modificación del trazado de la carretera SE – 520 y construcción de un paso subterráneo y un acceso al mismo para que la maquinaria pesada de la mina pueda atravesar de un lado a otro del proyecto sin necesidad de usar esta carretera es otra de las actuaciones referentes al proyecto.

La construcción del proyecto implica la desafectación de varios caminos rurales (Camino de las Veintiuna, Camino de Maria Golilla, Camino del Arroyo Molinos, Camino del Palmar de Francisco y la Iglesia), vías pecuarias (reubicación de las vías pecuarias Cordel de Conti y La Ramira, Vereda de Salteras y Cordel de Gerena), y el desvío de los diversos arroyos de la zona: los arroyos Molino, Garnacha y otros pequeños arroyos (La Casa, Las Cuarenta, Camino de las Veintiuna y La Gavia) que han sido desviados y naturalizados al afectar al proyecto minero.

## **5.5 Impactos ambientales del proyecto minero**

Después del repaso de las principales actuaciones que supone el proyecto minero Cobre Las Cruces, en el siguiente apartado se describen de forma general los impactos ambientales mas importantes que sobre los recursos hídricos y el medio socioeconómico provoca o esta previsto que provoque el proyecto minero. En primer lugar se citan los impactos reflejados en el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) del proyecto y en segundo lugar se añade un apartado que contempla las perspectivas procedentes de los diversos actores relacionados con el caso y que no estan reflejadas en el documento de EsIA.

### **5.5.1 Impactos ambientales reflejados en el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Cobre Las Cruces.**

La definición de impacto en el Estudio de Impacto Ambiental viene determinada, en primer lugar, por la concretización de las acciones del proyecto susceptibles de causar impacto y, en segundo lugar, por los factores del medio que se ven afectados. La relación entre estos elementos define los impactos ambientales que provoca un proyecto. En tercer lugar, los impactos se describen y caracterizan para definir medidas de prevención, corrección, etc. En la aplicación de medidas correctoras y compensatorias se asume que se reducen los impactos potenciales que crea el proyecto. Para una valoración real de los impactos residuales que provoca el proyecto una vez aplicadas las medidas correspondientes; en cuarto lugar, se procede a valorar la magnitud del impacto, diferenciando entre impactos compatible, moderado, severo y crítico. A continuación desarrollamos cada una de ellas.

Para definir y concretar las acciones, éstas se disponen en una matriz de doble entrada en la que se dividen en los niveles de construcción, producción, clausura y post clausura, que se corresponden con las distintas fases del proyecto. A su vez, las acciones se clasifican en preparación general del área, construcción de infraestructuras, actividad en la corta minera, escombreras y acopios de material inerte, funcionamiento de la planta, gestión de estériles de tratamiento y de mina, gestión hídrica, restauración, otras acciones (trafico, iluminación, etc.) y socioeconomía. En la tabla 16 se muestra un ejemplo de la caracterización de acciones del proyecto minero:

Tabla15. Ejemplo de acciones susceptibles de causar impactos

				<i>Acciones</i>
Construcción	Producción	Clausura	Post clausura	
				<b>Escombreras y apiles o acopios de material inerte</b>
X	X			Apile temporal de suelos
X	X			Apile temporal de arenas para lechos filtrantes
X	X			Apile temporal de estéril de mina
X	X	X	X	Escombreras de estéril de mina
		X		Desmantelamiento de apiles temporales

Fuente: FRASA Ingenieros Consultores S.L. (2000).

En segundo lugar, para definir los factores del medio, éstos se dividen en medio abiótico, medio biótico, ambiente paisajístico y ambiente humano.

En tercer lugar, la asignación de características a los impactos se realizan mediante las directrices que especifica el reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental, que señala como atributos : signo, inmediatez, acumulación, sinergia, momento en que se produce, persistencia, reversibilidad, posibilidad de recuperación, periodicidad, continuidad. A partir de los resultados de las clasificaciones anteriores se procede a la división de los impactos según su magnitud en impactos mínimo, significativo o importante. Se aplicaran una serie de medidas para los impactos de tipo significativo o importante: preventivas, protectoras, correctoras o compensatorias.

Por último, la aplicación de medidas correctoras o compensatorias induce a la reducción de los efectos que produce el proyecto. Para valorar el impacto residual que provoca el proyecto una vez aplicadas las medidas correspondientes se procede a valorar la magnitud del impacto, diferenciando entre impactos compatible, moderado, severo y crítico.

Una explotación minera a cielo abierto como la de Las Cruces, en relación a la gestión hídrica, requiere de un control exhaustivo de las aguas superficiales y subterráneas y para su funcionamiento necesita disponer de agua en abundancia.

Las principales acciones del proyecto con efectos potenciales sobre los recursos hídricos son: el desvío de los arroyos Molino y Garnacha, la afección al sistema de drenaje de superficie por la instalación de infraestructuras, los vertidos al cauce superficial (concretamente el vertido al río Guadalquivir) y las acciones que pueden afectar a la cantidad y calidad de las aguas del acuífero Niebla-Posadas. El impacto referente a la restauración de la corta minera mediante el relleno con residuos inertes de obra, acción que se realizará conjuntamente con el desmantelamiento del sistema drenaje-inyección no esta reflejado en este análisis debido a que, a fecha 15 de Diciembre de 2007, aún no existe un proyecto desarrollado por parte de la compañía minera para valorar los impactos que supondrá la restauración de la corta y que por ley deberá

desarrollarse en el marco de la ley Ley 7/94 de Protección Ambiental de Andalucía establece que las explotaciones de minerales a cielo abierto necesitan una Evaluación de Impacto Ambiental

En la tabla siguiente se muestran la descripción, caracterización, medidas aplicadas y valoración del impacto residual de las afecciones al medio hídrico provocadas por el proyecto minero.

**Tabla 16. Afecciones al medio hídrico provocadas por el proyecto minero Las Cruces.**

	<i>Descripción</i>	<i>Medidas</i>	<i>Caracterización</i>	<i>Valoración del impacto residual</i>
Desvío del Arroyo Garnacha	Atraviesa el sector oeste del proyecto. Su caudal deberá ser controlado para evitar la inundación de parte del sector de la planta de tratamiento. Se relocalizará a 800m del cauce central y se construirá un dique de protección frente a avenidas.	Medidas correctoras para naturalizar el tramo de actuación.	Efecto negativo y localizado sobre la hidrología, de tipo directo, a corto plazo y permanente. Es un efecto significativo.	Compatible
Desvío del Arroyo Molinos	La corta alcanzará el cauce del arroyo por lo que será desviado 3,2 Km. hacia el este. Esto supone la configuración completa de un nuevo arroyo. La acción del desvío conlleva un efecto potencial sobre la dinámica fluvial.	Medidas correctoras en el diseño del nuevo cauce, como sobre excavación del cauce para el aumento de almacenamiento del cauce, diseño suave de los taludes del cauce, etc.	Efecto negativo importante, directo, seguro y permanente, que se manifestará a corto plazo aunque se considera recuperable.	Severo
Alteración del sistema natural de drenaje	Son necesarias acciones que modifican el sistema natural de drenaje: como desvío de arroyos secundarios del área del proyecto, control de la escorrentía, tanto en las instalaciones, escombreras y cortas, como los derivados de la balsa de abastecimiento.	Medidas correctoras ya aplicadas en el desarrollo del proyecto destinadas al control de la escorrentía: la escorrentía de las instalaciones de estériles de tratamiento y de mina se derivarán a la balsa de aguas de contacto nº 1 o de regulación nº 1, dependiendo de la calidad. La escorrentía de la zona de planta se derivará a la balsa de aguas de contacto nº 2 o de regulación nº 2, dependiendo de la calidad.	La alteración sobre los arroyos secundarios son de efecto permanente e irreversible. Las acciones para el control de la escorrentía son de efecto temporal y recuperable. En general se considera que el efecto es significativo.	Compatible.
Calidad del agua de superficie	Los vertidos que se producirán serán de agua del acuífero, de la balsa de abastecimiento de aguas sin contacto y de la planta de tratamiento. Se consideran además otros aspectos del proyecto que podrían afectar a la calidad de las aguas superficiales: vertidos de la planta de tratamiento, protección frente a inundaciones, rebosamiento de la balsa de aguas de contacto, almacén de reactivos.	Cumplimiento de los caudales y de los límites de vertido estipulados en los permisos administrativos <sup>25</sup> . Para la gestión de las aguas con distintos orígenes y calidades: encapsulación de material generador de aguas ácidas, y minimización de la influencia del flujo de aguas arriba del proyecto.	Los efectos de los vertidos son considerados como negativos, aunque reversibles y recuperables, además de ser de tipo significativo.	Compatible.
Susceptibilidad a la inundabilidad	El desvío de arroyos, la alteración y concentración de las redes de drenaje superficial, la alteración del relieve y la instalación de estructuras lineales son las acciones que se desarrollan en el proyecto Las Cruces que pueden influir en este aspecto. Para la determinación de los niveles de crecida y límites de las zonas inundables se utiliza un modelo para simular los posibles niveles de inundación durante la vida del proyecto. En base a este modelo se aplicarán las medidas de control necesarias.	Las medidas preventivas para minimizar este impacto se refieren al diseño del desvío de los arroyos en cuanto a la compactación del terreno, diseño de los taludes, obras de encauzamiento y protección, etc. Y con respecto a la berma oriental de la corta se ha diseñado para que actúe de protección frente a avenidas. Se prevén inspecciones periódicas a los cauces.	Se considera que es un impacto negativo de efecto irreversible y seguro.	En base a las medidas preventivas se considera que el impacto es de baja intensidad y de tipo compatible.
Nivel de agua del acuífero Niebla-Posadas	La explotación minera afecta al nivel de agua del acuífero. Bajo el área del proyecto minero los niveles piezométricos se sitúan entre los 10-20m bajo la superficie. La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir no permite extracciones del acuífero diferentes de las de los usuarios ya establecidos.	El sistema drenaje-inyección es la medida escogida para contrarrestar los posibles efectos negativos sobre la cantidad de agua. El funcionamiento del sistema se ha proyectado en base a un modelo hidrogeológico que prevé el establecimiento de un circuito cerrado de circulación. Los dos años que dure la construcción del proyecto se prevé una extracción neta de agua subterránea que no podrá ser reinyectada al acuífero y que se añadirá a las masas de agua superficiales existentes	Es un efecto negativo y directo y como podría causar efectos considerables a la cantidad de agua se considera significativo y de magnitud media.	Se considera que el impacto es de tipo moderado en cuanto se refiere a la disminución del nivel de agua subterránea y compatible en relación al efecto sobre la modificación de flujo y disponibilidad del recurso.
Calidad de agua del acuífero Niebla-Posadas	Mediante varios estudios se ha determinado la calidad del agua del acuífero antes de la explotación. Existe el riesgo de generación de aguas ácidas.	El sistema drenaje-inyección evitará la contaminación del agua mediante la creación de una barrera hidráulica que imposibilita la mezcla de aguas.	Se considera un efecto negativo, significativo y de magnitud media.	En base a los estudios realizados se considera que no se producirá una afección relevante a la calidad del agua y por lo tanto se cataloga como un impacto moderado.

Fuente: Elaboración propia en base a FRASA Ingenieros Consultores S.L. (2000).

<sup>25</sup> Ver Delegación provincial de Sevilla. Consejera de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2005). Resolución de Autorización Ambiental Integrada a la planta hidrometalúrgica del proyecto minero Las Cruces.

La Tabla 18 describe brevemente los impactos más importantes que sobre el medio socioeconómico tiene el proyecto Las Cruces. El proyecto minero Cobre las Cruces supondrá impactos positivos sobre la economía y producción de cobre, a nivel local, regional y nacional. Esto está relacionado con el impacto positivo en la balanza comercial española y andaluza respecto al cobre. A su vez, el desarrollo del proyecto incidirá de forma efectiva sobre la renta y el empleo, pero de forma negativa una vez finalizada la actividad. Se consideran también los efectos sobre el sector público (en forma de aumento de los ingresos municipales) y sobre la diversificación económica, minería y metalurgia (debido al desarrollo de industrias y servicios relacionados).

**Tabla 17 Impactos sobre el medio socioeconómico del proyecto Las Cruces.**

	<i>Descripción</i>	<i>Medidas</i>	<i>Caracterización</i>	<i>Valoración del impacto residual</i>
Economía y producción	Se prevé un aumento en la tasa nacional de cobertura de cobre de 13,6% a 53,3% (con respecto a 1998), debido a las 65.000 T/año de producción prevista. Este incremento de producción minera beneficiará a otros sectores como el eléctrico, en el que se aumentará la demanda en 250 Gwh/año (aproximadamente el consumo eléctrico de la ciudad de Sevilla).	No son necesarias	Efecto positivo, significativo, directo y de gran magnitud.	Impacto compatible y positivo.
Renta	La renta engloba la producción de cobre y el incremento de la producción en distintos sectores afectados por el proyecto. Se prevé que la renta distribuida a las familias aumente a su vez la producción y demanda en bienes y servicios.	No son necesarias	Efecto positivo, significativo, directo y de gran magnitud.	Impacto compatible y positivo.
Empleo <sup>26</sup>	El empleo se ha dividido entre los diferentes niveles geográficos: local, regional y nacional. Y se ha caracterizado en base a tres tipos: directo, indirecto e inducido. Se estiman un total de 830 empleos en la fase de construcción y 1415 en la fase de producción.	No son necesarias	Efecto positivo, significativo, directo y de gran magnitud.	Impacto compatible ya que mejora la situación del empleo.
Diversificación económica y producción	La implantación del proyecto en el tejido productivo local actuará como desarrollo de otras industrias y servicios relacionados.	No son necesarias	Efecto positivo, indirecto y que se producirá a medio plazo.	Impacto compatible y positivo.
Balanza comercial	La economía española es deficitaria en cobre. El valor de las importaciones es mucho mayor que el de las exportaciones de este mineral. A nivel de la Comunidad Europea, la producción de cobre supondrá una reducción del déficit comercial de Cu de un 6,5%. El PIB regional se verá incrementado en un 0,3%.	No son necesarias	Efecto positivo, significativo, directo y de gran magnitud.	Impacto compatible y positivo.
Minería y metalurgia	La puesta en marcha del proyecto supone la necesidad de aumentar la producción de cal y de caliza. La introducción de la tecnología metalúrgica asegura la continuidad de la industria minera en Andalucía.	No son necesarias.	Efecto positivo, de alta significación y que se producirá a medio plazo.	Impacto compatible y positivo.
Sector público	La implantación de una actividad de este tipo aporta a la administración municipal ingresos en forma de impuestos sobre sociedades, impuestos sobre el valor añadido, impuestos sobre la renta, impuestos sobre actividades económicas, etc.	No son necesarias.	Efecto directo, positivo y que se producirá a corto plazo.	Impacto compatible y positivo.
Paro	En la fase de construcción, el empleo local directo se prevé en 427 trabajadores y en la fase de producción en 250. La clausura conllevará un aumento del paro.	Las medidas que contempla el plan de clausura para mitigar los efectos es potenciar la diversidad económica y el aprovechamiento de recursos y futuros usos del suelo.	Es un efecto negativo significativo y directo.	El impacto se considera compatible.

Fuente: Elaboración propia en base a FRASA Ingenieros Consultores S.L.(2000).

<sup>26</sup> Los datos sobre empleo difieren entre ellos dependiendo de la fuente.

## 5.5.2 Impactos ambientales no reflejados en el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Cobre Las Cruces.

Los datos que están reflejados en las tablas del anterior apartado provienen, como la fuente indica, del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) realizado por la empresa FRASA Ingenieros Consultores S.L.; una gestoría contratada por Cobre Las Cruces, y datan del año 2000. Están completados con informes no publicados de la empresa (Cobre Las Cruces, 2006) y con la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del proyecto minero Las Cruces (Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 2002).

Dado el carácter complejo, disperso, variable e irreversible a largo plazo que poseen los impactos ambientales (Naredo, 1996). El actual apartado refleja una serie de variables no contempladas en el EsIA que se considera que son importantes en el análisis del proyecto y suponen una reflexión a tener en cuenta en el desarrollo del proceso de toma de decisiones que supone la EIA.

De forma general, las críticas que, según varios autores (Prada, 1999; Moran 2003a; Leyva y Carrillo, 2003; Gamboa, 2005), posee el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, están reflejadas en el capítulo dedicado a la metodología de estudio.

De forma concreta se puede añadir a los impactos que, según el EsIA posee el proyecto minero sobre los recursos hídricos y el medio socioeconómico, una serie de apreciaciones que están basadas en los informes de Ecologistas en Acción (2005) y las diversas entrevistas<sup>27</sup> realizadas a los actores implicados en el caso de estudio.

El interés de este apartado radica en que, más allá de la oficialidad de los datos aportados por las distintas fuentes, se considera necesario una reflexión sobre la falta de participación que supone el proceso de creación del EsIA, y el desarrollo del propio proceso, ya que el EsIA está elaborado por una gestoría contratada por la propia empresa, y el trámite de información pública y posterior proceso para presentación de alegaciones resulta insuficiente para incluir las diferentes y necesarias perspectivas para definir los impactos que puede tener un proyecto de estas características.

En primer lugar, en referencia al proceso de EIA, Ecologistas en Acción señala que han existido modificaciones del proyecto Las Cruces después de la concesión de la DIA por parte de las autoridades y que esta organización considera sustanciales. Si estas modificaciones fuesen legalmente aceptadas como sustanciales, daría como consecuencia una reestructuración del EsIA y una nueva DIA. Las modificaciones a las que se hacen referencias son las siguientes:

- La primera modificación que destacan es el cambio de titularidad de la empresa promotora del proyecto. MK Gold, empresa promotora del proyecto en 2000, fecha en la que se publicó la DIA, vendió en 2005 el proyecto a la empresa canadiense Inmet Mining Corporation. Aunque este procedimiento es legal, ellos señalan que, añadido al hecho de que la operación puede definirse

---

<sup>27</sup> Ver Anexo

como una actuación de especulación financiera, pues la actual propietaria del proyecto asume unos compromisos ambientales y sociolaborales que no acordó con la Administración

- La segunda modificación se hizo sobre el diseño de la corta en base a informes encargados por Ecologistas en Acción al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Esta modificación a su vez afectaba al sistema de drenaje inyección, el cual se ha ido rediseñando en base a las condiciones de construcción de la nueva corta. Esta situación puede estar sujeta a gran incertidumbre para el control por parte de la Administración. Del buen funcionamiento de este sistema dependerá la cantidad y calidad del agua del acuífero Niebla-Posadas.
- La tercera modificación se refiere al cambio del trazado de la tubería de abastecimiento y vertido. El EsIA planteaba como alternativa principal que el vertido de las aguas utilizadas en el proceso minero se realizara al arroyo Garnacha. Esta opción se descartó al considerarse por parte de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (Administración encargada de la gestión del dominio público hidráulico), que el vertido no cumpliría con los parámetros fijados como objetivos de calidad de ese arroyo. La DIA planteaba las tres alternativas posibles reflejadas en el EsIA. La opción elegida fue la de derivar el vertido al río Guadalquivir. El organismo encargado de gestionar el agua del río desde la presa de Alcalá del Río hasta Sanlúcar de Barrameda es la Junta de Andalucía (Dirección General de costas) debido a que se considera dominio público marítimo terrestre. En la Ley de Aguas<sup>28</sup> viene definido los límites de cada jurisdicción basándose en el concepto del "tapón salino", que indica una diferencia entre la salinidad del agua desde la localización de dicho tapón hasta el mar, que se considera dominio público marítimo terrestre y aguas arriba del tapón, que se considera dominio público hidráulico. Los límites de vertido fijados por la Junta de Andalucía a fecha 15 de Diciembre de 2007, son más permisivos que los impuestos por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir aguas arriba de la presa citada anteriormente. Esta situación es aprovechada por numerosas actividades industriales que se sitúan aguas debajo de la presa para realizar sus vertidos en base a límites menos estrictos. Por otra parte, la decisión de verter al río a la altura del municipio de La Algaba ha creado un conflicto con el Ayuntamiento y con diversas asociaciones del pueblo, al no haberse realizado un estudio de las necesidades y expectativas de la población con respecto al proyecto minero, ya que sólo les afectará a nivel de modificación del medio hidrológico, pero no positivamente a nivel económico ni en relación con la creación de empleos.

En segundo lugar, en relación a la calidad del agua superficial, en numerosos informes (Rosemberger, et.al., 2003; Martínez y Brufao, 2006; Ecologistas en acción, 2005), se especifica la delicada situación del río Guadalquivir debido a los problemas de contaminación provocados por las empresas aceituneras, los vertidos residuales y la contaminación provocada por los agroquímicos usados en la agricultura. A esto se le une la alteración de regimenes fluviales y la desecación de humedales.

---

<sup>28</sup> Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas.

En base a esta situación, el vertido de agua tratada del proyecto minero se considera un uso más y, como tal, provocara una afección más cuyo nivel de incertidumbre y riesgo en caso de no cumplirse los límites de vertido podría suponer una afección irreversible para todas las actividades situadas río abajo del vertido:

- Una de las una toma de emergencia de la empresa encargada de la gestión de agua en Sevilla (EMASESA), concretamente la toma I, que se encuentra en el Guadalquivir aguas debajo de la localización del vertido, es utilizada para captar agua para consumo urbano de Sevilla sólo en situación de sequía (Plan General de Ordenacion Urbana de Alcalá de Guadaira, 2006).
- En el estuario del Guadalquivir se encuentran 30.000 hectáreas de arrozal que se nutren de las aguas del río.
- Las marismas del parque nacional de Doñana se nutren, entre otros ríos, del Guadalquivir.
- La calidad de las aguas en desembocadura del río, a la altura de Sanlúcar de Barrameda, esta relacionada con la actividad pesquera del Golfo de Cádiz.

En tercer lugar, el gasto eléctrico que supone el proceso hidrometalúrgico supone un incremento del consumo energético inapropiado en relación con los acuerdos internacionales de limitación de producción de energía eléctrica del protocolo de Kyoto.

El hecho de que estas perspectivas no hayan sido añadidas al estudio oficial de los impactos se puede relacionar con el tratamiento de la incertidumbre que se maneja desde los organismos oficiales; entendiéndose, según los principios de la Ciencia Posnormal (Funtowic, S., Ravetz, J., 2000, p.36), para el manejo de la alta incertidumbre en los procesos de toma de decisiones, la aplicación de la participación de la "comunidad de pares extendidos constituye una estrategia efectiva de resolución de riesgos ambientales globales".

## Capítulo 6. Conclusiones y Reflexiones finales

A continuación se presentan las conclusiones de este trabajo intentado responder al objetivo y a la pregunta de investigación planteada al inicio del mismo y que han guiado el documento. Seguidamente se proponen algunas futuras líneas de investigación que podrían desarrollarse en base a este trabajo. Para finalizar las reflexiones finales son nuevas aportaciones que no se deducen directamente del análisis anteriormente expuesto, pero se consideran necesarias para finalizar el trabajo de acuerdo a sus connotaciones a nivel político y social.

### 6.1 Conclusiones

Para plantear las principales conclusiones derivadas de este trabajo, diferenciaremos entre conclusiones relativas a la metodología utilizada, a la concepción teórica desde la que se aborda el estudio y las derivadas del estudio de caso sobre el que se ha aplicado dicha metodología. Las conclusiones de esta tesina responden a una valoración del método multicriterio en base a las ventajas que posee debido a sus fundamentos en comparación con la herramienta de Evaluación de Impacto Ambiental, y a las limitaciones que han surgido al aplicar la primera fase de esta metodología. Las conclusiones relacionadas con el marco conceptual y el estudio de caso surgen de la confirmación de que existe una Deuda Ecológica entre el estado español y la Comunidad andaluza, del análisis de los riesgos en la gestión de recursos hídricos que conlleva la actividad minera y del planteamiento de las diversas perspectivas que los actores han aportado al estudio del caso

Para valorar el método Evaluación Social Multicriterio (ESMC), en primer lugar, hay que hacer mención a sus fundamentos, pues la aportación de la ciencia posnormal en el tratamiento de la incertidumbre y complejidad aplicando transparencia y participación en la toma de decisiones es, a su vez, una forma de trabajar con los principios de inconmensurabilidad social, e inconmensurabilidad técnica. Una vez usada esta herramienta en la primera fase de su desarrollo se ha llegado a las siguientes conclusiones: en primer lugar, el método es en esencia adaptable y modificable a cambios en la medida en que se aplica. Este factor se considera importante porque, en lo que se refiere a los modelos de participación, no pueden ser construidos en la distancia, si no que deben constituir un proceso de aprendizaje desde los avances y las limitaciones del propio método en sí. En el desarrollo del trabajo de campo de dos meses de duración, las prácticas de participación han resultado un acercamiento a la realidad social y cultural de personas de varios ámbitos sociales, desde el ámbito institucional al ámbito de la población local. Uno de los límites que se considera que puede tener la utilización de estos modelos es la influencia que el dominio de los códigos de lenguaje de los entrevistados tiene para poder llegar a una aproximación más fructífera. En este caso, la relación entrevistador-entrevistado ha resultado sencilla, ya que se dominaban los códigos de lenguaje que hacen más fluida la comunicación. Así, el proceso de acercamiento a las personas que durante el trabajo de investigación formaban parte de la

muestra representativa elegida se ha realizado desde una postura humilde puesto que el investigador esta intercambiando experiencias y conocimientos sobre el tema en cuestión -esto es, el entendimiento del modelo participación como un proceso de aprendizaje-.

En segundo lugar, durante la aplicación de este método han surgido argumentos que apoyan las cuestiones planteadas en el capítulo sobre la metodología en referencia a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), como herramienta institucionalizada de toma de decisiones: ¿posee este instrumento limitaciones en lo que se refiere a la capacidad de intervención del ciudadano? Los argumentos de los actores más críticos con el proceso de toma de decisión sobre el proyecto minero reafirman esta idea, aunque la actitud generalizada de los actores relacionados con el estudio de caso es la adopción de una postura un tanto conformista que les lleva a confiar en la Administración porque creen que no pueden hacer nada para influir en la toma de decisión sobre un proyecto de este calibre. Esta postura ante los procesos decisorios es propiciada por la reducida capacidad de intervención aunque está directamente relacionada con la necesidad de la toma de responsabilidad por parte la sociedad civil.

Con relación al marco conceptual de esta tesina, se plantea por qué se pueden considerar los impactos no deseados que originan las actividades humanas en el entorno físico resultado del sistema económico convencional, proponiendo como alternativa a la valoración económica de los bienes ambientales la aplicación de los principios de la economía ecológica y la utilización de diferentes instrumentos que ayudan en la toma de decisiones. El desarrollo del trabajo ha confirmado las condiciones por las cuales la responsabilidad ambiental que posee el estado español con la Comunidad Autónoma de Andalucía por sus patrones de producción y consumo de recursos naturales -esto es, el concepto de deuda ecológica- es aplicable en este caso. Andalucía es una de las Comunidades con renta per cápita mas baja del país.; históricamente tiene una nutrida experiencia minera que no ha propiciado el desarrollo en la zona de una industria relacionada y en lo que se refiere al empleo es una de las Comunidades Autónomas con mayor representatividad de España en el sector de la minería metálica. Pero tanto la producción como el empleo en este sector han disminuido en los últimos años y, los datos muestran que la aportación que esta actividad supone al PIB de Andalucía no es significativa.

El objetivo de esta investigación ha sido intentar clarificar mediante un acercamiento a la realidad social, cultural, territorial y tecno-institucional del estudio de caso, cuáles son los riesgos que conllevaría la explotación de la mina de cobre Las Cruces sobre la gestión de recursos hídricos. Las conclusiones, pues, derivadas del estudio de caso han sido las siguientes. Durante el desarrollo de la investigación teórica del trabajo se han identificado riesgos desde el nivel técnico e institucional, surgidos a raíz del estudio desde el punto de vista del proyecto en sí y del proceso en la toma de decisión. Estos riesgos son percibidos por los agentes del caso desde su perspectiva en base a la información de la que disponían y a su interés por el proyecto. En primer lugar, el riesgo que supone para el agua subterránea la puesta en marcha y evolución en

el funcionamiento del sistema de protección drenaje-inyección del acuífero, desde la visión de la mayoría de los actores parte de un desconocimiento tanto de la situación del acuífero como del funcionamiento del sistema de protección, cuya consecuencia es la generación de cierta incertidumbre en relación al futuro del agua subterránea. Desde el punto de vista técnico, el fin de la explotación, y el consiguiente cierre de dicho sistema, es el momento más delicado para la gestión del agua subterránea desde el punto de vista de los actores mas informados sobre el proyecto.

En segundo lugar las consecuencias que para el agua superficial posee el vertido al río Guadalquivir, unido a la localización del punto de dicho vertido, es aceptado por la mayor parte de los actores pese al riesgo de afección irreversible que supondría la afectación a las aguas en cuanto a todas las actividades que se desarrollan en el río. El tema de la localización del punto de vertido ha creado el conflicto con el Ayuntamiento de La Algaba que se explica en el capítulo dedicado al estudio de caso. En cuanto al tratamiento de estos impactos ambientales, la actividad minera se considera, por parte de la Administración, como indispensable desde la lógica del sistema económico convencional, accediendo con ello a que se realice el vertido al río Guadalquivir. En este caso no se trata de argumentar si la minería como actividad es necesaria o no, si no de asumir que no es legítimo cuestionar la actividad minera sin cuestionar el consumo de cobre; pero que se trata de identificar e incidir en los riesgos a los que pueden verse sometidos el medio y la sociedad cercana a la mina para evitar posibles problemas.

Las últimas conclusiones sobre el caso de estudio surgen en torno al tema de los valores y las percepciones que sobre el proyecto tienen los diversos actores entrevistados (ver anexo); pobladores de Gerena, de La Algaba, Administración, Ong's, Universidad y empresas relacionadas y por último la empresa minera.

- Excepto los agricultores entrevistados en Gerena que poseían tierras colindantes al proyecto que aportaban la perspectiva de que la actividad económica derivada del proyecto minero afectaría a nivel económico a su calidad de vida creando inflación, en general, la población de Gerena y Salteras se declaraba a favor o indiferente al proyecto. En la postura de los habitantes de Gerena, Guillena y Salteras afectaban las condiciones que aportaba la implantación del proyecto minero en lo que se refiere a la generación de empleo y contraprestaciones económicas reflejado en el Plan Especial Intermunicipal firmado por los Ayuntamientos de estos tres municipios y la empresa. Ya que la actividad minera aumenta el empleo en la población en la que se sitúa y que a nivel sociocultural muchos de los habitantes de los municipios situados en la Franja Pirítica se consideran parte de comunidades mineras aceptando lo bueno y lo malo que trae esta actividad. Para demostrar esta afirmación en el caso que nos ocupa se realizó un estudio antropológico por un equipo de científicos de la Universidad de Sevilla a petición de la empresa minera al que no se ha tenido acceso en esta investigación pero que a nivel general se puede deducir que después del desastre ecológico de Aznalcollar, la población de los municipios cercanos estaba dispuesta a aceptar (confiando en la

gestión de la Administración), otra explotación minera debido a la pérdida de empleo que supuso el cierre de Boliden.

- Los actores provenientes de Universidades, empresas relacionadas y la población de Sevilla se posicionaron de forma positiva ante el proyecto o de forma indiferente porque no habían recibido información. Incluso los actores entrevistados dedicados a actividades económicas que en el caso de posibles problemas de contaminación de aguas se verían directamente afectados, confían en la Administración en la gestión de los impactos del proyecto.
- La postura de oposición principal al proyecto la han protagonizado los miembros de la organización Ecologistas en acción, que desde el comienzo de la actividad han desplegado argumentos ante la Administración para frenar lo que ellos consideraban como un proyecto que avala un modelo de desarrollo en desacuerdo con las condiciones del lugar. Su estrategia se ha dirigido a intentar influir en el desarrollo del proyecto desde el punto de vista jurídico-administrativo, pero no han entablado contacto con los habitantes de los municipios de Gerena, Guillena y Salteras. Sí han trabajado con los habitantes de La Algaba pertenecientes a la Plataforma contra el Vertido Tóxico cuya postura se explicará seguidamente. Por otra parte, la actitud general desde los demás actores ante estos agentes es que mediatizan los medios de comunicación y tiene una actitud de queja ante todo.
- Desde las instituciones públicas es muy valorado las duras medidas económicas en cuanto a seguro económico-ambiental y sociolaboral que se le ha impuesto a la compañía surgido a raíz del desastre ecológico de Aznalcollar y de los problemas legales que hoy en día tiene la Administración con la empresa minera Boliden. Pero desde las organizaciones ecologistas dichas medidas no son garantía suficiente sino que forman sólo una pequeña parte de las subvenciones que desde el gobierno ha recibido la actividad.
- La empresa minera ha intentado no generar malas relaciones con los habitantes de los tres municipios en donde se sitúa la explotación aportando ventajas económicas ante la imposición del proyecto minero de parte de la Administración, realizando el estudio antropológico con los habitantes de estos tres municipios y diversas reuniones con los habitantes, pero no entabló comunicación con el municipio de La Algaba hasta el comienzo del conflicto y actualmente la ha retomado. Se debe tomar en consideración que esta empresa ha estado involucrada en un desastre medioambiental severo en otra explotación minera en el cual no ha dado una respuesta satisfactoria a la población afectada.

Para finalizar este apartado de conclusiones, nos gustaría apuntar algunas líneas de investigación futuras que se podrían derivar del estudio realizado. Sería interesante finalizar el ESMC intentado encontrar criterios explícitos para alternativas en la gestión de agua de una actividad de este tipo, aportando reflexiones sobre los procesos de toma de decisiones en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

También sería interesante realizar el cálculo mediante la aplicación de herramientas de valoración del coste total de la explotación minera en cuanto a infraestructuras, energía, afectación al medio, subvenciones recibidas, coste de oportunidad en cuanto a otras actividades (agricultura, turismo). Todos estos costes no cuantificados se pueden considerar como el resultado de continuar con el ritmo de consumo actual de cobre, considerando la dificultad de dicha cuantificación debido a que los usos del cobre son diversos y están extendidos en prácticamente todos los sistemas de maquinaria, electricidad e informática.

## 6.2 Reflexiones

*"The Social Responsibility of Business is to Increase its Profits."* Friedman, M. (1970)

Nos gustaría terminar con unas reflexiones que, si bien no se derivan directamente del trabajo realizado, sí han surgido, como se ha mencionado anteriormente, tras un profundo proceso de estudio y reflexión sobre el estudio de caso y que nos parece interesante aportar para finalizar este trabajo.

Las reflexiones finales giran en torno a dos ideas principales: (a) el conflicto de La Algaba, utilizándolo como ejemplo para hacer referencia al concepto de medio ambiente que posee nuestra sociedad y (b) en base al planteamiento de las diversas perspectivas que los actores han aportado al estudio del caso presentadas en las conclusiones, un análisis de los diferentes papeles que en relación al cuidado del medio ambiente juegan los agentes implicados en esta investigación.

El estudio de los acontecimientos que conforman el caso y concretamente el análisis del conflicto generado en La Algaba, ha sido la base para determinar los elementos importantes a la hora de definir el valor del cuidado del medio ambiente que posee esta sociedad. Dos aspectos influyen en el análisis de esta cuestión: en primer lugar, partimos de que la principal reivindicación que generó la movilización de estos actores era la preocupación por la contaminación del río. Por otra parte, para los habitantes de La Algaba el río Guadalquivir no supone su medio de vida, puesto que la forma de abastecer sus necesidades básicas no surge del río. Aunque es legítimo que pueda poseer otros valores tales como cultural, social, etc.; esta sociedad no se caracteriza por valorar el medio hídrico de forma especial.

Recapitulando, en el caso de La Algaba los habitantes se movilizaron en contra de las condiciones impuestas por la mina aludiendo a razones ambientales. Pero dicha sociedad no prioriza el cuidado del medio ambiente en su forma de actuar. Estas dos ideas pueden parecer contradictorias e incluso desde un estudio superficial del caso puede parecer que existían razones económicas encubiertas. Se propone un análisis desde una perspectiva más amplia, para identificar las razones de fondo de la movilización. Cuando se estudian los acontecimientos de la historia del conflicto se deduce que en este caso el valor del cuidado del medio ambiente iba vinculado con iniciativas como la mejora de las condiciones económicas para la población por la imposición de una actividad o con el derecho a protestar ante la mala gestión del proceso de toma de decisiones desde las Administraciones públicas.

Esta clarificación de los hechos no desvirtúa el énfasis en el cuidado del medio ambiente; si se acude a intentar definir que elementos engloba el concepto de medio ambiente en nuestra sociedad. Para la población sevillana y andaluza en general, el valor del cuidado del medio ambiente desvinculado de los demás valores

no es aceptado desde la mayor parte de la sociedad, si no que debe encuadrarse integrado en el territorio y dentro de la estructura social (cómo perciben el medio ambiente las personas y qué hacen para cuidarlo).

La reflexión a la que nos lleva este planteamiento es que para entender la complejidad del caso es necesario una ampliación de la perspectiva en la que el medio ambiente es un elemento integrado en la sociedad y la potenciación del valor del cuidado del medio ambiente debe hacerse desde la lógica de que no se trata de superponer valores (el ambiental sobre el económico, en este caso) si no de darle a este valor la importancia necesaria para que en este caso concreto el pueblo Algabeño tuviera una mejora de su calidad de vida y no una disminución en base a la actividad económica que supone la minería.

A continuación, el estudio de las posturas de los diferentes agentes ante el proyecto presentada en el apartado dedicado a las conclusiones se utiliza para realizar un análisis que, mediante el planteamiento de diversas cuestiones, puede contextualizar de forma general qué postura referente al cuidado del medio ambiente juegan dichos agentes. ¿Qué objetivos tiene la empresa minera en este caso?, ¿qué objetivos tiene la Administración?, ¿cual es su papel en referencia a la sociedad civil y qué actitud adopta dicha sociedad en relación al cuidado del medio ambiente?

Sin ánimo de cerrar las respuestas a estas preguntas, nos atrevemos a afirmar que la empresa minera tiene la obligación de adoptar una política en lo que se refiere al cuidado del medio ambiente en el desarrollo de su actividad, aunque su objetivo principal sea obtener beneficio económico. La Administración tiene como objetivo obtener beneficio económico de la actividad minera pero al mismo tiempo beneficio social, para ello debe velar por el cumplimiento de la política ambiental impuesta a las empresas como obligación para con la sociedad civil.

La sociedad civil también obtiene un beneficio proveniente de la actividad, pero a su vez en base a sus valores, a sus pautas de consumo y a su educación ambiental tiene la responsabilidad de imponer a la Administración el cumplimiento de las políticas ambientales.

¿Y qué papel debe cumplir el investigador socioambiental en el análisis de este caso? El papel del científico es la recopilación de información para realizar un análisis crítico de la situación que englobe todas las perspectivas posibles en referencia al caso: la postura de la empresa, de la Administración y de la sociedad haciendo hincapié en la toma de responsabilidad imprescindible para defender el medio ambiente

## Referencias bibliográficas

- Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. (2003). *Recursos Naturales de Andalucía*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2006, en <http://www.juntadeandalucia.es>
- Aguilera, F. (2003). *Hacia una nueva economía del agua: Cuestiones fundamentales*. Boletín CF+S, 8. Recuperado el 15 de Enero de 2006, de <http://www.habitat.ag.upm.es>
- Azqueta, D. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental*. Madrid: Editorial McGraw-Hill.
- Balcells i Junyet, J. (1994). *La investigación social. Introducción a los métodos y las técnicas*. Barcelona: Escuela Superior de relaciones Publicas.
- Banco Mundial. (2000). *Informe sobre el Desarrollo Mundial 1999-2000*. Recuperado el 2 de febrero de 2006, de <http://www.bancomundial.org>
- Borja, F., López, J. A., Martín, M., Mantecón, R., Mediavilla, C., del Olmo, P., Palancar, M., Vives, R. (2001). "Marco geográfico, geológico e hidrológico regional de la cuenca del Guadiamar". *Boletín geológico y minero*, Vol. Especial, 13 – 34.
- Brundtland, G. (1988). *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza
- Caja de Badajoz (2005). *La caja ha cumplido 52 Años en Monasterio*. Recuperado el 2 de Febrero de 2007, en <http://www.cajabadajoz.es>
- Cámara minera de México. (2000). *Informe de la minería 2000*. Recuperado el 2 de Febrero de 2007, en <http://www.economia.gob.mx>
- Cobre Las Cruces (2006). *Proyecto minero Las Cruces*. Descripción de la actividad. Mimeo.
- Cobre Las Cruces (2007). *Cobre Las Cruces, la nueva industria minera de Andalucía*. Recuperado el 4 de Marzo de 2007, en <http://www.clc.es>
- Cochilco (2006). *Precio del cobre cierra semana a la baja por aumento de inventarios*. Recuperado el 20 de Agosto de 2006, en <http://www.cochilco.cl>
- Cominco Engineering Services (2004). *Proceso de Cobre / Metales Preciosos (CESL)*. Recuperado el 2 de Febrero de 2007, en <http://www.cesl.com>
- Comisiones Obreras (2004). *La minería en España II*. Recuperado el 20 de Febrero de 2007, en <http://www.minerometal.ccoo.es>
- Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Junta de Andalucía. (2004). *Estadística minera de Andalucía 2003*. Recuperado el 4 de Octubre de 2006, en <http://www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/>

- Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2002) *Declaración de Impacto Ambiental sobre el proyecto minero "Las Cruces"*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2006, en <http://www.mma.es>
- Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2004). *Informe 2005, Medio Ambiente en Andalucía*. Recuperado el 4 de Octubre de 2006, en <http://www.juntadeandalucia.es/>
- Consejo Superior del Colegio de Ingenieros de minas. (1996). *La minería en España: situación actual y sus posibilidades de desarrollo*. Madrid: Consejo Superior del Colegio de Ingenieros de minas.
- Corporación del Cobre Chileno (CODELCO) (2007). *Procesos*. Recuperado el 13 de marzo de 2007 en <http://www.codelco.cl>
- Delegación Provincial de Sevilla. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2005). Resolución de Autorización Ambiental Integrada a la planta hidrometalúrgica del proyecto minero Las Cruces. Recuperado el 1 de Diciembre de 2006 en [www.juntadeandalucia.es](http://www.juntadeandalucia.es)
- Dirección General de Industria, Energía y Minas. Junta de Andalucía. (1986). *Libro Blanco de la minería en Andalucía*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2006, en <http://www.juntadeandalucia.es/>
- Domínguez, F. J. (2007). *La gran arteria agraria*. Diario de Sevilla.
- Ecologistas en acción (2005). *Proyecto minero "Cobre las Cruces"*. Sevilla. Ecologistas en acción.
- E-INFORMA (2007). *Directorio de empresas españolas*. Consultada el 3 de Marzo de 2007, de <http://www.einforma.com>
- Ekins, P., Simon S., Deutsch L., Folke C., De Groot R. (2003) "A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability". *Ecological Economics*, 44, 165-185.
- EMASESA (2005). *Informe anual de EMASESA 2005*. Sevilla. Recuperado el 23 de Marzo de 2007 en <http://www.aquasdesevilla.com>
- Espí, J. A. (2004). "La minería española en 2003". *Industria y minería*, 356, 13-18.
- Estévez, E. (2004). *Evaluación geólogo-económica de yacimientos minerales*. Recuperado el 23 de Febrero de 2007, en <http://www.monografias.com>
- Ferrero, M. D. (2001). "Los humos de Huelva: Rentabilidad minera frente a salubridad". En Pérez J.D. (2001).
- Forest People Program, Philippine Indigenous Peoples Links, World Rainforest Program (2004). *Minando el planeta: La industria minera canadiense y su influencia mundial*. Recuperado el 23 de Marzo de 2007 en <http://www.minesandcommunities.org>
- Friedman, M. (1970). *The social responsibility of business is to increase its profits*. New York Times.

- FRASA Ingenieros Consultores S.L. (2000). *Estudio de Impacto Ambiental proyecto minero Cobre Las Cruces*. Sevilla. Cobre Las Cruces S.A.
- FRASA y aia consult (2006). *Cobre Las Cruces. Proyecto minero-hidrometalúrgico. Valoración ambiental del estado pre-operacional*. Sevilla. Cobre Las Cruces S.A.
- Friends of the Earth. (2005). *Credit where it's due. The ecological debt education project*. Recuperado el 2 de febrero de 2006, de <http://www.foei.org>
- Funtowicz, S., Ravetz, J. (2000). *La ciencia posnormal*. Barcelona: Icaria editorial.
- Gamboa, G. (2005). Social multi-criteria evaluation of different development scenarios of the Aysén region, Chile. *Ecological Economics*, 59, 157-170.
- Gouldner, A. (1979). *La crisis de la sociología occidental*. Buenos Aires: Amorrortu
- Granda, A., Segundo, F. (1983). *El cobre. Estructura del mercado internacional e importancia para América Latina y España*. Madrid: Ed. Cultura Hispánica del Instituto de Cooperación Iberoamericana.
- Granados, M. (2000). *Evaluación del Impacto Ambiental*. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide. Mimeo
- Inmet Mining Corporation (2006). *Earning releases 1st quarter report 2006*. Recuperado el 13 de Octubre de 2006 en <http://www.inmetmining.com>
- Instituto de Estadística de Andalucía (IEA) (2005). *Anuario Estadístico de Andalucía 2005*. Sevilla: Instituto de Estadística de Andalucía.
- Instituto Geominero de España. Consejería de Obras Públicas y Transportes, Consejería de Trabajo e Industria. Junta de Andalucía. (1998). *Atlas Hidrogeológico de Andalucía*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2006, en <http://www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/sigma>
- Instituto Tecnológico Geominero de España. (1999). *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. (2002). *Panorama Nacional y Mundial del Cobre 2003*. Recuperado el 13 de Octubre de 2006 en <http://www.igme.es>
- International Copper Study Group. *World Copper Consumption*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2007 en <http://www.icsg.org>
- Leyva, A., Carrillo, S. (2003). *Evaluación de Impacto Ambiental en minería. Marco teórico y análisis normativo*. Lima: Fedepaz
- Martínez Alier J., Roca, J. (2001). *Economía ecológica y política ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica

- Martinez, J., Brufao, P. (2003). *Aguas limpias, manos limpias: Corrupción e irregularidades en la gestión del agua en España*. Bilbao: Ebaqueaz. Centro de documentación de estudios por la paz.
- Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., Behrens, W. (1972). *Los límites del crecimiento*. México: FCE
- Meerganz, G. (2004) *Desalination: Meeting need or greed?*. Tesis doctoral no publicada, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.
- Meller, P. (2000). *Dilemas y debates en torno al cobre*. Santiago de Chile: Dolmen CEA.
- Moran, R. (2003a). *EIA de Tambogrande...¿Estudios técnicos o publicidad?*. Recuperado el 12 de Junio de 2002, de [http:// www.tambogrande.org.pe](http://www.tambogrande.org.pe)
- Moran, R. (2003b). *Impactos ambientales de la minería. Algunas notas sobre su coste económico*. Recuperado el 12 de Junio de 2002, de [http:// www.tambogrande.org.pe](http://www.tambogrande.org.pe)
- Moussa, N. (1999). *El desarrollo de la minería de cobre en la segunda mitad del siglo XX*. Serie recursos naturales e infraestructura (Ref. LC/L. 1282-P). Naciones Unidas. Recuperado el 3 de febrero de 2007, de <http://www.eclac.org>
- Munda, G. (2004) Social multicriteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research* 158, 662-677
- Naredo, J.M., Parra, F. (1993). *Hacia una ciencia de los recursos naturales*. Madrid: Siglo XXI.
- Naredo, J.M. (1996). *La economía en evolución*. Madrid: Siglo XXI.
- Naredo, J. M. (2006). *Raíces económicas del deterioro ecológico y social*. Madrid: Siglo XXI.
- Ortega, M. (coordinador), Bañanya, B., Batista, G., Fresnillo, I., García, F., Kuchard, T., Lago, R., Llistar, D., Puig, I., Russi, D. (2005). *La deuda ecológica española. Impactos ecológicos y sociales de la economía española en el extranjero*. Sevilla: Muñoz Moya editores y Secretariado de publicaciones de Universidad de Sevilla.
- Oyarzun, R., Higuera, P. (2007). *Minerales, metales, compuestos químicos, y seres vivos: una difícil pero inevitable convivencia*. Recuperado el 10 de Marzo de 2007, de <http://www.ucm.es>
- Pérez, J. D. (2001). *Minería y medio ambiente en perspectiva histórica*. Huelva: Servicio de publicaciones de la Universidad de Huelva.
- Plan General de Ordenación Urbana de Alcalá de Guadaíra (2006). *Memoria general: Capítulo 8. Infraestructuras y servicios urbanos básicos*. Consultada el 25 de Mayo de 2007 en <http://www.pgoualcala.com>
- Prada, A. (1999). *Normativa y metodología de una EIA*. Recuperado el 22 de Octubre de 2002, de <http://www.fundicot.org>

- Rosemberger, H., Germinal, R., Ordiguer, A., Gavaldà, M (2003). *Agua, mercancía o bien común*. Barcelona: Alikornio ediciones.
- Sampat, P. (2003). "Renunciando a la dependencia minera". En World Watch Institute (2003).
- Sánchez, A. (2001). Minería y medio ambiente en la historia económica andaluza. Algunos criterios para su análisis. En J.D. Pérez (2001).
- Sarmiento, A. M., Olías, M., Nieto, J. M., Cánovas, C. R., Galván, L. (2007). La degradación de la cuenca del río Odiel (Huelva, España) por drenaje ácido de mina. En Universidad de Algarve (Ed.), V Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua. Cuencas Compartidas. Claves para la Gestión Sostenible de Agua y del territorio. Algarve: Universidad de Algarve (Portugal).
- Shiva, V. (2004). *Las guerras del agua*. Barcelona: Icaria editorial.
- Tàbara, J. (2005). *Los paradigmas culturalista, cualitativo y participativo en la nuevas líneas de investigación integrada del medio ambiente y la sostenibilidad*. Barcelona: UAB.
- Torres, F. (2003). *Minería metálica bajo El Niño en Piura: Injustificado riesgo para su vida y desarrollo*. Piura, Perú: CEPESER.
- Velázquez, E. (2005). *¿Hay otra forma de entender la economía? Una mirada desde la economía ecológica*. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide.
- Villalva, A. (2006). *La evaluación de impacto ambiental (EIA) y el estudio de impacto ambiental (EsIA)*. Valencia: Universidad de Valencia.
- World Watch Institute (2003). *La situación del mundo 2003*. Barcelona: World Watch Institute.

## **Normativa**

- Constitución Española de 27 de Diciembre de 1978. BOE 311 de 29 de Diciembre de 1978.
- Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de Junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. Diario Oficial nº L175 de 0507/1985 P. 0040 – 0048.
- Ley 54/ 80, de 5 de Noviembre de 1980, de Modificación Parcial de La Ley de Minas de 1973. BOE 280 – 25462 (1980).
- Ley 7/1985, de 2 de Abril, reguladora de las bases de Régimen Local. BOE 80 – 05392 (1985).
- Ley Orgánica 2/2007, de 19 de Marzo, de Reforma del Estatuto de Autonomía para Andalucía. BOE 68 – 11807 (2007).
- Ley 6/1977, de 4 de Enero de 1977, de Fomento de la Minería. BOE 7 de 8 de Enero de 1977.

Ley 7/94, de 18 de Mayo, de Protección Ambiental de Andalucía. BOJA 79 de 31 de Mayo de 1994.

Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental. BOE 111 de 9 de Mayo de 2001.

Ley 22/1973, de 21 de Julio, de Minas. BOE 176 – 010815 (1973).

Real Decreto 4164/1982, de 29 de Diciembre, sobre traspaso de funciones y servicios de la administración del Estado a la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de Industria, Energía y Minas. BOE 62 de 14 de Marzo de 1982.

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas. BOE 176 de 24 de Julio de 2001.

Real Decreto 2857/1978, de 25 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería. BOE 295 de 11 de Diciembre de 1978.

Real Decreto Legislativo de 28 de Junio de 1986 por el que se adapta el Título VIII de la Ley de Minas al Ordenamiento Comunitario. BOE 155 de 30 de Junio de 1986.

Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales. BOE 59 – 10286 (2004).

Resolución de 9 de octubre de 2003, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se formula declaración de impacto ambiental sobre el proyecto de ejecución de la línea eléctrica a 220 kv, de interconexión entre la línea Guillena-Santiponce y la subestación de Las Cruces (provincia de Sevilla), promovido por Cobre Las Cruces, S.A. BOE 263 – 20249 (2003)