

UN PATRIMONIO MUNDIAL: LA CIUDAD MINERA DE POTOSÍ (BOLIVIA)

Carlos Serrano

Casilla 115, Potosí, Bolivia.
carlos_sarah12@yahoo.com

RESUMEN

En la presente contribución queremos destacar las normas que regulan, a nivel internacional y nacional, el patrimonio tangible; y nos concretaremos a lo industrial. En el caso de Potosí, nos referimos al laboreo o explotación desarrollada en las entrañas del Cerro de Potosí, a su beneficio o procesamiento y a su fundición, en plantas ubicadas en la Ribera o fuera de ella. Muy interesante fue la construcción del sistema hidráulico, cuyas aguas fueron y son empujadas para los diversos procesos de enriquecimiento de las menas. Para terminar, comentaremos sobre los esfuerzos o algunas medidas puestas en práctica, para preservar el área patrimonial industrial.

PALABRAS CLAVE: Patrimonio tangible, regulaciones, actividad minera (minería-tratamiento-fundición-empresas), medidas de protección, Bolivia.

ABSTRACT

In the present paper we want to point out the norms that regulate, both at the international and local levels, the tangible heritage and restricted to the industrial one. As far the case of Potosi is concerned, we refer to the activity that was carried out and it is still carried out at the heritage area, that is to say working or exploitation developed in the heart of the Cerro de Potosí, its ore dressing and melting in the mills that are located at the Ribera or out of it. It was very interesting the building of the hydraulic system, the water that was and it is still used for the various processes to enrich the ores. The efforts or some measures that are being practiced to preserve the industrial heritage area are also commented.

KEY WORDS: Tangible heritage, regulations, mining activity (mining-ore dressing-melting-company), protection measures, Bolivia.

ANTECEDENTES

La “Convención Concerniente a la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural”, surgió de la Conferencia General de la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), efectuada en París, el 16 de noviembre de 1972, a la que se han y siguen adheriéndose muchos países del orbe. Su principal tarea consiste, en: definir ese patrimonio y confeccionar el respectivo listado de monumentos y sitios ubicados en esos países, cuyo interés es considerado excepcional y de valor universal. Por lo tanto, su protección debe interesar a toda la humanidad, y la Convención debe fomentar la solidaridad de las naciones y de los individuos, para contribuir a su resguardo.

Para la UNESCO, lo natural y lo cultural no deberían ser conceptos antagónicos, sino complementarios; “la identidad cultural de los pueblos se ha forjado en el medio en el que viven y, a menudo, las obras humanas más hermosas obtienen una parte de su belleza del

lugar en que se encuentran instaladas” (Patrimonio 1991). Eso sí, los bienes culturales y naturales están amenazados por toda clase de degradaciones. Entonces, la Convención reconoce un patrimonio mundial, común para toda la humanidad, y lo incluye en la Lista del Patrimonio Mundial.

A su vez, los países firmantes de la Convención se comprometen a preservar los bienes reconocidos, por poseer éstos un valor universal. Asimismo, tratan de presentar a los ojos de la humanidad lo más bello o sobresaliente que poseen, y de garantizar que permanecerán intactos para las venideras generaciones. Lo anterior, conlleva a que puedan recibir asistencia; ya que, este mecanismo de cooperación internacional está destinado a la protección del Patrimonio Mundial, del cual se ha derivado el Comité del Patrimonio, conformado por expertos de veintiun países elegidos entre los signatarios de la Convención. Cada año se reúne este organismo, para definir el Patrimonio; o sea, para seleccionar los bienes que fomarían parte de él. Cooperará en esta

tarea: el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) y la Alianza Mundial para la Naturaleza (UICN), que son los organismos encargados de revisar las peticiones de los Estados y emitir el respectivo dictamen. Además, administran los fondos y acuerdan las ayudas técnico-financieras para los países peticionarios.

El Comité del Patrimonio, es el que decide la inscripción de los bienes en la Lista del Patrimonio Mundial,¹ a solicitud de los Estados firmantes de la Convención. Obviamente, elaborar el listado de bienes constituye un verdadero reto: “¿cómo juzgar, en efecto, que tal bien más que tal otro debe formar parte del Patrimonio Mundial?” o “¿qué es lo que constituye el valor universal y excepcional de un bien cultural o natural?” (Patrimonio 1991).

También, es la Convención Conserniente a la Protección del Patrimonio Mundial, quien “define qué tipo de monumentos, conjuntos y lugares pueden ser considerados como patrimonio cultural, qué formaciones físicas y geológicas, qué hábitats para la fauna y la flora y qué paisajes naturales pueden ser tenidos en cuenta como patrimonio natural” (Patrimonio 1991). Ello no incluye las obras de arte expuestas en un museo o si tal especie animal se encuentra amenazada de extinguirse.

Por su parte, el Comité del Patrimonio Mundial precisa con detalles, los criterios que se deben aplicar para establecer la Lista (Patrimonio 1991):

- a) “Un bien cultural tiene, por ejemplo, que ser auténtico y haber ejercido una gran influencia, o aportar un testimonio único, o estar asociado a ideas o creencias universales, o constituir todavía un eminente ejemplo de hábitat humano tradicional representativo de una cultura”.
- b) “Un bien natural debe constituir un ejemplo de un estadio de la evolución terrestre, o ser representativo de la evolución biológica, o albergar hábitats naturales de especies amenazadas, o presentar una belleza excepcional, una visión espectacular, grandes concentraciones de animales”.

El Comité aplica severamente estos criterios, para evitar que la Lista sea muy larga y tampoco sea un simple inventario de lugares, que los distintos países postulan. Si un bien puede encontrarse amenazado de un peligro grave y concreto, entonces puede ser incluido en una lista complementaria: la Lista del Patrimonio Mundial en Peligro, lo que le permite beneficiarse de medidas de urgencia (World 2001).

El caso de Bolivia

Cabe recordar que Bolivia es miembro de la Convención del Patrimonio Mundial, desde el 4 de octubre de

1976. Próximamente se celebrarán veintidos años del primer patrimonio que el Estado boliviano inscribió en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO: la Ciudad Minera de Potosí.

A la fecha son sólo seis los Patrimonios de la Humanidad en territorio boliviano, a saber: 1987, Ciudad de Potosí; 1990, Misiones Jesuíticas de Chiquitos; 1991, Ciudad de Sucre; 1998, Fuerte de Samaipata; y, 2000, Tiwanaku y el Parque Nacional Noel Kempff Mercado.

De los lugares bolivianos nombrados, sólo el Parque Noel Kempff Mercado es un bien natural; el resto, incluyendo Potosí, son bienes culturales; y no existe ningún bien boliviano que tenga las características de ambos, o sea bien cultural-natural. Además de esas tres categorías, la UNESCO reconocía más subcategorías, por ejemplo: Potosí, figuraba en la de Patrimonio Industrial y en Ciudades Históricas; Sucre, también en Ciudades Históricas; y el Parque Kempff, además, en la subcategoría de Selvas Forestales (Serrano 2003: 3). En los últimos años, estas subcategorías ya no figuran en el portal de la UNESCO.

Por otro lado, para el gobierno boliviano, *el patrimonio nacional comprende el patrimonio natural, cultural e histórico. Éste debe ser conservado y legado a las generaciones venideras. Si es destruido habrá desaparecido para siempre*. A su vez, *“el patrimonio histórico está representado por los lugares donde se realizaron gestas resaltantes de los seres humanos o los restos de su actividad en el pasado*”. También puede comprender *“lugares especiales donde se realizaron gestas importantes en el devenir histórico de un país”* (Servicio 2007).

A su vez, *“el patrimonio cultural es el conjunto de las expresiones artísticas, idiomas, conocimientos y tecnologías de un determinado grupo humano o de una nación*”. Podemos también definirlo, como: *“el conjunto de bienes muebles e inmuebles materiales, de propiedad de particulares, de instituciones y organismos públicos o semipúblicos, de la Iglesia y de la Nación, que tengan un valor excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte y de la ciencia, de la cultura en suma, y que por lo tanto son dignos de ser conservados por las naciones y pueblos*”. El conjunto de bienes culturales tangibles e intangibles *“abarca zonas, monumentos, sitios paleontológicos, arqueológicos e históricos, obras de arte, así como de costumbres, conocimientos, sistemas de significados, habilidades y formas de expresión simbólica*”. Por patrimonio natural se debe entender, el conjunto de: *“plantas, animales, paisajes, ecosistemas, biomas, formaciones vegetales y recursos genéticos*”, constituyéndose para sus habitantes en una herencia común (Servicio, 2007).

¹ A julio de 2008, existían ya 851 sitios reconocidos en la lista. A saber: 660 culturales, 166 naturales y 25 con carácter mixto o cultural-natural. En abril de 2009, ya 878 sitios patrimoniales eran los reconocidos; de éstos, 679 son culturales, 174 naturales y se mantiene el número de los mixtos en 25. A julio de 2008, existían ya 851 sitios reconocidos en la lista. A saber: 660 culturales, 166 naturales y 25 con carácter mixto o cultural-natural. En abril de 2009, ya 878 sitios patrimoniales eran los reconocidos; de éstos, 679 son culturales, 174 naturales y se mantiene el número de los mixtos en 25.

Hasta enero de 1991, los Estados componentes de la Convención fueron 116 (Patrimonio 1991); y en enero de 2001, sumaban 162 (World 2001).

Finalmente, *“bienes son aquellos valores económicos que unas veces se expresan materialmente, corporalmente y otras veces se expresan en derechos que recaen sobre los bienes (...). Entonces son bienes o cosas todos aquellos elementos que existen en la naturaleza o que han sido creados por el hombre, en la medida que pueden satisfacer sus necesidades, sean corporales o incorpóreas y susceptibles de tener un valor económico”* (Servicio, 2007).

La Ley 2028, dispone que los bienes de dominio público son de uso irrestricto por parte de la comunidad (calles, puentes, carreteras, bosques, etc.). También, los bienes patrimoniales arqueológicos, precolombinos, coloniales y republicanos, sin interesar su carácter propietario (ya sea privado, público o de la iglesia); basta que ellos estén ubicados en una jurisdicción municipal para que se encuentren bajo la protección del Estado, y se entiende que son bienes que pertenecen a todos.

La conservación de bienes del Estado, se encuentra normado en el Decreto Supremo 29190, que regula: el mantenimiento, cuidado, reparación, guarda y custodia que se deben tener con estos bienes. Y respecto a los bienes que pertenecen al Patrimonio Nacional: *“se deberían implementar medidas más agresivas y efectivas sobre la conservación de estos bienes”* (Servicio, 2007).

El caso de Potosí

Ciertamente, Potosí ha sido inscrito en la lista de bienes del Patrimonio Mundial establecida por la Convención de 1972, cuyo objetivo es preservar y poner en valor bienes naturales y culturales que por sus extraordinarias cualidades se les ha reconocido su valor universal. Ya hemos mencionado, que existen sitios reconocidos como culturales, naturales y culturales-naturales a la vez. La solicitud boliviana sólo señaló el valor cultural de Potosí. Sin embargo, se puede introducir una solicitud de ampliación de la inscripción para incluir el entorno natural, teniendo presente las obligaciones que tal hecho conlleva en cuanto a la política de preservación (Serrano 2003: 3).

Un sitio propuesto debía enmarcarse por lo menos en un criterio de entre los seis establecidos, además de reunir requisitos de autenticidad. Los criterios culturales señalados para Potosí, fueron el II, IV y VI.² A la fecha ha cambiado un poco la redacción de los seis criterios.

Criterio II. Indica que el bien propuesto ha ejercido una influencia considerable durante un período o en un área cultural determinada: en el desarrollo de la arquitectura, de las artes monumentales o de la organización del espacio.

Criterio IV. Señala que el bien constituye un ejemplo eminente de un tipo de construcción o de un conjunto

arquitectónico, ilustrando un período histórico significativo.

Criterio VI. Destaca la influencia ejercida por el bien, en: acontecimientos, ideas o creencias con valor universal (este criterio, solo, no justifica, salvo un caso extraordinario, la inscripción de un bien en la Lista).

Dicho lo anterior, tratemos de correlacionar los criterios adoptados para la nominación de Potosí, con la actividad minera desarrollada en el área patrimonial.

El bien propuesto, donde se enmarca el Cerro de Potosí y la Ribera, efectivamente han ejercido una influencia, no sólo local y regional sino también de carácter mundial, debido a la explotación-tratamiento-fundición en los períodos colonial (con la plata) y republicano (con la plata, estaño, zinc, etc.).

Además, en un área cultural determinada: la industria minero-metalúrgica, que tiene influencia en lo habitacional, en la salubridad y en el de ocio o recreación de sus habitantes. En el desarrollo de la arquitectura (baste citar: la Casa de la Moneda, su Ribera industrial, sus lagunas, sus conventos, templos, iglesias de naturales y otras obras civiles); de las artes monumentales y de la organización del espacio (un gran poblado surgido por la migración y que vivían a elevada altura).

El caso potosino es un buen ejemplo en lo intercultural, ya que en el mismo Cerro, Ribera y Villa se desarrolló la vida en todas sus facetas; el mestizaje surgido de la presencia de los europeos, mayoritariamente españoles, y los naturales llegados de varias provincias; cada grupo con sus costumbres y tradiciones propias. Digno de remarcar es la supervivencia de la lengua quechua y la españolización de varias de sus palabras afines a la minería.

A un pedido escrito, el Embajador (delegado permanente) de Bolivia ante la UNESCO, señalaba: *“En respuesta a su nota de 5 de agosto [de 1991], me es grato adjuntar a la presente un plano [fotocopia] del perimetro de Potosí inscrito en la lista del Patrimonio Mundial Cultural el cual abarca el Cerro Rico de Potosí”*.

Huelga decir, que la ciudad de Potosí es realmente muy privilegiada en cuanto al área patrimonial, ya que comprende: El Cerro Rico, tres lagunas (San Ildefonso, San Pablo y San Sebastián), toda la Ribera de Ingenios de la Vera Cruz y gran parte del centro histórico (barrios de *mitayo-minga* y españoles).

LA ACTIVIDAD MINERA

Repasemos en lo que sigue, qué ha sucedido y sucede actualmente en el área declarada patrimonial; dando mucho énfasis al Cerro de Potosí y a la Ribera de la Vera Cruz.

Las tres principales etapas de la historia minera de Potosí abarcan del siglo XVI al XXI.

² Criterios contenidos en una carta del embajador Salvador Romero Pittari, del 24 de julio de 1991.

a) Explotación de la plata (De 1544 hasta 1825, toda la Colonia) (De 1825 hasta 1885, en la República)

Se caracteriza por el monopolio que ejerce la Corona en todos los rubros de la actividad minera. En un principio la fundición estaba a cargo de los naturales. Algunas minas podían ser registradas por los indígenas; pero entre los beneficiadores o azogueros no figuran ellos.

En la República, surgen los intereses ingleses. Podemos mencionar a la empresa: 'Potosí, La Paz and Peruvian Mining Association', que quiso revivir el proyecto del Real Socavón, en 1825; o aquella otra con capitales chilenos, la: 'Chilena and Peruvian Company' (1825).

La inyección de capitales foráneos a través de intermediarios argentinos: es el caso de Dámaso de Uriburu, que era agente de la 'Sociedad Inglesa' y se dedicó a comprar minas de plata no sólo en la ciudad, sino en otros centros mineros (esto aconteció entre 1825-27).

Azogueros, como los tres hermanos Ortiz, oriundos de Salta/Argentina, quienes desarrollaron una tecnología para el "repasado" en la amalgamación (1836), y así poder contrarrestar la falta de mano de obra en Potosí. El presidente, Andrés de Santa Cruz, les concedió una patente, en 1836. Surgió asimismo una nueva elite nacional de industriales mineros dedicados a la explotación-procesamiento del argento. Podemos citar entre ellos a: Inocente Agustín Tellez y Calixto Yáñez (ambos, mejorando equipos de repasado).

Otras empresas, fueron: la 'Sociedad Bolívar' (1840); la 'Compañía del Real Socavón' (1854), donde José Avelino Aramayo quiso revivir el proyecto de la Colonia; 'La Riva y Compañía' (1857), conformada por los mineros La Riva, Basabe y Hernández. Estas dos últimas sociedades quisieron asociarse para buscar un inversor extranjero, sin éxito. La 'Sociedad Guillermo Schmidt' (1881), conocida productora de rosicler; 'The Royal Silver Mines of Potosi Bolivia Limited' (1882), de la que figuran como socios: J.H. Teare, Pedro H. Vargas, Félix Avelino Aramayo, Modesto Omiste, Guillermo Schmidt, Demetrio Calvimonte y otros (con el propósito de desarrollar, también, el Real Socavón).

b) Explotación del estaño (De 1885 hasta 1985)

El ingeniero galo Luis Soux, puede ser considerado el promotor del cambio para pasar de la actividad minera argentífera a la estañífera; puesto que hacia 1885, en la planta Velarde estaba fundiendo estaño, junto a su socio Dupleich. Más tarde, otros industriales instalaron fundiciones en pleno centro de la ciudad y se suscitó un gran reclamo de la población por la emanación de gases contaminantes que emanaban de dichas instalaciones.

En diferentes empresas participó Soux, como socio: 'Dupleich y Compañía de Oruro' (1894-96), 'Dupleich-Soux y Cía.' (1896-1900), 'Empresa Minera Luis Soux' (1901-02 y 1912-20), 'Sociedad Soux-Hernández' (1902-1912); la principal, la 'Compañía Minera de Potosí S.A.' (1920-1929) y, finalmente, la 'Compañía Minera Unificada del Cerro de Potosí' (1930-1952) (Serrano 1998c: 8-9).

Muchas empresas nacionales y extranjeras se dedicaron al estaño, a principios del siglo XX. Debemos mencionar a: 'Real Socavón de Potosí', 'Empresa Soux-Hernández', 'Bebin Hermanos', 'Casa Meting', 'Empresa Collahuasi', 'Casa Eduardo la Iglesia', 'Casa Cosme Alurralde', 'Vladislavic & Cía.'; y los industriales: Tomás Elío, Primitivo Calvimonte, Matías Mendieta, Román López y los hermanos Villagómez.

En un informe de 1922, aparecen: la 'Compañía Minera de Potosí', 'Bebin Hermanos', 'The Anglo Bolivian Mines Syndicated Ltd.'; y los empresarios: Primitivo Calvimonte, César Zamora, Zenón Benavides y Eduardo la Iglesia (Morales 1922: 3-8).

El judío-alemán, Mauricio Hochschild, se hizo del total de la 'Compañía Minera de Potosí S.A.' y conformó la 'Compañía Minera Unificada del Cerro de Potosí', cuyos bienes pasaron a poder de la 'Corporación Minera de Bolivia', después de la Nacionalización de las Minas, en octubre de 1952, hasta 1985; año del colapso de la bolsa de metales y de la minería del estaño. Las operaciones mineras en el Cerro eran simultáneamente efectuadas por la 'Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí', 'Banco Minero de Bolivia', mineros chicos y cooperativistas.

c) Explotación de sulfuros de Zn-Ag-Pb (De 1985 al presente)

Sólo en 1985, las exportaciones bolivianas no dependieron de las materias primas minerales. Muchas veces se elevaron presagiando el fin de la minería y de la explotación en el Cerro de Potosí. Sin embargo, los cooperativistas empezaron a explotar menas sulfurosas complejas de zinc-plata-plomo, amparados en los decretos privatizadores o contratos de riesgo compartido; una vez que la 'Corporación Minera de Bolivia' delegó las tareas mineras a terceros. También, se empezó a obtener plata metálica, a través de la 'Compañía Minera Concepción' y la propia COMIBOL, operando instalaciones de cianuración en pilas (ambas fuera de la ciudad; eso sí, con minerales de desmontes almacenados en el Cerro).

La plata en la Colonia

La fundición

Para nadie es desconocido el hecho que, en los primeros años, los españoles dependieron en alto grado de las técnicas indígenas para fundir las menas argentíferas de alta ley; entre las que sobresalían los hornos a viento o *wayra*, y para la refinación se emplearon los *tocochimpo*.

En esos primeros años, los conquistadores confiaron las labores de fundición y refinación a los peritos nativos (los *yanacóna*). Años más tarde estuvieron presentes algunas tecnologías traídas de Europa. Entonces, los conocimientos lugareños dieron paso a la "modernidad" representada por el horno castellano y de reverbero.

Por razones atribuibles a las menas (composición mineralógica, grado de entrecrecimiento de los minerales, ley o contenido de valor, etc.), se hizo inviable el tratamiento directo mediante hornos de fundición.

Cuando en Potosí y otros lugares de Charcas se introdujo, en 1573, la amalgamación, la fundición no desapareció definitivamente; ya que de las pellas (plata con mercurio y algunas impurezas) se obtenían las piñas, que igual tenían que pasar por etapas de fundición y refinación ejecutadas también por las mujeres.

Queremos hacer hincapié en el hecho: que la fundición en Potosí, quedó como proceso auxiliar; en cambio, en Halsbrücke/Sajonia, se empleaba con mayor ventaja al proceso de amalgamación en barriles. Allí, se desarrollaron otros tipos de hornos; y aquí, nos quedamos con los pocos tipos de hornos tradicionales, hasta muy entrada la República.

El laboreo de las minas

El virrey Francisco de Toledo se preocupó indirectamente de la conservación de la estructura de la cumbre del Cerro, al disponer no se ejecuten más trabajos a tajo abierto y se los reemplacen por labores formales subterráneas.

Los trabajos de laboreo de las minas, se efectuaron con pocas modificaciones o innovaciones tecnológicas a las empleadas por los naturales. Algunas mejoras en la Colonia se dieron en (Serrano 1998b, V: 139):

- a) El arranque.- En un principio se lo realizó con barretas y a golpe de combos. Al parecer, en Potosí la pólvora fue introducida recién en la segunda mitad del siglo XVII.
- b) El método de laboreo.- O cómo trabajar las vetas, siguiendo su recorrido: si encontraban una bolsonea o clavo se extraía toda la mena y se dejaba el hueco (saloneo) o lo rellenaban con material caja. Se construyeron: socavones o bocaminas, galerías, pozos o cuadros, rampas, lumbreras y recortes. El padre Ocaña (1969: 186), al respecto, afirma que las galerías iban culebreando unas por aquí y otras por allá o se encontraban unas con otras, y se podía salir por donde uno quería; eran tan estrechas y profundas que faltaba el aire para su ventilación y para que ardan las velas.
- c) El transporte.- Se lo efectuaba empleando bolsones o zurrones de cuero. Las menas eran bajadas de las cancha minas a los ingenios empleando recuas de llamas y más tarde con mulos.
- d) La fortificación.- Entre los materiales empleados para fortificar las labores, se tiene: la piedra y la madera dura, como el soto (en realidad, los restos de almadanetas en desuso, de los ingenios de amalgamación).
- e) La ventilación.- Se construyeron lumbreras para ventilar los socavones y se emplearon formas eficientes de ventilación natural.
- f) Desagüe.- Se desaguaron las minas construyendo socavones situados en lugares debajo de los frentes de trabajo. También se hizo el intento de emplear

bombas muy rústicas o máquinas primitivas.

- g) Iluminación.- Durante el coloniaje se emplearon las velas o candelas, que tenían que costearse los *mitayo* y *minga*. Para la extracción, se amarraban una vela en un dedo.
- h) La seguridad.- La seguridad industrial estuvo regida por normas, y los alcaldes veedores se ocupaban de esa tarea. Ellos prohibían los trabajos o labores mineras en lugares que presentaban mucho peligro.

El procesamiento de las menas

El desarrollo de la amalgamación, desde su concepción inicial por los romanos, pasando por su ego alquimista y de poca importancia, hasta la aplicación industrial que el sevillano Bartolomé de Medina (proceso del patio) le supo dar, y su posterior modificación tanto en Nueva España, Potosí (proceso de cajones) y Europa, consistente en: introducción o aplicación del calor, empleo de magistrales o reductores, mejoramiento del equipo (como ser: la trituradora de pisones, la máquina de barriles, etc.).

La transferencia no se puede atribuir a una sola corriente de pensamiento o a algún centro minero en particular. Lo cierto es que el intercambio de tecnología se llevó a cabo y, para satisfacción nuestra, hubo un gran aporte de Potosí a la metalurgia mundial de la plata; no despreciable, con relación a lo que en otros lugares o centros mineros también lo hicieron.

En Potosí y posiblemente en otros centros, el método pasó por las siguientes etapas (Serrano, 1994: 417):

- a) Aplicación del proceso de Medina, tal cual fue desarrollado en Nueva España, variando únicamente el lugar donde se lo hacía (método de cajones), para los minerales de la zona de oxidación del yacimiento. La operación consistía en mezclar la mena molida, con agua; a la que se agregaba mucha sal y luego el mercurio.
- b) Procesos evolutivos propios potosinos, que se usaron sólo por algún tiempo, pero que no dejan de ser interesantes; por ejemplo, la aplicación del calor. Esto vale también para México; en Potosí, el uso del calor se descartó por el alto costo del combustible y se lo denominó amalgamación en buitrones.
- c) Aplicación de magistrales; es decir, de ciertos materiales adicionales. Se los probó entre 1580 hasta 1596, consistentes en la aplicación de metales, como: el hierro, cobre, estaño y plomo. Son reductores fuertes del ion plata a plata metálica.
- d) Aplicación del magistral sulfato de cobre. El ion cobre permite la transformación de minerales de plata en cloruro de plata.
- e) Inventos posteriores como el método de cazo y cocimiento, basado en el empleo de cobre metálico en caliente, como reductor. La introducción de la tostación para tratar los minerales complejos o negrillos, ya figura en una carta de 1597, empleándose diversos tipos de hornos. Posiblemente hasta el siglo XIX, no se usó la tostación clorurante.

La plata y el estaño en la República

La explotación de las menas

Lamentablemente, desde el punto de vista tecnológico, la explotación o el laboreo minero en las minas de plata del Cerro, no sufrió modificación alguna.

a) El arranque.- Para esta tarea, incluso actualmente se sigue empleando las barretas. La pólvora se siguió utilizando hasta muy entrada la República. En el siglo XX y al presente, la 'Compañía Minera Unificada del Cerro de Potosí', la 'Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí', el 'Banco Minero de Bolivia', mineros chicos y los cooperativistas emplearon la dinamita para las labores de voladura. No olvidemos que Luis Soux montó una fábrica de dinamita, la: 'Compañía de Explosivos Dragón', en 1925 (Serrano, 1998c: 9-10). En el pasado siglo, la 'Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí' introdujo el uso de dinamita mezclada con Anfo (nitrate de amonio y fuel-oil) de aplicación hasta nuestros días.

Aramayo y Soux (a principios del siglo XX), fueron los primeros que introdujeron modernos métodos de perforación, con ayuda de perforadoras eléctricas; tecnología ésta que también emplearon Mauricio Hochschild (desde 1937, con perforadoras layner y telescopio) (Serrano, 1998c: 10); la 'Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí', algunos mineros chicos y cooperativistas con perforadoras neumáticas o de aire comprimido (chicharras, layner y telescopio).

b) Métodos de explotación.- Se continuó y continúa con métodos de explotación de rapiña (*k'ajcheo*, *pirquin*, *palleo*, entre otros). Se trata de trabajos nada planificados.

A principios del siglo XX, se aplicó el método de corte y relleno, rajo al piso y de rajo suspensión. La 'Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí' quiso aplicar el método de hundimiento de bloques (block-caving) y no faltó alguien que propuso volver a trabajar a cielo abierto (open pit).

c) El transporte.- Se empezó a usar rieles de madera para sacar los minerales en pequeños vagones fabricados del mismo material, empujados por los obreros o jalados por mulos. En los primeros años de la década de 1900, Soux, en la boca del cuadro López (mina Caracoles) instaló un torno con dos baldes para extraer los minerales, con vaciado automático y accionado por un motor de petróleo. En 1922, la mina Pailaviri contaba con ochocientos metros de línea decauville, para el transporte con carros (Serrano, 1998c: 9).

En la época de la minería nacionalizada, en Pailaviri, Caracoles y otras minas se emplearon las manchas o locomotoras eléctricas que arrastraban muchos vagones, de hasta una y media tonelada de capacidad cada uno y con accionamiento de vaciado lateral. También, para la extracción de las menas de los niveles inferiores se profundizó el cuadro central; su diseño estuvo a cargo de Soux (los cinco primeros niveles llevan nombres de sus familiares y amigos: 1 Don

Tomás, en honor al Ing. Tomás Robson; 2 Juanita, su nieta; 3 Catalina, su hija; 4 Adela, otra de sus herederas; y, 5 Julia, su hija) (Serrano, 1998c: 10). Muchos cooperativistas y mineros chicos realizaron el transporte a mano; o sea, empujando un carro metálico sobre rieles o empleando carretillas.

También, fue Soux quien implantó el transporte mediante andarivel, entre Caracoles-Pailaviri-Velarde (1904 y que tuvo un costo de 121 000 Bs. bajo el mando del Ing. Brooks) (Serrano, 1998c: 9). Modalidad que igualmente usufructuaron Hochschild y la 'Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí'. Los cooperativistas y mineros chicos vendían y venden actualmente sus menas en la bocamina o canchamina a comercializadores, y éstos se ocupaban y ocupan de trasladarlas a las plantas de procesamiento de la Ribera (primero gravimétricos y luego reconvertidas de flotación), empleando volquetas.

En Pailaviri, se construyeron dos cuadros o pozos más: el cuadro Keller (aprovechando un rajo inclinado vacío y que después colapsó y está fuera de uso) y el cuadro Bolívar dotado de un güinche moderno.

e) La ventilación.- Recién en el siglo XX, en la 'Compañía Minera Unificada del Cerro de Potosí' y en la 'Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí', se implantaron circuitos de ventilación forzada; ya que con ayuda de compresores se inyectaba aire, después de la voladura o arranque en los frentes de trabajo y rajos. Hacia 1970, se construyó un socavón de ventilación (encima del Real Socavón y por debajo del socavón Pailaviri).

f) Desagüe.- Ya no se construyeron socavones para el efecto. La 'Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí' bombeaba las aguas ácidas hasta el Real Socavón, y desde ahí eran evacuadas al río Sucu Mayu, afluyente del río de la Ribera. Desde 1985, que dejó de operar la entidad estatal, no se bombea; y al presente, los niveles más profundos de la mina Pailaviri (por el cuadro Central), se hallan anegados.

g) Iluminación.- En las primeras décadas de la República se siguió usando lamparines de grasa y velas. Más tarde se impusieron las lámparas de carburo, cuyo uso actualmente se mantiene pero en pequeña escala; ya que los trabajadores estatales, los cooperativistas y otros, las han reemplazado por lámparas a batería (que requieren cargado).

Luis Soux, por 1910, tenía iluminado con focos de veinte bujías el callejón principal de la mina Pailaviri, hasta el tope (Serrano, 1998c: 9).

h) La seguridad.- En la República y hasta principios del siglo XX, fueron los inspectores de seguridad o policías, dependientes de la prefectura, los que se ocuparon de vigilar el estado de las labores y denegar el trabajo en aquellas que no presentaban condiciones mínimas de seguridad. Para la época de la empresa estatal, existía una dependencia o la Oficina de Seguridad Industrial, y a la entrada del socavón Pailaviri se construyó una posta sanitaria para primeros auxilios. Los obreros recibían, a parte del material de trabajo (botas, casco, ropa para el agua, etc.), cursos

de higiene y seguridad impartidos por expertos en la rama.

El procesamiento

Respecto al tratamiento de las menas, para la plata se siguió empleando la amalgamación; con la introducción de algunas variantes, como la tostación clorurante. Los barones de la plata contrataron a expertos extranjeros que introdujeron la nueva tecnología; podemos citar a los procedimientos: Washoe (en tinajas), Kröhnke y amalgamación previa tostación (proceso Freiberg o en barriles y el proceso Rease River). Menas complejas que contenían cobre-plata se trataron también mediante la lixiviación.

Las plantas de procesamiento gravimétricas reemplazaron a las de amalgamación, y se construyeron en los mismos predios a lo largo de la Ribera. Los principales procesos para el estaño, y generalizados, fueron:

- a) Las plantas rústicas, contaban con: *quimbalete*, *jiggers*, *maritate*, canaletas, *buddles*, *furmochina* y *champalavadores*. Todas las operaciones eran manuales. También, el escogido (*palleo*); y los concentrados eran secados al sol.
- b) En las plantas modernas, con trituradoras: de pisos, de mandíbulas y de cono; molinos de bolas y barras; cribas, clasificadores de rastrillo o de tornillo, del tipo Fahrenwald e hidrociclones; Harz Jig, y Denver Mineral Jig; mesas de sacudimientos (grancesas y lameras), mesas de vuelco, canaletas, *buddles*; eventualmente contaban con: separadores magnéticos (secos y mojados) y baterías de celdas de flotación. Algunas instalaciones estaban equipadas con: filtros, decantadores, sedimentadores o espesadores para recuperar el agua, y hornos secadores y de tostación.

Pasando San Antonio (camino a Oruro), la empresa 'Bolivian Tin Corporation', en Aroifilla, operó una draga (dotada de jigs) y una planta lavadora (washing plant) para obtener pre-concentrados de casiterita aluvial (minerales del Cerro arrastrados por el río de la Ribera), que finalmente eran retratados en una planta fija, mediante mesas y separadores magnéticos de cinta y anillo.

La fundición

Unas pocas palabras para este proceso. Se fundió menas de estaño de alta ley; pero, cuando la misma descendió, pasó lo mismo que con la plata. Hochschild y la 'Compañía Minera Unificada del Cerro de Potosí' quisieron implantar la volatilización en la planta Taiton, y por razones desconocidas no tuvo larga vida. Allá por 1970, la 'Corporación Minera de Bolivia' instaló la planta de volatilización de La Palca (a quince kilómetros de la ciudad), que trataba preconcentrados de 6% Sn obtenidos en sus plantas de Pailaviri (preconcentración con jigs y flotación directa de casiterita) y Velarde (concentración mediante jigs, mesas, flotación de pirita y separación magnética). Con la caída del precio del estaño esta

planta volatilizadora instalada con tecnología soviética dejó de funcionar (convirtiéndose en un "elefante blanco"). Por su parte, el industrial minero Careaga, instaló otra volatilizadora (en pampa Ingenio, en la Ribera) y corrió la misma suerte. Ambas plantas (la de Careaga y de La Palca), contaminaron el ambiente potosino y el de los valles cercanos, en niveles sin precedentes.

El Sucu o suqueo

Con todo lo empírico de su trabajo, en algunos casos los obreros idearon revolucionarios métodos de explotación-concentración, como la introducción de la "minería hidráulica-concentración en canaletas"; que es el caso del "sucu". En el Cerro Rico, más o menos operaron así, allá por la década de los setenta, del siglo pasado: mediante una cisterna se aprovisionaban de agua en tanques metálicos colocados a cierta altura, y desde allí y con la ayuda de mangueras lavaron el flanco norte del Coloso de Plata para explotar el estaño. Una vez que el material había sido disgregado, y en el caso de encontrarse con pedrones muy grandes, procedían a reducirlos de tamaño mediante pequeñas voladuras con dinamita.

La turbia formada (80% de sólidos), la hacían circular por canaletas abiertas (de hasta setenta metros de longitud, por un metro de ancho y dos de altura), ubicadas en el mismo Cerro, y en ellas concentraban la mena: los materiales pesados, eran retenidos por pedazos de madera expofesamente colocados en la canaleta a determinada distancia; y los livianos, seguían circulando a la siguiente canaleta; y así, sucesivamente, se obtenía la casiterita acompañada de otros minerales pesados (hematita, magnetita, pirita, arsenopirita, etc.). Este preconcentrado lo trataban en *jiggers* y *maritate*, para proceder a una última etapa de selección, consistente en el escogido manual o *palleo* y el secado al sol. Así, se removieron unos veinte millones de toneladas de material, dejándole una tremenda cicatriz al Cerro Rico (en su falda norte, que da a la ciudad y en la ladera al Este).

Los sulfuros complejos

Mucho de lo ya dicho anteriormente es válido para esta última etapa. Lamentablemente, en cuanto a los métodos de explotación, los cooperativistas han vuelto a la época del coloniaje (laboreo de la plata); o a cuando se comenzó a explotar el estaño. En ambos casos persiguiendo las vetas con labores muy angostas. No aplican los métodos de explotación modernos. Su trabajo es de rapiña y muchos de ellos se dedican a explotar labores por encima de la cota 4.400 (que están prohibidas), quitando los "puentes" que contienen menas de buena ley, y que una vez extraídas pueden ocasionar hundimientos perceptibles desde la superficie.

Lo que sí ha cambiado es la forma de hacer el tratamiento de estos complejos. Los cooperativistas venden en las canchaminas, el material por ellos explotado; y son los rescatadores quienes, en volquetas de gran tonelaje, llevan las menas hasta una de las treinta a cuaren-

ta plantas de flotación ubicadas la mayoría de ellas en la Ribera; o sea, muchas, en pleno centro ciudadano. Actualmente, en unas treinta de ellas se tratan por debajo de dos mil toneladas diariamente. La flotación es un proceso físico-químico donde se utilizan reactivos (colectores, activadores, depresores, espumantes, reguladores del pH y del medio), muchos de ellos tóxicos. Se emplea mucha agua y, hasta hace poco, ésta junto con las colas eran arrojadas al río de la Ribera, afluente del Pilcomayo; creando un problema de contaminación no sólo local o nacional, sino internacional. Hay dos formas de efectuar la flotación: una, cuando se trata de menas de zinc-plomo-plata se aplica la flotación selectiva (primero se flota el plomo-plata y luego el zinc-plata); o simplemente si es de zinc-plata, entonces se aplica la flotación directa.

Por otro lado, la 'Compañía Minera Concepción', perteneciente al ex-grupo de la 'Compañía Minera del Sur S.A.', durante muchos años operó una planta de lixiviación para menas argentíferas, después de la caída del precio del estaño (1985); la tecnología empleada fue de lixiviación en pilas (heap leaching) y precipitación de la plata con ayuda de zinc metálico (proceso Merrill-Crowe). La 'Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí', que fue beneficiaria de la misma tecnología de COMSUR, tenía a su cargo la planta PLAHIPO. En ambas operaciones, las menas provenían de desmontes, almacenados durante años especialmente de la explotación estañífera, con interesantes contenidos de plata. Los efluentes de estas plantas no desembocaron al río de la Ribera; ya que ambas se encontraban en las afueras de la ciudad, por el camino a Villazón.

Vamos a describir muy brevemente cómo funcionaba la planta de cianuración en pilas, operada por la 'Compañía Minera Concepción', dependiente de la ex-COMSUR. Las menas de plata depositadas en los desmontes fueron trasladadas con volquetas desde el Cerro Rico hasta la planta, ubicada a unos nueve kilómetros al Sur del Cerro. Los minerales con una ley superior a doscientos gramos por tonelada, se trataban con cianuro de sodio (en un pH > 11, regulado con cal). Previamente, la mena era fragmentada (trituration-molienda), clasificada y se procedía a su aglomeración en tambor, con ayuda de cemento, cal y algo de agua. Este aglomerado se colocaba sobre las pilas y se procedía a rociarlo con la solución de cianuro. La solución madre era recogida mediante bermas, en piscinas; de allí se bombeaba y se procedía a la precipitación de la plata con ayuda de zinc metálico. Este cemento de plata era finalmente fundido y se obtenían barras de plata de alta pureza, que eran exportadas al extranjero; la planta funcionó hasta fines del siglo XX. La 'Compañía Minera del Sur S.A.', había compartido la tecnología de su planta con otra similar instalada muy cerca, al pie del Cerro Rico. Lamentable-

mente, la Planta Hidrometalúrgica Potosí, administrada por la estatal 'Empresa Minera Unificada del Cerro de Potosí', no pudo operar con rentabilidad económica y al poco tiempo tuvo que parar sus operaciones. Una inversión con resultados negativos, frente a la privada que operó con ganancia.

Hoy esas dependencias dan paso a la parte administrativa de la 'Empresa Minera Manquiri S.A.' cuya planta de cianuración en tanques ha sido construida en la ladera Sur del Cerro. La planta tiene una capacidad de tratamiento de ocho mil toneladas diarias y ha empezado a funcionar desde fines del pasado año. La planta consta de los siguientes procesos: trituración (una trituradora de cono), molienda (dos molinos: uno SAG y el otro de bolas), clasificación, lixiviación con cianuro por agitación en tanques, decantación, filtración, precipitación de la plata. Las colas del procesamiento son de dos clases: colas finas y colas secas; ambas se depositan en sus respectivos diques de colas (con capacidad para trece y veinticuatro millones de toneladas, respectivamente) localizados en las zonas de Huacajchi y Murmuntain Pampa; ambos impermeabilizados siguiendo normas internacionales (Proyecto 2003). Como material de compactación para la construcción de los diques se han utilizado los residuos de las pilas de la anterior operación (unas 240.000 t), y de esta manera un pasivo ambiental ha sido eliminado.

SITUACIÓN FUTURA DEL CERRO

Muchos informes se han escrito sobre la cantidad de reservas contenidas en el Cerro de Potosí. La consultora 'Bernstein & Thompson Ltda.' (1988), estima que la ley de las menas existente en el mismo Cerro y en desmontes, pallacos³ y escombros de operaciones mineras precedentes, está en el orden de 0.3-0.4% Sn y de 150-250 g/t Ag; representando un volumen igual al producido hasta 1995, a lo largo de 450 años de explotación (Howard y Serrano, 1995: 246). Las reservas estimadas, fueron: en roca dura, más de 557 millones de toneladas con 88 g/t Ag y 0.14% Sn; en desmontes, más de 6.6 millones de toneladas con 196 g/t Ag y 0.27% Sn; *sucu*⁴ (material coluvio-aluvionales), más de 118 millones de toneladas con 73 g/t Ag y 0.12% Sn.

El proyecto San Bartolomé consideró los siguientes datos, en cuanto a las reservas para la operación de lixiviación de menas argentíferas. La 'Empresa Minera Manquiri S.A.' quiere explotar: los denominados escombros, pallacos y *sucu*, ubicados en las áreas de Huacajchi, Santa Rita, Diablo Norte y Diablo Sudeste que sumarían treinta y cinco millones de toneladas con contenido de plata; dentro de las cuales existen quince millones de

³ Pallaco (en quichua equivale a lo que en España llamamos: derrubios de pendiente derivados de los procesos del intemperismo). Sin embargo, puede incluir materiales gruesos procedentes de las escombreras, que han ido cayendo por las vertientes del Cerro. En: Mata (2006: 88).

⁴ *Sucu* (de diversa procedencia); aunque normalmente, colas del tratamiento de los pallacos, para obtener el estaño que contienen, por procedimientos gravimétricos. En: Mata (2006: 88).

toneladas con tenor de estaño (representan el 94.9% de los recursos del proyecto). Adicionalmente, el proyecto cuenta como recursos: a los desmontes oxidados, con un total de un millón y medio de toneladas (4.1% de los recursos); y a las colas de óxidos en San Miguel, que tienen trescientos ochenta mil toneladas con leyes de plata y estaño (apenas un 1% de los recursos). Todas las reservas mencionadas se encuentran ubicadas en las laderas del Cerro; excepto las colas San Miguel, que están cerca de Cantumarca. Entonces, las reservas de plata y estaño, son: *pallaco* y *sucu* (treinta y cinco millones de toneladas conteniendo: 111 g/t Ag y 0.20% Sn); desmontes oxidados (un millón y medio de toneladas, con 180 g/t Ag y 0.20% Sn); colas oxidadas San Miguel (trescientos ochenta mil toneladas, con 155 g/t Ag y 1.40% Sn). Haciendo un gran total de 36.880.000 t con una ley promedio de 114 g/t Ag y 0.21% Sn (Mata, 2006: 83).

Actualmente, la planta de procesamiento trata unas ocho mil toneladas de este material diariamente y si se trabaja a ese ritmo el año entero, las reservas o recursos permitirán a la 'Empresa Minera Manquiri S.A.' procesar todo este material durante unos quince años. Debemos entender que esta operación no significa la existencia de labores de explotación; sino solamente el recojo de estos materiales mediante retro excavadoras.

A continuación presentamos la opinión de los empresarios (Resumen, 2005: 10): "El proyecto San Bartolomé considera una inversión en Potosí de aproximadamente 135 millones de dólares para la producción de plata en lingotes a partir de la remoción y procesamiento metalúrgico de *pallacos*, *sucus* y desmontes oxidados y otros materiales superficiales que se encuentran depositados en la periferia del Cerro Rico de Potosí (...)"

"Las operaciones de San Bartolomé no afectarán en absoluto a la estructura del Cerro Rico constituida por la roca dura ni a su condición de Monumento Nacional ni a la calidad de Patrimonio Histórico y Cultural de la ciudad y del Cerro de Potosí; mas bien, las protegerán y conservarán".

Del informe, además, se puede leer la intención de la empresa por contribuir a la preservación del Cerro y establecer un circuito de carácter turístico, único en su género en Bolivia; ya que: "ciento cuarenta y dos (142) bocaminas antiguas ubicadas en el área del proyecto serán restauradas en sus componentes originales, como una contribución del proyecto San Bartolomé a la preservación del Cerro Rico como Monumento Nacional. Otra importante contribución será el establecimiento de un Circuito Turístico y Cultural de la Minería Colonial y Actual en el Cerro Rico. Dicho circuito integrará el Museo Diego Huallpa, la minería colonial, las labores actuales de las cooperativas mineras, la moderna operación de San Bartolomé y la cumbre del Cerro Rico, en un recorrido turístico de índole cultural y panorámica de gran impacto. Otra contribución importante al patrimonio potosino será la restauración del canal colonial de interconexión hidráulica entre las lagunas de Chalviri y San Sebastián" (Resumen, 2005: 11).

El trabajo de correlación de los socavones y bocami-

nas, y a su vez el rescate fotográfico de dichas labores (tarea que realizó la 'Empresa Minera Manquiri S.A. '), son un intento serio para coadyuvar a la recuperación del patrimonio minero del Cerro de Potosí. Estos testimonios permanecerán y servirá a los personeros de la operación San Bartolomé, para formular su política de explotación de los *pallacos* y otros materiales; y una vez efectuada ésta, tomar todas las medidas para su preservación, restauración y conservación. Estas acciones no se han tomado en cuenta al presente, por ninguno de otros actores ni estatales ni privados; y podrían constituirse en un verdadero hito y ejemplo digno de imitación para futuras actividades, no sólo en la Montaña de Plata.

EL SISTEMA HIDRÁULICO

Reiteramos lo mencionado ya antes: la UNESCO consideró, fuera del Cerro, a tres lagunas y toda la Ribera, dentro del área patrimonial reconocido. Para el proceso de amalgamación en cajones (con o sin buitrones), fue necesario construir la Ribera de Ingenios y, como en muchas etapas se requería grandes tonelajes de agua para accionar las ruedas, la propia amalgamación y el lavado, se recurrió a la construcción de un sistema formidable de almacenamiento: las lagunas. Además, este sistema hidráulico sigue prestando sus servicios en la República, y en los predios de la Ribera se han practicado, a su tiempo, diversas tecnologías, para la recuperación de diferentes clases de menas metalíferas. Presentamos algunas consideraciones respecto a: la utilización del líquido elemento, algo sobre las instalaciones y cómo se pueden reutilizar los predios industriales.

La utilización de la energía hidráulica

Antes de la construcción de los embalses, los ingenios de procesamiento se instalaron en las afueras de la Villa (en los ríos: Cayara, Mataka y Chaquí). Para evitar el transporte demasiado largo de los minerales (por parte de los *cumuri*), los españoles construyeron diques más cercanos a la Montaña de Plata y excavaron un canal, más tarde denominado: La Ribera de Ingenios de la Vera Cruz; que atraviesa Potosí siguiendo la madre de un río intermitente. Los trabajos del canal de la Ribera, empezados en diciembre de 1574, fueron concluidos en marzo de 1577 (medio año después de terminada la construcción de las primeras lagunas, en las quebradas de San Ildefonso y San Sebastián). Su caudal, era del orden de 160-250 litros por segundo (Gioda y Serrano, 2000: 57-58).

Recalcamos, que antes de la puesta en marcha del proyecto toledano de construir un canal en la propia Villa, el primer sitio industrial fue Tabacoñuño (cerca de la laguna de Chalviri). También se utilizaban las aguas que van al río del valle de Tarapaya y de Cachimayo (el primero distante entre 16.7 ó 22.3 km; y el segundo a 94.7 km de la Villa Imperial) (Escobarí, 1982-83: 117).

Fuera de los citados, existieron otros lugares industriales, una vez que la Ribera estuvo en funcionamiento, como en el río de Chaquí (distante a 22.3 km) y el Mataca (Capoche, 1959: 122).

Los españoles se propusieron sacar tajada de la topografía de la Cordillera del Kari-Kari y juntar todas las lagunas artificiales en una vasta red, para dotar de agua a los ingenios y a sus pobladores.⁵ Las obras civiles comenzaron en 1573, con el de la laguna Chalviri. Medio siglo más tarde, unos diez y ocho reservorios acumulaban un volumen total de seis millones de metros cúbicos de agua. Repartidas en seis quebradas, que cubren sesenta y cinco kilómetros cuadrados, las represas almacenan la totalidad de las aguas en una cuenca natural de aproximadamente veinte kilómetros cuadrados, que reúnen el desagüe intermitente de los pequeños seis valles. Las grandes lagunas miden más de un kilómetro de circunferencia y tienen una profundidad de cerca de cinco metros, en su centro. La laguna más alta, Providencia, se ubica a 4 770 msnm; y la más baja, San Sebastián, a 4 350 msnm. La alimentación regular de energía hidráulica aseguró el apogeo de la actividad minera, entre 1573 y 1650 (Gioda y Serrano, 2000: 56, 58).

La rotura del dique de la laguna de San Ildefonso ocurrida el 15 de marzo de 1626, provocó la muerte de más de dos mil habitantes de la Villa de Potosí y la destrucción de buena parte del parque industrial de la Ribera. A pesar de que la rotura marcó su historia, la Villa y la Ribera se repusieron muy pronto de ese episodio (algunos años después de la catástrofe había más ingenios sobre la Ribera, que antes de 1626) (Gioda y Serrano, 2000: 58).

La llegada del vapor y de la electricidad, en 1872, corresponde a otro momento de bonanza. La fuerza hidráulica ya no es el único motor de la actividad minera. No obstante, se mantuvo el sistema hidráulico colonial. Subsisten algunas pequeñas instalaciones de tratamiento en la Ribera y lugares aledaños, donde se quebrantaban (en los trapiches), las menas de contrabando y de baja ley; pero la maquinaria quedó obsoleta.

Allá por 1930, seis lagunas alimentaban aún a Potosí, que contaba con treinta y cinco mil almas; o sea, la quinta parte de la población de la ciudad durante su apogeo. Pese a ello, se decidió restaurar los embalses, porque las necesidades de agua de parte de la población, en el siglo XX, eran superiores a las de la época colonial. Además, las empresas que concentraban el estaño mediante concentración gravimétrica, exigían la provisión continua de agua durante todo el año (Gioda y Serrano 2000: 61).

En 1935-36, el ingeniero hidráulico e historiador americano William Rudolph, restauró, con 800 obreros, el sistema de lagunas en cascada heredada de los españoles. Fue contratado por, uno de los "barones del estaño", Mauricio Hochschild, propietario de la "Compañía

Minera Unificada del Cerro de Potosí". Las lagunas de la época colonial, restauradas, continúan hoy en día abasteciendo a la población y a la industria metalúrgica de Potosí, con sus treinta a cuarenta instalaciones de flotación (en esta primera década del siglo XXI).

La restauración de los reservorios fue empresa difícil. En Potosí, todas las compuertas de evacuación, menos dos, se hallaban en pésimo estado. Talladas originalmente en tronco de árbol, luego fundidas en bronce, las compuertas constituían el elemento más frágil de la ingeniería colonial. Por añadidura, los diques de las lagunas sufrían filtraciones; así, cuando estaba llena la de Chalviri, perdía ochenta litros por segundo (Gioda y Serrano, 2000: 61).

Finalmente, en 1989-90, la Vicepresidencia de la República impulsó un estudio para la Evaluación y Restauración de las Lagunas de Kari-Kari. Un equipo multidisciplinario de profesionales universitarios y de otras instituciones fueron contratados para tal efecto. Los principales temas encomendados fueron en los campos de: geología, hidrología, geotecnia, topografía e historia. De acuerdo a los términos de referencia, se efectuó: a) la evaluación del sistema existente de embalses y captación, su interconexión y operación. b) La determinación de nuevos embalses de aprovechamiento de la cuenca actual. c) El estudio de ampliación o mejora de las actuales aductoras. d) El estudio de las técnicas constructivas que permitieron la implementación de las obras que componen el sistema de captación y aducción existente. Finalmente, en la realización del proyecto se debía considerar que las obras serían rehabilitadas siguiendo la tecnología del siglo XVI (aprovechando los estudios históricos). El costo de ese trabajo fue estimado en veintinueve millones de dólares y debía ser implementado en varios años. Todos los documentos relativos al proyecto (informes, planos, diapositivas, fotografías, etc.), se hallan depositados en la Casa Nacional de Moneda.

Algo más sobre la Ribera

El agua que fluía por la Ribera, proveniente de la laguna de San Sebastián, a la cual se interconectaban la gran mayoría de los reservorios (en algún momento, de cinco millones de metros cúbicos), dio paso a la erección de los ingenios, en unos quince kilómetros siguiendo su curso. El agua almacenada en San Ildefonso y de otras fuentes (en algún momento, un millón de metros cúbicos), alimentaba las doscientas ochenta y seis pilas de la villa.

Durante el período colonial, la producción argentífera aumentó proporcionalmente al caudal utilizado de agua, hasta que la caída de la ley de cabeza disminuyó la rentabilidad e impulsó la construcción de nuevas lagunas, para tratar cada vez mayores tonelajes de menas en las instalaciones de la Ribera. Por desgracia, pese a

⁵ Previamente, cuatro empresarios propusieron construir, a su costa, unas lagunas para recuperar el agua de lluvia y almacenarla (puesto que la estación de lluvias sólo duraba pocos meses: de diciembre a febrero). Los años de sequía se llamaban de "seca".

los esfuerzos de los metalurgistas, la producción de plata durante la colonia no superará los niveles o record de comienzos del siglo XVII (Gioda y Serrano, 2000: 57).⁶

Interesante es la construcción del acueducto discontinuo potosino. Los canales de alimentación a las ruedas hidráulicas, tienen 75 cm de ancho por unos 80 cm de alto; pero esto no significa que todo el canal estaba lleno de agua, ya que en muchos de ellos se midieron 13 cm en las marcas de agua dejadas en las paredes. La pendiente fue determinada en ~1%, con lo cual se recibía un caudal de 160 litros por segundo (Serrano, 1998d: 505).

Hacia 1877, los ingenios (de Este a Oeste), en actividad, fueron: Real Ingenio, Quintanilla, Pampa-rastra, Pampa-ingenio, Guaila-huasi, Zabaleta, San Marcos, Candelaria, San Diego, Guaira, Escalante, Dolores, Laguacayo, Jalantaña, Velarde, Trinidad y Thuru (Omisite, 1981, I: 194).

Una interesante inflexión se dio a fines del siglo XIX, que marcaría el comienzo de la era de explotación del estaño. Las pequeñas empresas mineras nacionales, cuyas minas de plata eran catalogadas como secundarias, resultaron más tarde ser poseedoras de riquísimos yacimientos estañíferos, como era el caso del Cerro de Potosí. Sus menas debían ser tratadas y por eso la infraestructura existente en la Ribera sirvió para la erección de plantas concentradoras; con esto se tiene una superposición tecnológica, que en muchos casos fue utilizada hasta el siglo pasado.

Se puede deducir que en muchas instalaciones se combinaba la lixiviación (para la plata) y la concentración gravimétrica (para el estaño). Pocas instalaciones estaban equipadas y otras se habían ubicado en las antiguas plantas de amalgamación, y en ellas se efectuaba una separación manual que no necesitaba maquinaria. Como en el caso de las minas, existían predios de los antiguos ingenios que estaban fuera de funcionamiento.

Para concluir, es bueno comentar el trabajo realizado mediante un acuerdo entre la Universidad Tomás Frías (su ejecución estuvo a cargo del personal del Laboratorio de Preparación y Concentración de Minerales) y el Instituto Boliviano de Cultura (IBC), con el objeto de tener "planos base" para posteriores trabajos históricos de arqueología industrial y de restauración de todas las ruinas del canal, de los cárcamos y de la infraestructura de la Ribera. El trabajo sobre el levantamiento topográfico de la Ribera fue concluido en varios años, contándose con más de 150 planos a escala 1:100. Además, se numeran 35 perspectivas arquitectónicas de las ruinas más interesantes, que muestran la perfección de la

construcción, por ejemplo: las dimensiones de los arcos de medio punto, la distancia de separación, las alturas del acueducto. Todos esos planos están en la universidad potosina, en el IBC y en el Plan de Rehabilitación de Áreas Históricas (PRAHP).

Es bueno referirse que con el minucioso estudio de los detalles constructivos empleados en el pasado, la instalación de una rueda hidráulica y su sistema de mazos-almadanetas; así como las mediciones in situ de los restos que quedan en la Ribera (entre otros, de las alturas de las ventanas donde se alojaba el eje, de las dimensiones de los cárcamos), se pudo estimar el diámetro y ancho de la rueda y se construyó una maqueta idealizada que sirvió a los ingenieros diseñadores para elaborar los dibujos (a escala 1:40) y efectuar los cálculos respectivos (Serrano, 1998a: 55).

Algunos datos técnicos son: diámetro de la rueda, 5.8 m; ancho de la rueda, 0.7 m; peso de la rueda en madera, 2.8 t; y total, 3 t; número de cajones, 15 (de 0.6 x 0.5 x 0.6 m); largo del eje, 7 m; sección del eje, 0.4 x 0.4 m; peso del eje, 2 t; mazos (golpe de caída), 50-100 kg potencia; altura de los mazos, 4 m; peso de un mazo, 30 kg; almadaneta de Al-Zn, 0.25 m diámetro mayor y 0.2 m de altura. Se ha construido un tanque de 8 t de capacidad para bombear el agua al canal; finalmente, la altura hidrostática es de 8 m (Serrano, 1998d: 510).

Un ejemplo de reemplazo

Al estar caracterizada la actividad minera como depredadora y contaminadora, es necesario revertir los lugares de trabajo; haciendo de ellos centros de distracción y aprendizaje. De esta manera también se puede conservar el patrimonio industrial, para mostrar lo que fue la tecnología empleada en algún tiempo. En Potosí, se ha logrado desde hace algunos años el reemplazo del ingenio San Marcos. En la Colonia, se aplicó en sus predios el método de amalgamación de cajones (mal denominado de buitrones), para la recuperación de la plata; posteriormente, a principios del pasado siglo (hasta la década de los 60), ahí funcionó una planta gravimétrica que procesaba menas de estaño (Serrano, 1998d: 489). Ahora se puede observar esa superposición tecnológica ligada a la historia minera boliviana, mostrándonos la Era de la Plata y la del Estaño, gracias a la iniciativa del PRAHP, con aporte de la Cooperación Española, se encarró la reutilización del Ingenio San Marcos, hoy convertido en café-restaurant donde los turistas y la ciudadanía pueden admirar esta obra hidráulica y de ingeniería.⁷

⁶ La Ribera, en sus mejores épocas tuvo una capacidad instalada para tratar 320 t/d (115 114 t/a), que es un valor muy pequeño en comparación de lo que una sola planta actual puede tratar. Los valores de capacidad varían: de 6 t/d, en 1576; a 229 t/d, en 1790. Respecto a la recuperación, en las plantas de amalgamación rondaba por un 60%. En: Serrano *et al.* (1996: 66-67).

⁷ Un bonito ejemplo que, lamentablemente al no estar concluido, poco o nada dice a los visitantes, ya que hace falta una sala de interpretación donde se destaque dicho proyecto como indicador de las dos etapas de gloria de la actividad minera-metalúrgica potosina: la de la plata y la del estaño.

CONSIDERACIONES FINALES

a) Cerro de Potosí. Son 465 años que se explota este yacimiento, considerando su descubrimiento por parte de nativos de Porco y de la Corona española. De sus entrañas salieron unas treinta mil toneladas de plata, y la Corona recibió los quintos y diezmos de esa explotación. De otra parte de la plata, su registro se perdió; ya que salió de contrabando. Debemos añadir otras diez mil toneladas, durante la República. Se constituye sin lugar a dudas, en el yacimiento de plata más grande del mundo. Actualmente se tiene la operación San Bartolomé, que se interesó en las menas argentíferas de este coloso.

Respecto al estaño, si bien no fue el Cerro de Potosí el yacimiento más grande de Bolivia, sí ocupó un lugar importante entre los distritos mineros. Junto al estaño, se recuperó: wolfram, plata, antimonio, bismuto y otros. Se explotaron más de cien mil toneladas de estaño; las menas fueron tratadas mayoritariamente mediante procesos de concentración de densidad.

Al cierre de operaciones del estaño, para fortuna o desgracia de los potosinos, se empezaron a explotar sulfuros complejos con contenidos de zinc-plata-plomo. Actualmente, al día, unas dos mil toneladas; lo que al año, significan cerca de setecientos mil de toneladas de menas que son tratadas mediante flotación. No debemos dejar de mencionar el funcionamiento de plantas de cianuración en pilas; y actualmente, de cianuración en tanques.

El aporte del Cerro, a la economía, no sólo fue de carácter local. Sus concentrados y metales son exportadas a países de ultramar. En cuanto a tributos, el Estado los recibió de la plata, del estaño; y al presente, de los complejos sulfurosos (zinc-plomo-plata) y de la plata metálica.

b) El sitio industrial: la Ribera, presta servicios desde marzo de 1577 al presente; son 432 años de trabajo continuo. Las tres eras más importantes de la actividad metalúrgica potosina se han desarrollado y tienen lugar hoy en día. Muchos procedimientos también, como: la amalgamación y la fundición de las menas de argento; en la transición, los procesos de lixiviación y concentración gravimétrica; ya en la época del estaño el enriquecimiento y fundición de las menas estañíferas; y en el presente, a través del proceso de flotación de sulfuros complejos. También los lugares aledaños a la Ribera han sido protagonistas del empleo de diversas tecnologías de procesamiento.

El número de plantas de procesamiento o ingenios instalados en la Ribera y en regiones y ríos aledaños al poblado, ha variado según el volumen de la producción de las minas del Cerro de Potosí y la ley de los minerales en las vetas. También en las plantas ha jugado un rol importante el tonelaje de minerales tratados y su ley. Un hecho interesante es la superposición tecnológica que experimentaron las plantas de procesamiento, quedando como ejemplo el ingenio

Dolores, donde funcionó un ingenio de amalgamación, más tarde se concentró gravimétricamente, y en la actualidad se modificaron los flujogramas para dar paso a varias instalaciones de flotación.

Lo negativo ha sido que la Ribera, desde 1577, ha sufrido los efectos de todo tipo de contaminación: de sus aguas, del terreno, del aire y por el ruido. Los pobladores de la Ribera en distintas épocas fueron castigados por los vapores mercuriales, fueron afectados por los humos de la fundición del estaño; sus aguas recibieron mercurio, lamas de la concentración gravimétrica y diversos reactivos químicos (muchos de ellos tóxicos), empleados en la flotación o en la lixiviación; en pocas palabras, todo tipo de colas fueron a parar a ella.

c) El parecer de ICOMOS-UNESCO. Ésta es la opinión del experto visitante, Josep M. Mata-Perelló (2006: 53): *“en este apartado, nos dedicaremos a dar una serie de recomendaciones, que creemos indispensables para poder salvaguardar un conjunto de cuestiones que creemos fundamentales. Concretamente las cuestiones que nosotros consideramos indispensables”*, son las siguientes:

“La continuidad de las actividades mineras, y por consiguiente del trabajo, en el Cerro Rico de Potosí. La salvaguarda de todos los derechos humanos de los trabajadores y de sus familias.

La seguridad minera integral en todas las actividades relacionadas con los trabajos mineros.

La seguridad de la población civil de Potosí, ante cualquier desprendimiento o movimiento de los sucus.

La salvaguarda del patrimonio del Cerro Rico de Potosí, en todos sus aspectos; y en especial en el patrimonio del trabajo.

La salvaguarda del Medio Ambiente y el Medio Natural, tanto del Cerro como de todas las zonas afectadas por las actividades mineras”.

El dictamen de recomendaciones se complementa con otro de conclusiones, relativa a que los empleos han de cumplir algunas condiciones (en lo que refería al conjunto del Cerro de Potosí, que debería también aplicarse al Proyecto San Bartolomé, en toda su globalidad), y ellas serían (Mata, 2006: 70):

“El establecimiento de contratos fijos y salarios justos, tanto en COMIBOL como en las distintas Cooperativas que trabajan en esa zona.

Todo ello para salvaguardar los Derechos Humanos de los trabajadores, en una zona que es Patrimonio de la Humanidad.

Para salvaguardar la seguridad de los trabajadores y de sus familias, ante los constantes accidentes que se producen, ante los cuales se hallan ahora desatendidos en la mayoría de las ocasiones.

Para salvaguardar la seguridad total minera, en los trabajos a realizar. Ya que es conocido, en muchas minas del mundo, que esa seguridad va directamente relacionada con el tipo de contratos”.

d) Parecer del Estado boliviano. Los gobiernos de turno sólo han disfrutado de las riquezas mineralógicas y

poco o nada han hecho para conservar este Patrimonio Mundial. Basta indicar que existe la Ley de 9 de noviembre de 1990, que declara Monumento Nacional: al Cerro, las lagunas y todas las ruinas del parque industrial de la Ribera. Lamentablemente, esta Ley carece de reglamentación aprobada; para su cumplimiento efectivo.

Tampoco: el Honorable Concejo Municipal, el Consejo Departamental, la Universidad Tomás Frías y otras instituciones, hasta el momento, han podido reglamentar los trabajos en el Cerro de Potosí, la Ribera y sus alrededores. El reacondicionamiento del Ingenio San Marcos, un complejo de esparcimiento, es uno de los pocos ejemplos para poder reutilizar muchos lugares industriales en bien de la cultura y el turismo.

e) Finalmente, no debemos perder de vista el hecho, que el Cerro de Potosí es un yacimiento polimetálico, y que su explotación por el hombre, en diversas épocas, fue y es una necesidad. La explotación en el Cerro y del procesamiento en la Ribera, adquiere características sociales para la ciudad; hasta hace unos pocos años atrás dependía casi la mitad de la población de esta forma de vida, y únicamente ha disminuido a unos ocho mil trabajadores por la caída de los precios de la plata, estaño, zinc, antimonio, bismuto, wolfram, plomo, etc. Esta cantidad de mineros significa todavía, entre 30 000 a 40 000 personas (15-20% de la población de la ciudad), considerando a sus allegados más cercanos.

BIBLIOGRAFÍA

- Capoche, L. 1959 [1585]. *Relación general de la Villa Imperial de Potosí. Un capítulo inédito en la historia del Nuevo Mundo*, ed. Lewis Hanke. Madrid: Ed. Atlas (Biblioteca de autores españoles 122).
- Escobari, L. 1982-83. Las lagunas de Potosí. *Arte y Arqueología*, 8-9, 177-184.
- Gioda, A. y Serrano, C. 2000. La plata del Perú. *Investigación y Ciencia*, 286, 56-61.
- Howard, D. y Serrano, C. 1995. La geología, la mineralogía y el sistema de vetas del Cerro Rico. En: *El Cerro Rico de Potosí (1545-1995). 450 años de explotación, Antología*. Sociedad Geográfica y de Historia "Potosí", Potosí, 239-261.
- Mata-Perelló, J.M. 2006. *Dictamen sobre la estabilidad del Cerro Rico de Potosí*. Informe para ICOMOS-UNESCO.
- Morales, A. 1922. *Informe de la inspección practicada en las minas del Cerro Rico de Potosí, y sus establecimientos, por el intendente de la Policía de Seguridad*. Jefatura de la Policía de Seguridad, Potosí.
- Ocaña, D. de, 1969 [1609]. *Un viaje fascinante por la América Hispana del siglo XVI (1599-1609)*. Arturo Álvarez (Ed.). Ediciones Baylén, Madrid.
- Omiste, M. 1981. *Crónicas Potosinas*. 2 tomos. Editorial "El Siglo", Potosí.
- Patrimonio 1991. *El Patrimonio Mundial UNESCO*. Editorial Incafo, Madrid.
- Proyecto 2003. *Proyecto San Bartolomé. Resumen de la Evaluación de Impacto Ambiental*. Impresiones Master S.R.L., La Paz.
- Resumen 2005. *Resumen del Proyecto San Bartolomé. Informe Preparado para la Universidad Autónoma Tomás Frías de Potosí*.
- Serrano, C. 1994. Transferencia de tecnología y relaciones de intercambio. Caso de estudio: la amalgamación y las escuelas de minería en la colonial. En: S. Figueroa & M. Lopes (Eds.), *Geological Sciences in Latin America. Scientific relations and exchanges*. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociencias, Campinas, 201-233.
- Serrano, C. 1998a. Ejemplos de transferencia de Ciencia y Técnica entre América y Europa. En: *Estudios de Historia de las Técnicas, la Arqueología Industrial y las Ciencias*. Tomo I. Junta de Castilla y León, Salamanca, 45-55.
- Serrano, C. 1998b. La minería en el Cerro Rico de Potosí. Algunas consideraciones tecnológicas. *X Congreso Internacional de Minería y Metalurgia*. Tomo V. Tiasa Gráfica, Valencia, 121-142.
- Serrano, C. 1998c. Tecnología de vanguardia en la 'Compañía Minera de Potosí S.A.'. Ing. Luis Soux, su promotor. *Revista Metalúrgica*, 18, 7-17.
- Serrano, C. 1998d. Un ejemplo de proyecto de reemplazo: El Ingenio San Marcos. *Actas II Congreso Nacional de Metalurgia y Ciencia de Materiales*. Facultad Nacional de Ingeniería, Oruro.
- Serrano, C. 2003. ¡Verdades o mentiras! *El Potosí*, jueves 2 de enero de 2003.
- Servicio 2007. Servicio Nacional de Patrimonio del Estado. SENAPE, Ministerio de Hacienda, La Paz.
- World 2001. *The World Heritage*. UNESCO World Heritage Centre, París.

