

PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN Y SALUD EN LA ÉPOCA COLONIAL

Carlos Serrano

Universidad Autónoma "Tomás Frías", Avda. del Maestro, Potosí, Bolivia

RESUMEN

Se analiza la contaminación del aire, agua y suelo debida a la minería de Potosí, tanto en la minería como en el beneficio de los minerales. Este estudio se realiza a partir de datos bibliográficos y documentación archivística.

PALABRAS CLAVE: Contaminación, minería, Potosí, Bolivia.

ABSTRACT

The air, water and soil pollution due to mining activity in Potosi is analysed from a historical point of view, by means of bibliography and data from archives.

KEY WORDS: Pollution, mining, Potosí, Bolivia.

ANTECEDENTES

"En términos generales se entiende por contaminación el conjunto de efectos que alteran la pureza del aire, de las aguas o de la tierra o, genéricamente, del ambiente en el que se desarrolla toda forma de vida". Sabemos, que "la alteración de los niveles físicos y químicos normales que se registran en el ambiente es un fenómeno estrechamente vinculado al progreso industrial;...".¹

En los primeros años coloniales, en Hispanoamérica sus pobladores tenían alguna conciencia del peligro contaminante de los fenómenos naturales; verbigracia, como resultado de erupciones volcánicas a lo largo de la Cordillera de los Andes. No obstante, ellos también fueron causantes de daños progresivamente más grandes y que se acentuaron en el período republicano; como por ejemplo, el efecto contaminante de la actividad minera con base en la Villa Imperial. Ésta desde un principio, complotó contra el medio ambiente; pero, antes y por qué no decirlo

ahora, también, a pocos les está interesando los efectos hacia la vida futura de sus pobladores.

En el presente trabajo queremos presentar los inicios y secuencias posteriores de la contaminación del aire, del agua, del suelo, por ruido y los efectos generales de ella; con especial mención a la salud de los habitantes y trabajadores potosinos durante el coloniaje.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Allá por 1967, el Consejo de Europa definía así la contaminación del aire: "Existe contaminación del aire cuando la presencia de una sustancia extraña o la variación importante en la proporción de los constituyentes del mismo es susceptible de provocar efectos perjudiciales o de crear molestias".²

A continuación vamos a presentar ejemplos donde pensamos se originaba la contaminación del aire, las afecciones a la salud resultante de los diversos procesos y la sanidad ambiental.

¹ Enciclopedia Hispánica, Vol. 4, pág. 265.

² Enciclopedia Hispánica, Vol. 4, pág. 265. Entre las sustancias extrañas o agentes contaminantes figuran el monóxido de carbono, partículas, óxidos de azufre, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. Ellas se encuentran suspendidas en la atmósfera y su estado físico puede ser sólido o gaseoso. "Las causas más habituales de contaminación del aire son: las actividades industriales, las combustiones de todo tipo, la emisión de residuos de combustibles por parte de los vehículos de motor y el desecho de productos químicos, a menudo tóxicos, por fábricas y laboratorios". Enciclopedia Hispánica, Vol. 4, págs. 265-266.

a) En la fundición

En el caso de Potosí, la contaminación del aire empieza exactamente el día que operó la primera wayra,³ fundiendo las menas argentíferas del Cerro Rico para obtener barras o rieles de plata metálica. Podemos afirmar, que entre el mes de abril y mayo de 1545 se marca el inicio de este tipo de contaminación. En Potosí, y a lo ancho y largo de Charcas, con la wayra se fundió por mucho tiempo la plata. En un principio, esta labor fue monopolio de los yanaconas o el subsector laboral: el de los "guayradores".⁴ Creemos que este proceso nunca perdió su importancia en tanto hubieron minerales de muy alta ley de plata. En honor a la verdad, la fundición fue conocida en Porco por los nativos antes de la llegada de los ibéricos y allí Diego Wallpa ocultamente fundió los minerales ricos de las primeras vetas descubiertas por él en el Cerro Rico.⁵

Según la óptica hispana, los naturales del Nuevo Mundo carecían de inteligencia y falta de imaginativa para inventar "los instrumentos necesarios". Al respecto, tenemos muchos ejemplos de intercambio tecnológico a los cuales no nos vamos a referir. Lo intercultural se dio también en la salubridad, religiosidad y en otros aspectos cotidianos. Por eso no debe extrañarnos que los fuelles para activar las wayra no existieron.⁶ A falta de una forma de solucionar el problema, existía la otra consistente en el empleo del soroche (que quiere decir: el que hace deslizar o el que hace chorrear).⁷

¿Cómo funcionaba la wayra? Una vez triturado y molido el material extraído del Cerro lo lavaban para separar la tierra o colas acompañantes. A dos porciones de este material limpio le añadían una parte del soroche (plomo argentífero con 2 y 3 pesos de ley de plata por quintal, extraído del Caricari o del Huainapotosí); por último, se añadían escorias (ciertas "crazas y cendradas") de fundiciones previas. Preparada esta mezcla en húmedo para evitar pérdidas de metal muy fino lo introducían a la wayra previamente cargada de algún combustible: ichu, que es la paja brava; o con taquia de las llamas, a falta de carbón. Los hornos tenían unos 80 centímetros de alto, cuya boca superior o de alimentación era casi cuadrada, y poseía aberturas en sus paredes aptas para que el viento efectúe su trabajo. Este aparato iba disminuyendo de sección de arriba hacia abajo; además, en el piso descansaba un alambique por donde se destilaba el metal fundido. Se la instalaba un tanto elevada del suelo (unos 120 centímetros) sobre un asiento a manera de pedestal para que la "señoree más el viento". El aire hacía arder su interior con prisa y movimiento.⁸

De acuerdo a las antiguas concepciones, y vigentes en esos tiempos: "*los cuatro elementos están ocupados en el beneficio de la plata; la tierra nos da el metal [las menas o los minerales], el fuego lo refina, el agua lo lava y ayuda, el viento lo sopla y hace los fuelles, que parece que están sirviendo y haciendo favor al hombre,*

³ Wayra, del qhishwa viento. Era un horno para fundir metales. En Porco o Purqu y otros lugares fueron utilizados otros aparatos nativos. Consistían de una torrecilla de piedra suelta, y que con ayuda de sopletes o tubos de cobre de unos 60 cm atizaban el fuego. Los problemas de operar estos hornos en Potosí se resolvieron empleando dos innovaciones: por un lado, mezclando los minerales de plata con sus similares de plomo (suruqchiq o soroche); por otro, un tal Juan de Marroquí, desarrolló hornos de piedra y barro, de un metro de altura y 40 cm de diámetro, con orificios para la entrada del viento; se dice que habían fijos y portátiles (éstos últimos, de sólo barro). Barnadas, en el DHB, Vol. II, pág. 1180. "*Y a las fundiciones que era menester más fuerza, aprovechábase del mismo viento, haciendo en el campo, en las partes altas, unos hornillos de piedras sueltas, puestas unas sobre otras sin barro, huecas a manera de unas torrecillas, tan altas como dos palmos. Y ponían el metal con estiércol de sus ganados y alguna leña, por no tener carbón; e hiriendo el viento por las aberturas de las piedras se fundía el metal*". Capoche, Relación, pág. 110.

Según el minero Luis Capoche, el maestro e inventor y divulgador de la construcción de hornos metalúrgicos para la plata (guayrachina o wayra) fue el español Juan de Marroquí y que por 1582 todavía se empleaba esos hornillos de barro y por no emplear fuelles sus costos de inversión y operación eran más bajos, ya que se aprovechaba el recio viento que soplaban en Potosí y otros lugares de altura. Ya rico Marroquí retornó a Castilla y se casó en Sevilla. En su escudo nobiliario pintado en el zaguán de su casa aparece la wayra y él aducía ser su inventor, para sorpresa de sus coterráneos, que no sabían de qué se trataba y para qué servían estos aparatos. Capoche, Relación, pág. 110.

⁴ Barnadas, en el DHB, Vol. II, pág. 1180.

⁵ Según Cieza de León, "*en Porco y en otras partes del reino se trata el mineral por fundición con fuelles grandes*". Bargalló, La minería, pág. 95.

⁶ Alonso-Barba presenta cuatro tipos de hornos para fundir la plata: la wayra de los naturales, el tocochimpo (semejantes a las muflas de los plateros), el horno castellano de base cuadrada y el horno castellano redondo. Alonso-Barba, El arte, págs. 134.

"*Los naturales de esta tierra, como no alcanzaron el uso de nuestros fuelles, usaron para sus fundiciones los hornos, que llaman Huayras, y hoy [1640] los usan todavía en esta Villa Imperial y otras partes. Son semejantes a los castellanos dichos: diferéncianse en que por todas partes están llenos de agujeros, por donde entra el aire cuando el viento sopla, tiempo en que sólo pueden fundir. Salen por la parte de abajo de cada uno de estos agujeros unas como orejas pequeñas, en que se sustenta con carbón por la banda de afuera, para que entre el aire caliente. Pónense en lugares altos, y donde corra el viento de ordinario*". Alonso-Barba, El arte, pág. 133.

⁷ Relata el Inca Garcilazo, que se probaron algunos remedios para superar la dificultad de fundir las menas de argentum: "*se 'dio en uno, y fue que en el Cerro pequeño [el Huainapotosí] halló metal bajo, que casi todo, o todo era plomo [galena argentífera], el cual mezclado con el metal de plata, le hacía correr; por lo cual le llamaron Zuruchec [soroche] que quiere decir: el que hace deslizar'...*". La proporción de la mezcla era variable, ya que a tantas libras de metal de plata le echaban algunas onzas de plomo, "*según el uso, y la experiencia les enseñava de día en día; porque no todo metal de plata es de una misma suerte*". Bargalló, La minería, pág. 96.

⁸ Si se trataba de minerales tacana (mayoritariamente argentita) de alta ley (unos 50 marcos por quintal o 200 kilogramos por tonelada), este material "*no lo ponen en la guaira sino en lo que va destilando de ella, que es la plata y plomo que sale derretido; yéndolo fundiendo mézclase el metal [mineral tacana] con el soroche para que como cosa más blanda y fácil de derretir por su humedad y blandura regale y haga correr la plata, por ser más seca, fría, y dura, sirviendo de liga [e] incorporándola consigo, porque sin él fuérase en exhalación y humo*" Capoche, Relación, pág. 110.

socorriéndole con la plata que de allí procede para la necesidad de la vida”.⁹

Los cuatro elementos mencionados, o generan contaminación (el fuego) o son contaminados (el aire, agua y los suelos); vale la pena recalcar que estos tres últimos están íntimamente ligados a efectos contaminantes o son susceptibles de ser contaminados; hecho al que en esa época no se le prestaba ninguna atención y que hoy en día o con el pasar del tiempo sí juega un gran rol.

El efecto contaminante de la fundición se refleja en algunos comentarios que aparecen en las fuentes documentales respecto al número de hornos. El cronista Capoche, reporta que antes de 1582 por lo menos en el Cerro de Potosí y otros lugares, ardieron unas seis mil cuatrocientas noventa y siete hornazas.¹⁰

*“La vista que de noche se podía contemplar en las laderas del cerro, para J. de Acosta -que habla de 6.000 wayrakuna- era un ‘agradable espectáculo’; para Lizárraga, ‘no parecía sino que el pueblo se abrasaba’”.*¹¹

*“Según el P. Acosta había en Potosí en los primeros años de su explotación, seis mil guairas al modo de luminarias, que verlos arder de noche y dar lumbre tan lejos y estar en sí hechos una ascua roja de fuego, era espectáculo agradable. Ahora [después de introducido el beneficio por amalgamación] si llegan a mil o dos mil guairas será mucho”.*¹²

La era de la wayra fue pasando a la historia de las técnicas y en la primera década del siglo XVII entraba en franca decadencia; ya que la ley de los minerales había caído haciéndola tecnológicamente inviable. *“No hay en estos tiempos [1609] tantas huairas como solía por los pocos metales ricos que hay. Mas, cuando desde el Cerro se descubren muchas de noche [que se parecen mejor], es señal de que andan buenas las labores. Cuando más*

*suele haber en este tiempo llegan a quince muy pocas más o menos”.*¹³

Al disminuir ostensiblemente el número de las wayra, esta fuente contaminadora (que arrojaba a la atmósfera gases de combustión, óxidos de azufre y otros gases nocivos) disminuyó; pero, otras causales, que trataremos a continuación, empezaron a surgir y el problema ambiental siguió creciendo día a día y no se hizo nada para mitigarlo, menos se pensó en su saneamiento.

Resumiendo: en las faldas del cerro primero se fundía la plata en las wayra y más tarde en las viviendas o ranchos de los mitayos donde se realizaba la refinación con otro tipo de hornos ayudados por cañutos de cobre con que soplaban. A esta operación la denominaban las segundas y terceras, para apurar la plata, y gastar el plomo.¹⁴ Así se obtenía la plata metálica pura.

La gente encargada de obtener las barras o lingotes de plata estaba expuesta a muchos factores de contaminación ambiental y de daño a su salud, por la inhalación de gases tóxicos, quemaduras debidas al manipuleo de las escorias y de la plata metálica, la inhalación de polvos durante el carguío de los hornos previo a la fundición y otros menores.

Lo que no se dijo es que este trabajo lo efectuaban las mujeres de los mitayos, que inclusive procesaban y fundían los minerales robados o rescatados en sus ranchos. Los niños eran empleados como mano de obra barata, ya sea en los ingenios o en sus casas. Esto daba lugar a enfermedades y dolencias que afectaban grandemente a las familias.

Ya lo hemos manifestado, que si bien la fundición dejó de ser un método principal, ya a los pocos años, ésta se practicó largamente, a otro nivel; ya que des-

⁹ Capoche, Relación, pág. 110.

¹⁰ *“Están puestas las guairas por las cumbres y faldas de los cerros y collados que están a vista y circuito de esta villa, que da contento ver con la oscuridad de la noche tantos fuegos por el campo, unos puestos por orden por las puntas y pináculos de los cerros a manera de luminarias, y otros confesamente asentadas por las laderas y quebradas, y todas juntas causan una regocijada y agradable vista ... En este tiempo [1582] permanecen casi todos, aunque están arruinados gran parte de ellos, por no usarse la guaira como solía”.* Capoche, Relación, pág. 111.

¹¹ Barnadas, en el DHB, Vol. II, pág. 1180.

¹² Bargalló, La minería, pág. 96.

“Llamen a estas formas guairas, y de noche hay tantas dellas por todos los campos y collados, que parecen luminarias; y en tiempo que hace viento recio se saca plata en cantidad; cuando el viento falta por ninguna manera pueden sacar ninguna”. Bargalló, La minería, pág. 95; citando a Pedro de Cieza de León.

Fuera del padre José de Acosta, también Solórzano se ocupó de describir, aunque en forma muy breve, al horno wayra apto para fundir la plata del Cerro de Potosí.

¹³ Llanos, Diccionario, pág. 57.

¹⁴ Otra opción consistió en el empleo de los tocochimpos o tocochimbos.

“Fúndese en ellos [en los tocochimpos] por cebillo, metal rico, en poca cantidad, y los indios los usaban para refinar solamente; en su fábrica de este modo: Hácese un horno redondo, como los de reverberación; pero apenas de vara de diámetro. Tiene dos puertas, la una pequeña, adonde se puede acomodar el fuelle si se quisiere, para abreviar la obra: grande la otra, enfrente de ésta, capaz a que por ella se puede poner dentro del horno la mufla, que es como una media olla grande, partida desde la boca de alto abajo, llena toda de agujeros por donde el fuego del carbón se comunica ... Por lo alto de la bóveda de arriba se deja un agujero redondo, por donde se añadirá el carbón necesario, como se fuere gastando, y luego se cerrará con un tapón de barro cocido, que se pondrá y quitará para este efecto. En el suelo del horno se asienta o mazacote o cendrada, según se quisiere obrar, luego se acomoda la mufla; y últimamente, con una tabla llana [llena] de buen barro bien cocido, se tapa lo que quedó descubierto, desde el cuello de la mufla, hasta lo restante de la puerta por donde se entró, y se embarra y ajusta bien. Y a lo hueco del cuello se acomoda otra portezuela de barro, que se quita y pone para cebar el metal, ver el baño y limpiarlo, y lo demás que convenga”. Alonso-Barba, El arte, págs. 133 y 135.

pués de la amalgamación, las piñas de plata necesariamente tenían que ser fundidas en hornos pequeños, obteniéndose las codiciadas barras, afectando a la salud de los pobladores que radicaban en las cercanías de los ingenios o de la Casa Real de Moneda, y de los mingas y mitayos que estaban en contacto directo con esa operación, donde se volatilizaba el mercurio para ser reutilizado. Dada la característica de las desazogadoras, aparatos muy rústicos por cierto, se puede deducir que el escape de gases de mercurio a la atmósfera era muy común.

b) En la explotación minera

En un principio cuando se explotaban las minas o labores a tajo abierto, al barretear se originaba polvo. Así nació la contaminación ambiental en muy pequeña escala y surgieron los primeros problemas de salud de los mitayos; la mano de obra coaccionada. A partir de 1556 los tajos dieron paso a labores formales subterráneas y por las Ordenanzas toledanas (1572), cualquier forma de trabajo a cielo abierto fue prohibido. El barreteado, otras formas de avance, el botado de colas a los desmontes contribuyeron a la contaminación del aire y principalmente de los suelos (ver detalles en el punto 4).

Este ejemplo personifica uno de tantos agentes contaminantes: el monóxido de carbono. Cuando el florentino Niccòlo del Benino empezó la construcción del primer socavón, el londinense Enrique Sandi practicó la técnica de *"dar fuego en el testero del socavón para que quemando la peña quedara más blanda y fácil de labrar, a los catorce años de su labor lo hizo así, echando una paredcilla de piedra suelta dos palmos apartada del testero, en el cual hueco puso carbón, estando con él cuatro o cinco indios que la ayudaban; y sucedió que el inglés se echó a dormir y los indios estaban cebando la lumbre, y con el humo del carbón [monóxido de carbono], por no tener por donde respirar, los encalabrínó de manera que perdieron el sentido y no atinaron a salir, y el Enrique y ellos quedaron muertos"*.¹⁵ Esta narración ejemplifica que en el Cerro Rico se dieron casos fatales debido a la contaminación por emanación de gases tóxicos.

Un hecho notable tecnológico fue la utilización de la pólvora para realizar el arranque. Esta transferencia de Europa a Potosí necesitó muchos años. Al parecer ella fue introducida en la segunda mitad del siglo XVII y esto habría aumentado los riesgos de enfermedades profesionales y aumentado la contaminación ambiental por la gran profusión de polvo originado por las explosiones. Todo esto dio paso al recrudecimiento de las enfermedades pulmonares, de la tisis o tuberculosis, mal de costado, silicosis, bronquitis, asma, accesos de tos y fiebre.¹⁶

El efecto contaminante de la pólvora negra de mina resultaba de su propia composición química: 20 a 15 partes en peso de azufre mezclado con 60 a 70 partes de salitre y 20 a 15 de carbón. Se la fabricaba en Lípez para abastecer a toda Charcas.

No sólo los obreros ligados íntimamente a la explotación complotaban contra los ambientes de trabajo; los ancianos, fuera de la edad de la mita, trabajaban en labores poco pesadas pero contaminadoras del aire; como por ejemplo, realizando la selección de los minerales (palleo) y separándolos, con ayuda de combos de la caja, en las canchaminas y botando las colas al desmonte situado al pie de ellas.

c) En el beneficio

Aquí nos referimos al proceso de amalgamación en los "cajones" con ayuda del mercurio (*argentum vivum*) o azogue, que revolucionó la minería potosina y muy apta para tratar minerales de plata (pacos: plata nativa, argentita y cerargirita) de baja ley (menores a 20 kilogramos por tonelada).¹⁷ En la trituración-molienda-clasificación de las menas argentíferas se originaba mucho polvo, al ser realizadas estas operaciones en seco. Al parecer éste no fue un gran problema ambiental durante el resto del siglo XVI, ya que dibujos de la época nos muestran que estas labores eran efectuadas al aire libre.

En los siglos siguientes estas operaciones empezaron a efectuarse en ambientes cerrados, como lo documentan los restos de estuco que se encuentran en las ruinas actuales de la Ribera. Por tanto, hemos de convenir que el término "matagentes" para estos locales, no era sola-

¹⁵ Capoche, Relación, pág. 106.

¹⁶ También, se exigía el traslado de los polvorines situados en la villa, a sus afueras y de esta manera evitar accidentes entre los pobladores por explosiones casuales o provocadas.

¹⁷ Allá por 1609, "Y propiamente es beneficio el que se hace al metal [mineral] desde que hecho harina [material molido] y cernido se echa en el cajón, hasta que se lava en la tina para sacar la plata de él, y se hace así. Echase la harina en el cajón en cantidad de cincuenta quintales con cuatro o cinco de sal y revuélvese todo con agua, haciéndolo barro, y dásele el primer repaso [que es pasarlo de una parte a otra tres veces, pisándolo muy bien], y a la primera vuelta se dice hormiguillo, que es cuando se le echa el agua y hace barro, y a las dos últimas se repasa como está dicho, muy poco a poco y no todo junto, echando una cantidad moderada. Y aquella pisada y puesta aparte, se echa más, todo lo cual junto que se hace el primer día se dice encorporo y encoporar. De ahí adelante se le van dando sus repasos de las mismas tres vueltas cada uno y cada día el suyo, en los cuales se le van echando los materiales que conforme a la disposición del azogue pide el beneficio, porque se reparta mejor lo que se le echare en todo el cajón, para lo cual se ensaya cada día lavando un poco de metal en una puruña, ... y la plata que de un día para otro aumenta, está para lavar, que suele ser después de nueve o diez repasos en otros tantos días. Y a todo lo dicho se dice beneficio y cuando para recoger el azogue se usa de hierro deshecho, se dice beneficio del hierro, y si se usa de cobre, plomo o estaño [magistrales], toma de lo mismo el nombre". Llanos, Diccionario, págs. 12-13.

mente una alusión humorística. Para evitar la inhalación de polvos, los indígenas empleaban pedazos de tela colocados a la altura de la nariz y la boca. La coca masticada por ellos servía también como un filtro. Para combatir al polvo, en Europa se había introducido el uso de una especie de máscaras de vidrio (hoy pulmosanes) y se recomendaba hacer traer una muestra y fabricarla localmente. A pesar de ello, estas primitivas fuentes de protección no fueron suficientes para prevenir el riesgo de enfermedades y de patologías laborales.

Ya en la continuación del proceso de tratamiento en las plantas amalgamadoras y, si las menas contenían sulfuros (sulfuros de plata conteniendo sobre todo antimonio y arsénico; denominados negrillos y mulatos), se procedía a efectuar la tostación con el objeto de eliminar el azufre como dióxido, que es un fuerte contaminante del medio ambiente (responsable de la lluvia ácida) y principalmente de la salud no sólo de los trabajadores, sino también de la población que vivía aledaña a la Ribera de Ingenios de la Vera Cruz, situada en pleno centro de la villa y que por este motivo congregaba a una gran cantidad, compuesta de individuos de toda nacionalidad, edad y sexo. La tostación se la realizaba en ramadas rústicas y los gases sulfurosos iban o eran evacuados directamente a la atmósfera.¹⁸

Otra forma de contaminar el ambiente surgió cuando se introdujeron los "buitrones". En otras palabras, se pasó de la amalgamación en frío a la con calor. Es sabido en la química el efecto que el calor opera sobre la cinética de las reacciones.¹⁹

Al parecer, a principios del siglo XVII desaparecieron los buitrones; sin embargo, sus ventajas no opacaban sus desventajas (alto costo del combustible, escaso por cierto en las alturas de Potosí). La siguiente operación consistía en lavar el material amalgamado; de lo cual nos vamos a referir en: contaminación del agua.

Lo más trágico, dada las condiciones climatológicas de Potosí, sin duda constituyó el hecho que los minerales molidos y en forma de una turbia espesa, en muchos casos para ayudar a la amalgamación, eran mezclados directamente con los pies.

El mercurio y la plata (la pella) se separaban en forma mecánica empleando pedazos de tela exprimiéndolos; además, existían otras formas de separarlos y así surgían las piñas, llamadas así por la forma que adquirían. Sin embargo, la piña seguía conteniendo plata con restos de azogue, y por esto se la llevaba a la desazoguera, una especie de horno donde se lo volatilizaba y se obtenía gases de mercurio que, enfriados condensaban en metal líquido que era recirculado.²⁰ A pesar de los cuidados que se ponía en sellar los hornos, es comprensible imaginarse fugas de gas mercurial que daba lugar a enfermedades nerviosas y afecciones a la dentadura. El hidrargirismo o envenenamiento con el mercurio no puede estar fuera de estas consideraciones.

*"Una descripción anónima, atribuida al corregidor de esta Villa, Ventura de Santelices y Venero [entre 1750-59], retrata dramáticamente su clima y la contaminación de su atmósfera. Dice el autor ... no obstante la suma sequedad, es muy reparable la Niebla o Nube espesa que se forma en la Atmósfera sobre la Villa y se descubre claramente en cualquier noche serena, y de luna, esto sin duda [proviene] de vapores y exhalaciones venenosas en [de] muchas partes de los cuerpos de animales muertos, de Basurales, y otras inmundicias del polvo sutil de los metales y del humo del Azogue en la quema y requema de las piñas, de manera que pasan de 250 libras de Azogue que anualmente se van en humo en dichas operaciones. Esta multifaria mezcla de tan malos vapores y exhalaciones no puede ser saludable..."*²¹

Si bien se hace notar el efecto negativo del trabajo con el contaminante mercurio y otras causales,

¹⁸ "Hornos de quemar negrilla.

Hay muchas invenciones y diferencias de ellos en los ingenios y aunque se sabe la utilidad que de la quema resulta para el beneficio de ellos, no se le ha dado el punto y podría ser tuviese el metal [mineral] alguna maleza que el fuego no la consume, y es puesto en razón que el día que se le consumiese toda la que tiene se beneficiaría como lo demás. Y así en la quema y disponerlo consiste la dificultad y no en el beneficio, el cual cuando se le diese sería de alguna utilidad, mas no por eso faltaría donde echar la plata". Llanos, Diccionario, págs. 55-56.

¹⁹ "Y así dieron en hacer los cajones en que se beneficia en galpones grandes cubiertos y algo levantados del suelo, dejando lugar conveniente para darles fuego por debajo tan templado que sirviese tasadamente de que el metal [material amalgamado] tomase algún calor y no consumiera el azogue. Esta invención, que se dice buitrón, se ha dejado de usar y se hace ya casi todo el beneficio en descubierto, y conocidamente es mejor, porque le es de mucha más importancia al metal repasarse al sol y gozar de él todo el día, que el fuego que con gasto ordinario se le daba. Y para el frío de la noche se cubre con cantidad de pellejos". Llanos, Diccionario, pág. 15.

²⁰ La etapa de desazogado consistía de dos operaciones, a saber:

"Bocas de quemar lamas.

Hácese unos hornillos prolongados en el mismo suelo, de alto y ancho casi de dos tercias y como vara y media de largo, cerrados por el remate o culata, borneados o aovados por lo alto y muchos apareados arrimados unos a otros y cada hornillo de estos con cantidad de agujeros por la parte de arriba, como doce o quince, en que se ponen los cepillos y caperuzas para quemar en ellos las lamas, con la cual quemase las saca azogue del que llevaron consigo del beneficio y quedan dispuestas para beneficiarse mejor [una] segunda vez. Cada hornillo de estos se dice una boca de quemar lamas y a cada dos da fuego una india con yareta, que es cierta leña de este Reino como yerba que hace cepa". Llanos, Diccionario, págs. 13-14.

"Requemar piñas.

Cuando se desazogan las piñas, no siempre se les saca de todo el azogue, de suerte que no quede incorporado en la plata, aunque sea poco, para lo cual los mercaderes ..., las ponen todas juntas en el suelo de un corral y muy bien cubiertas de carbón, les dan fuego segunda vez, con que se acaba de consumir el azogue que les quedó y sirve de que vuelvan a pesar después de desazogados de esta manera para que el dueño supla la merma o se le ponga a su cuenta y no la pierda el mercader, y esto es requemar". Llanos, Diccionario, págs. 113-114.

²¹ Citado en el trabajo inédito de Marcela Inch: El rostro de la Villa Imperial (Siglos XVI-XIX). Agradezco a la autora por su manuscrito.

no se dice una palabra de cómo evitarlo y mitigarlo.

d) Sanidad ambiental

En lo que respecta a la sanidad ambiental encontramos un Acuerdo del Cabildo, contra el mal olor que causaba el "matadero de carnes", porque ordenaba su traslado junto a un arroyo cerca de la ranchería de los Carangas.²² *"En este cabildo se trató ... a causa de que los indios que residen en esta Villa tienen muchas carnicerías matando en ellas mucha suma e cantidad de carneros de la tierra gordos e muy buenos para el trabajo, y si en ello no se pusiese remedio, vendría a faltar el dicho ganado que es el medio para bajar los metales del Cerro a los ingenios ... los indios no maten ni puedan matar carneros de la tierra ... so pena ... a los indios de que se les den cien azotes y los trasquilen ..."*²³

Podemos incluir en este punto un tema relacionado con la molienda del trigo empleando piedras calizas, que por ser blandas se desgastaban mezclándose o contaminando la harina, resultando que el pan salía esponjoso y de buen aspecto; no obstante, los médicos indicaban que esta era la causa de los tabardillos y dolores de costado que se había arraigado entre los habitantes; hecho que antes no se conocía. Por eso se debían realizar las diligencias que convengan. En 1776, se volvió a tratar este mismo asunto de prohibir el empleo de piedra de "cal" para los molinos, por ser nocivo.²⁴

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Se considera el elemento vital contaminado cuando no es apto para el consumo humano, cuando los animales acuáticos no pueden vivir en él, cuando por la presencia de impurezas hacen desagradable o dañino su uso recreativo y, por último, cuando no puede destinarse a aplicación industrial alguna. De diversa manera es alterada la composición de los agentes contaminantes; por lo general, están relacionadas con sustancias que son vertidas como residuos de las fábricas a los ríos.²⁵

Para el caso potosino apuntamos cuatro fuentes de contaminación del agua: la proveniente de las minas, debida al consumo doméstico, como resultado del pro-

cesamiento y por efecto de la gran catástrofe hidráulica de la laguna de San Ildefonso.

a) Proveniente de las minas

En el caso de la industria minera potosina, las aguas de las minas del Cerro eran y son denominadas en la jerga de los trabajadores: "aguas de copajira".²⁶ Estas contenían compuestos inorgánicos o sales disueltas de cobre, hierro y otros elementos químicos; con un valor de pH menor a 2 y eran vertidas al río Suco Mayu (que se junta aguas abajo con el río de la Ribera). Su origen se debe a lluvias, granizadas y nevadas (fenómenos naturales).

b) Debida al consumo doméstico

Gran parte del agua almacenada en el sistema hidráulico (seis millones de toneladas) se destinaba a labores industriales y sólo una pequeña parte (un millón de toneladas) se empleaba en el uso doméstico: en la preparación de las comidas, el aseo personal y el lavado de la ropa. Estas tres fuentes contaminantes no fueron ni sospechadas por aquellos tiempos.

Poco sabemos de las prácticas de aseo corporal de españoles e indígenas. Eso sí, nos enteramos de la utilización de los rebalses de las aguas de las lagunas; más propiamente que el arroyo de Agua de Castilla servía también para el lavado de ropa y de hábitos religiosos. Este trabajo se efectuaba en unas bateas de piedra, existentes en ese lugar.²⁷ Un rebalse de San Ildefonso, por detrás de la parroquia de San Roque del Ttío, en las afueras, era denominado por los nativos Cusimayo; que quiere decir río del Contento, el cual era visitado por una multitud de mujeres que lavaban ropa, especialmente entre los meses de enero hasta abril.²⁸ El agua sucia del aseo corporal y del lavado de ropa de parte de la población, se botaba a las calles directamente o en los interiores de las viviendas junto con orines y aguas servidas. Esta práctica perduró hasta el siglo XX y perdura en pleno XXI en los barrios marginales. La poca existencia de detergentes y jabones no significa la no presencia de grasas en la cocina.

La tenencia de servicios, como: agua en las pilas de las viviendas, era nula; pues ya sabemos que en la villa existían pilas públicas de donde los vecinos se proveían.

²² ANB Minas SG 109; Potosí 1568. Acuerdo del Cabildo.

²³ ANB Minas SG 245; Potosí 1587. Acuerdo del Cabildo y Minas SG 334b, Potosí 1593.

²⁴ ANB CPLA, vol. 24, f. 277-277v. Acuerdo del Cabildo del 05-02-1649 y ANB EC 1776.

²⁵ Entonces, estos residuos contienen agentes de diversa índole, tanto por su composición química cuanto respecto a sus efectos. "Son los restos orgánicos, los residuos sólidos flotantes, los acúmulos de detergente y las aguas residuales los principales factores determinantes de la contaminación acuática". Enciclopedia Hispánica, Vol. 4, pág. 266.

²⁶ "Comúnmente se llama así a la caparrosa o vitriolo o sea el sulfato de cobre formado ..., la misma palabra se aplica también al vitriolo verde o sulfato de hierro y por último a la agua saturada de sales metálicas que sale de las minas y que generalmente tiñe de amarillo el lecho por donde corre por el óxido de hierro que contiene y otros compuestos que le dan un carácter corrosivo". Lange y Salazar, Diccionario, pág. 152.

²⁷ Serrano y Peláez, Potosí, pág. 58.

²⁸ Arzáns, Historia, Tomo I, pág. 163.

Las casas del centro podían tener agua para beber de las vertientes o lugares conocidos, y para otros usos utilizaban sus pozos. No existen evidencias concretas sobre que todas las rancherías hayan tenido agua para el consumo humano y otras necesidades. Lo propio podemos decir de los desagües del alcantarillado.

Sin embargo, esta no es la única forma de contaminación del agua. En un informe pericial se hacía notar la necesidad de efectuar el mantenimiento de las cañerías; mejor dicho, de los conductos o acequias para el agua empleada en el uso doméstico, ya que ellos no estaban enterrados profundamente; lo que contribuía a su deterioro; y por otra parte, estaba siendo contaminada por la basura de las calles debido a infiltraciones, con lo cual incluso llegaba a tener un sabor inmundito y mal olor. Otra causa indicada, fue que *"las Indias de las rancherías laban con el Agua de dicha cañería toda quanta porquería tienen en sus casas y ranchos de que es muy factible que por esta Infeczió n rresulte Peste en la republica y que por lo qual tienen por muy util u conbeniente se haga cañería nueva en la forma que tiene pedido el cañero por la petición antecedente"*.²⁹

c) Como resultado del procesamiento

No sin exageración podemos afirmar que, en el beneficio que se llevaba a cabo en los ingenios de procesamiento al haberse cambiado la tecnología a partir de 1571,³⁰ con la introducción del método de amalgamación de cajones, se aumentó la contaminación de las aguas de varias maneras: por el vertido de las colas del tratamiento o beneficio de los minerales (se trata de

sólidos en suspensión muy perjudiciales) y por el vertido de azogue empleado en la amalgamación.³¹ En ambos casos, estos residuos tóxicos o no son los responsables de la contaminación de la cuenca del río Pilcomayo.

En 1609, existía dos formas de lavar el material amalgamado en los cajones. Una, consistía en echar los "relaves" por una canaleta; y la otra, en "tinar los relaves".³²

La tina servía en los ingenios para lavar el mineral después de ser amalgamado; o sea, para separar la plata del mercurio y de las colas. Se construían de tal manera que estaban enterradas unos 40 centímetros en el suelo; por consiguiente, no podían moverse. Constaban de un molinete a manera de rodezno y eran accionadas por un "cigüeñal, peón y dedal", todo manual y cuyo movimiento era ejecutado por dos naturales, quienes removían el material con ayuda de agua. Otras tinas más desarrolladas eran accionadas por el rebalse de las ruedas hidráulicas, y esta operación era denominada lavadero. Después de hacer correr el agua por el chiflón a la rueda hidráulica y antes de llegar al suelo, la recogían en un "artezón" exprofesamente instalado y donde corría el agua que era utilizada en el lavadero. Consiguientemente, el agua era aprovechada dos veces antes que acabara de caer.³³

El efecto contaminante del mercurio o azogue es desconocido y solamente los azogueros se quejaban de sus pérdidas (por el costo y no otro motivo), las cuales variaron en relación con el tiempo; ya que la cantidad de azogue empleada era dependiente de la ley de cabeza de las menas a ser tratadas, de su composición o mineralogía y otros factores.³⁴

²⁹ Obrados relativos al arreglo de cañerías para la mejor provisión de aguas al público (1704-05). ACM. Cabildo Gobierno Intendencia CGI 123, f. 1-22.

³⁰ En 1571, Pedro Fernández de Velasco fue el que logró introducir el método de Medina o del "patio". El virrey Toledo, en carta del 1 de marzo de 1572 fechada en Cuzco, *"informa al Rey la forma cómo Velasco se puso en contacto con él presentándole en forma de pruebas experimentales la manera de amalgamar las menas de Potosí y desde ya el 7 de febrero de ese año Toledo le concedió a Velasco el salario anual de 400 pesos ensayados, declarándolo 'maestro mayor de azogue' en la Villa de Potosí"*. Serrano, Peláez y Bouso, La Ribera, pág. 53; citando a Bakewell.

³¹ *"... en la Ribera de Potosí se amalgamaba la plata y era necesaria mucha cantidad del líquido elemento. El mercurio fue, por lo tanto, uno de los contaminantes por excelencia, a más de otros compuestos químicos utilizados"*. Serrano, Potosí, pág. 3.

³² Ambos servían para *"sacarles el azogue y pella que llevan consigo del beneficio del metal y éste se hace de esta manera. Sácase del agua de la misma ribera una poca por un arroyuelo que no merece nombre de acequia, ..., y con muy poquita altura que se gana con ella, la dejan volver a la misma ribera encañada por tres canales que se hacen a mano juntas y prolongadas, y un indio que se pone sentado a la parte de arriba con un montón de relaves va tomando puñados y arrojando al emboque en las tres canales, de suerte que el agua los lleve por ellas y pase hasta dar con ellos fuera en la ribera donde se pierden, dejando el azogue que se les puede así sacar con alguna pella arrimado a los ribetes, que como más pesado se va quedando en ellos. Y cuando parece se habrá juntado alguno o se acaba el día, quitan los costales y lánvalos en bateas o tinas y recogen lo que se ha juntado, ..."*. Llanos, Diccionario, págs. 43-44.

La segunda forma de lavar o segundo beneficio, como ya se ha dicho, era efectuada en tinas pequeñas *"en las cuales se van echando [los relaves] poco a poco y lavando como se dijo el metal, porque es lavarlos [por] segunda vez para que en el suelo de la tina se asiente y junte el azogue y pella que tienen. No se despachan tanto de esta manera como por canaleta, mas sacárseles mejor el azogue y plata. Al remate del día que se ve lo que se ha juntado y si conforme al gasto de los indios tinadores rinde ganancia, se prosigue, y sino se deja"*. Llanos, Diccionario, pág. 112.

³³ Llanos, Diccionario, págs. 9-10.

³⁴ *"Si en un cajón se echan cien libras de azogue y lavando se ajustan la misma cantidad el azogue y plata que se saca todo ello junto sin sobrar ni faltar, se dice que no se pierde ni se gana y lo llaman plata por azogue, porque sale tanta plata como azogue queda perdido, haciendo cuenta que es trueque y que aquello no se pierde aunque no se saca ni parece. Si sale más [que pocas veces sucede], aquella cantidad que excede se dice ganarse. Y si es menos [como es más ordinario], lo que va a decir le dan nombre de pérdida"*. Llanos, Diccionario, págs. 69-70.

Recalamos que, parte de los materiales lamosos del lavado, junto a los diversos reactivos como de la sal, de la cal, de los magistrales (cobre, hierro, plomo y estaño) y el propio azogue iban a dar a la Ribera; y hasta ahora no se han estudiado sus consecuencias hacia la vida animal y vegetal o sea a la biodiversidad; pero, no directamente en Potosí, sino, por ejemplo, en su desembocadura: en el Río de la Plata, donde ha creado hoy un problema internacional.

No perdamos de vista que la contaminación de ríos debido al uso del mercurio se extendió a las afueras de la villa, ya que los primeros lugares industriales fueron: Chalviri, Tarapaya, el Mataka y Chaquí para trasladarse al centro del poblado (Ribera), recién en 1577.³⁵

Aquí vale la pena detenerse y reflexionar sobre las cantidades de los insumos empleados en la amalgamación. No obstante, hemos anticipado que la dosificación variaba en ciertos rangos, lo que le dará al lector una idea del consumo a través del tiempo.

En el corto tiempo de casi tres décadas, entre 1586 y 1609, en la Villa Imperial se probó la adición de todo tipo de materiales y compuestos químicos (muchos de ellos magistrales), adicionales y se inventaron variantes.³⁶ Vale la pena presentar tres ejemplos:

a) Gaspar Ortiz Picón, en un manuscrito del 5 de febrero de 1586 hacía hincapié ante el Cabildo Secular de su invento para "beneficiar lamas quemadas".³⁷ Estos materiales finos botados, iban a contaminar los arroyos por la acción del viento y debían ser retratados para aumentar los quintos reales.³⁸

El 3 de abril de 1587, Ortiz, ante el Cabildo y escribano público, exponía dos métodos experimentalmente. El primero, para menas argentíferas provenientes del Cerro. Él recomendaba que el material molido (harina) y

bien clasificado se lo debía cubrir con una salmuera muy concentrada durante unos cuatro o más días, al cabo de los cuales se lo extrae y guarda el líquido. "En cada caxon de cuarenta y cinco o cinquenta quintales [añadir] cinco quintales e medio o seis de tierra cernida con harineros o crivas de cuero ... como no sea barro espolvoreando la tierra con el metal o rebolviendo con un azadón de manera que se suele rebolver la sal molida y hecharle luego el azogue como se suele hechar y dalle con el primer día quatro fuegos e quatro rrepasos sin echarle mas sal ni salmuera ... hecharle el metal en tinas [para lavar] ... y que con esto saldrán los metales de la ley o perdida de azogue que tiene dicha ...".³⁹

El segundo proceso, servía para las lamas quemadas y consistía en echar la salmuera concentrada dos días a estos finos formando un barro. A quince quintales de lamas se añadía cinco de tierra cernida (como en el primer proceso). Por cada quintal de esta mezcla se debía agregar seis libras de mercurio.⁴⁰

b) Juan Alcalá Amurrio, en su "Directorio del beneficio del azogue en los metales [minerales] de plata", escrita allá por 1691 detalla dos formas de amalgamar: el beneficio de azogue suelto, y el beneficio de azogue con estaño. Ambas para minerales pacos; el primero, para menas que contenían principalmente argentita (sulfuro de plata); mientras que el segundo, se aplicaba para menas donde la cerargirita (cloruro de plata) predominaba. En el primer método, el día uno a un cajón (5 000 libras) se echaba 500-600 libras de sal y luego agua para formar una masa. El mercurio se añadía de acuerdo con la ley de plata de la mena. Después se hacían tres repasos. Los subsiguientes días se añadían otros insumos en alguna cantidad.⁴¹

³⁵ La Ribera se empezó a construir en diciembre de 1574 y fue inaugurada en marzo de 1577.

³⁶ A partir de 1583, la ley de los minerales era menor a 2 kilogramos por tonelada. Esto representó un desafío tecnológico para reducir los costos del proceso, que amenazaban a los azogueros con la ruina. Otras innovaciones fueron: En 1587, los hermanos Carlos y Juan Andrea Corzo de Leca, desarrollaron la amalgamación con limaduras de hierro. Un año más tarde, Juan Fernández Montano, presenta su variante consistente en el empleo del sulfato de cobre y de salmuera. En 1596, Domingo Gallegos reemplazó el uso del hierro metálico con el empleo del plomo, estaño y cobre metálicos. En 1597, se produjo una crisis porque se presentaron los minerales negrillos (sulfoarseniuros y sulfoantimoniuros de plata especialmente la proustita y la pirargirita) y se hacían esfuerzos y pruebas para encontrar la forma de tratarlos, previa la tostación. Por último, Alonso-Barba, en 1609, descubrió su método de "cazo y cocimiento". Serrano, Peláez y Bouso, La Ribera, pág. 53.

³⁷ Ver en la nota 20: "Bocas de quemar lamas".

"Casas de beneficio o beneficio de lamas

Son casas donde se benefician lamas, las cuales compran de los ingenios, de donde se llevan a ellas y las benefician como el metal [mineral] después de quemadas [tostadas], y así tienen para el efecto todo lo necesario y lo mismo que un ingenio fuera el artificio de moler". Llanos, Diccionario, pág. 17.

³⁸ "... V. merced deve mandar y preveher que se pregonen en la plaza publicamente que dentro de un breve tiempo ... las Lamas quemadas que cada uno tuvieren en toda esta villa como en todos los Yngenios de Tarapaya y Tavalonuño [Tabaconuño] mandando v. merced se me de ami por mi yndustria la mitad de todas ellas y las beneficien de la manera que yo las veneficiare ..." Bargalló, La Minería, pág. 145; citando un manuscrito conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid.

³⁹ Bargalló, La Minería, pág. 146; citando el mismo manuscrito.

⁴⁰ Ibidem.

⁴¹ Azogue suelto. Segundo día: ensayar con chua y añadir 50 libras de sal; un repaso. Tercer día: ensayar con chua (azogue limpio y entero = un repaso; azogue aplomado añadir lechada de cal, un repaso; azogue tocado = añadir sulfato de cobre). Cuarto día: ensayo con chua para ver efecto de los reactivos añadidos el día anterior; si va bien, un repaso. Quinto día: ensayo con chua para ver si "va ocupando la plata el azogue", un repaso. Sexto día: ensayo con chua, si el azogue está bien cuajado yapar con más azogue. Séptimo día: ensayo con chua, si el azogue se soltó añadir más. Si la liz está clara echar sulfato de cobre junto a 25 libras de sal. Octavo día: ensayo con chua, si es necesario echar más sulfato. Noveno día: ensayo con chua, comparar un cajón con otro y proceder a mezclarlos. Décimo día: ensayo con chua; ver si la lava es pareja. Undécimo día: ensayo con chua, ver si se forma pella; yapar si es necesario, si hay cajones que dan su ley y si están con "grasa" se añade cal. Duodécimo día: empezaba el lavado o lava. Amurrio, Directorio, f. 37-58.

El primer día del proceso con estaño, se echaba 500 a 600 libras de sal a la mena y luego agua para formar una masa. Después se preparaba una mezcla conteniendo una libra de estaño metálico con una cantidad de azogue, según la ley de la mena. Finalmente, se añadía una o dos onzas de sebo o algún material oleaginoso a la mezcla anterior y se daban dos repasos. Como en el caso anterior, los siguientes días continuaba el proceso.⁴²

- c) Las plantas amalgamadoras en el siglo XVIII funcionaban con bajos parámetros técnicos. Un par de datos importantes podemos darlos y serían: la recuperación no era superior a 60%; y para 1790 se registró una pérdida promedio de 1,6 kilogramos de mercurio por cajón (que contenía 2,3 toneladas) que junto con las colas iba a parar al río de la Ribera.⁴³

Por ejemplo, en 1790 la capacidad de la planta Dolores era de 138 toneladas por mes. Se efectuaba una lava semanal de 15 cajones con 630 libras de mercurio en total; de éstas se perdía en promedio 78 libras. El trabajo empezaba colocando el material molido y cribado en montones de medio cajón cada uno. Luego se añadía 455 libras de sal por cajón, se agregaba plomo metálico a razón de una libra por cajón y se dejaba reposar después de mezclar todo bien. Se añadía el mercurio en la proporción de 16 libras por cajón y se procedía a los repasos. Además el azogue, al final de la amalgamación, añadía 20 libras por cajón de azogue y a esto se denominaba baño. La cal se empleaba según el parecer del azoguero. Así se producía 76.5 kilos de plata al mes.⁴⁴

A propósito de las colas: hemos podido estimar la capacidad de tratamiento instalada sólo en la Ribera de Ingenios. El año 1633, después de la catástrofe hidráulica, existían 81 ingenios de agua (con 109 cabezas) y a pesar que ese año sólo un 63% de los ingenios estaban operando, se trataba unas 320 toneladas al día (más o menos 9 592 al mes) o cerca de 115 104 toneladas anualmente. Gran parte de este tonelaje lo consti-

tuían las colas arrojadas al río de la Ribera, ya que eran materiales finos resultantes de la amalgamación.⁴⁵

d) El efecto de la gran catástrofe hidráulica

En este acápite, es bueno referirse a la catástrofe hidráulica del domingo 15 de marzo de 1626. La reserva de agua de la laguna de San Ildefonso (del Rey o Caricari, a 4 410 metros de altura), se derramó sobre la Villa Imperial. *"Según algunos testigos, de 122 cabezas de ingenio instaladas en Potosí y Tarapaya menos de la mitad resistieron las oleadas. Parte de la ciudad, a unos dos kilómetros aguas abajo del embalse, quedó bajo el agua; 360 casas de españoles y 800 ranchos de indígenas fueron destruidos. Dos factores explican la magnitud de la catástrofe: la fragilidad de las construcciones potosinas y la sobrepoblación a lo largo de la Ribera. Además, a la hora de la inundación [hacia las trece horas] la mayoría de los habitantes estaban en sus casas. Las ruedas hidráulicas de tres o los ejes de dos toneladas de peso, respectivamente, arrastrados por las oleadas hacían caer las viviendas. La catástrofe, una de las más trágicas de toda la historia de los embalses, cobró muchas víctimas. A esto se agrega una fuerte contaminación ambiental por la cantidad de mercurio, plata pura, sal, sulfato de cobre, cal, hierro, estaño, plomo, de minerales a ser tratados y colas o ganga que se llevaron las aguas exclusivamente de las instalaciones amalgamadoras, a lo largo de la Ribera".*⁴⁶

Podemos hacer referencia al efecto contaminante del agua, ya azotada por largos años previos a la catástrofe con el vertido de los insumos de la amalgamación ya mencionados. El mercurio en existencia y el distribuido en casi una década, para los años 1617-1626, hacía un total de 41 233 quintales para el primero y 40 490 para el segundo. Obtenemos de este dato el promedio anual de 207 toneladas (4 500 quintales), lo que nos da un consumo diario de más de media tonelada.⁴⁷ Si tomamos 252 toneladas (5 473 quintales) distribuidos en el año de

⁴² Segundo día: ensayo con chua, el azogue estaba tocado por el estaño. Tercer día: ensayo con chua, el azogue debía seguir tocado; se daba un repaso. Cuarto día: ensayo con chua; si la liz se ha aplomado es señal de que fue corta la carga de estaño y entonces se añade una yapa de 5 libras de azogue y 4 onzas de estaño (caso contrario sólo dar un repaso). Quinto día: ensayo con chua; si el azogue no está tocado con el estaño dar yapa de azogue y estaño (como el día anterior). Los días 6 y 7 ídem. Octavo día: se decide cual cajón se debe mezclar con otro. Noveno día: ensayo con chua; empieza a haber liz y se pueden hacer las mezclas de cajones (casamientos). Décimo día: ensayar con chua, el azogue no debe estar tocado con el estaño. Undécimo día: ensayar con chua y dar un repaso. Duodécimo día: ensayo con chua; si el cuerpo del azogue está ocupado y seco se daba yapa. Décimo tercer día: ensayar con chua; si el cuerpo del azogue aflojó recetarás un repaso, caso contrario se dará yapa y si es necesario se efectuarán las mezclas. Décimo cuarto día: ensayar con chua; si salió con grasa se añadía con cuidado algo de cal. Décimo quinto día: ensayo con chua; valían las recomendaciones de los días anteriores. Décimo sexto día: si los cajones estaban listos y empezaba la lava. Amurrio, Directorio, f. 63-104.

⁴³ Serrano, Potosí, pág. 6. *"Podríamos admitir que la Ribera tenía en sus mejores épocas una capacidad instalada de aproximadamente 600 t/d, que es un valor muy bajo ..."*. Obviamente, este dato considera todo tipo de instalaciones y casi todo el material tratado se botaba como colas.

⁴⁴ Serrano, Peláez y Bouso, La Ribera, págs. 65-66.

⁴⁵ Ibídem, pág. 66.

⁴⁶ Serrano y Gioda, Apuntes, pág. 79.

⁴⁷ El consumo promedio para los diez años: de 4 500 quintales, queda ratificado por una carta posterior del presidente de la Audiencia de Charcas, que en alusión previa a la visita afirmaba que se repartían 80 quintales de azogue necesarios para el procesamiento y que con posterioridad a la visita sean repartidos sólo *"de quatro a cinco mill quintales y sin embargo los quintos rreales no han bajado"*. Carta del 30 de mayo de 1652. AGI, Charcas 21.

la catástrofe, consiguientemente, el consumo diario subiría a 690 kilos.⁴⁸ Por otro lado, como no sabemos exactamente cuántos eran los ingenios o cabezas de ingenio y tampoco cuántos propietarios o administradores fueron afectados por el desastre, nos contentamos sólo con especular sobre la cantidad perdida de azogue de los cajones, tinas y depósitos (mercurio de reserva), el día de la riada; es decir, se trata de algunas toneladas del metal líquido.⁴⁹ La cantidad de éste parece alta, frente a la cantidad de plata producida, pero esto significa que las pérdidas de mercurio en el proceso de amalgamación y por fugas de las desazogueras ya contaminaban cada día el medio ambiente potosino: el río de la Ribera y sus alrededores.

Este tipo de alteración medio ambiental puede sin lugar a dudas ser calificada hoy en día como uno de los "desastres ecológicos" del período colonial y uno de los mayores de todos los tiempos de la minería potosina, y sólo comparable con la actual contaminación de la Ribera; debida, primero, al tratamiento mediante la concentración gravimétrica de las menas estañíferas y, años más tarde, mediante la flotación de los sulfuros de zinc-plata (con el uso de muchos reactivos químicos, algunos muy tóxicos, como los colectores, espumantes, activadores, depresores y reguladores del medio).

CONTAMINACIÓN DE LA TIERRA

Ésta no permite su uso para el cultivo; consiguientemente, la vida animal y vegetal se desarrolla con dificultad en las zonas contaminadas. *"Las sustancias artificiales que producen contaminación en el terreno son relativamente pocas y se agrupan en abonos, fertilizantes, insecticidas, herbicidas y fungicidas"*.⁵⁰

Debido a la contaminación de la tierra existen serias amenazas para la agricultura, como la gran pérdida de suelos o de la cobertura superficial, dando lugar a su erosión y desertificación. Debemos mencionar el fenómeno conocido como lluvia ácida. *"Se trata de un proceso de depósito de gases tóxicos suspendidos en la atmósfera y que son arrastrados a la tierra por las precipitaciones. La lluvia ácida afecta a las regiones con elevado índice de industrialización y ejerce una acción nefasta sobre la vegetación y los cultivos"*.⁵¹

Nos vamos a detener a presentar información que podría hacer confundir al lector, de no interpretársela en forma correcta: Mucha fantasía existe en algunas leyendas sobre el descubrimiento del Cerro Rico. Diego Wallpa, en su confesión a un clérigo, además, comentó que en la cumbre, en esos tiempos, había como 10-12 arbustos de kehuiña (queuña o queuña) y mostró un palo grueso que tenía en su vivienda. Para el confesor esto era extraordinario, y cómo lo comenta vale la pena

reproducirlo: *"He querido decir esta particularidad, porque hoy no se hallará en toda la redondez del cerro ni en todo el poblado de Potosí un árbol ni apenas otra cosa que le parezca, por estar ya muy trillado así de indios como de españoles"*.⁵²

Y el desaparecido Arduz, citando un manuscrito anónimo titulado "La Villa Imperial de Potosí-1603", que se encuentra en el Museo Británico, nos hace conocer aspectos sobre la fabulosa Montaña de Plata: estaba *"poblado de unos árboles que llaman quinca, de cuya madera se fabricaron las primeras casas de este asiento y había gran cantidad de vicuñas, huanacos y vizcachas, como también venados de asta. Hoy ni la yerba se halla en el Cerro, ni aún donde pudiesen hallar raíces los árboles, que es lo que más espanta, porque todo él es un pedrisco suelto ..."*.⁵³

Los europeos que no pisaron Potosí, imaginaron e incluso lograron plasmar sus ideas en sendos dibujos; tal es el caso de Theor de Bry (1600), que muestra la cumbre del Cerro con árboles a casi 4 900 metros sobre el nivel del mar!

Desertificación sí hubo, como resultado del empleo de especies nativas existentes en el Cerro y sus alrededores como combustible; y como ya hemos visto, fueron utilizadas en distintas épocas y para distintos métodos de fundición y de procesamiento de las menas argentíferas. Ellas fueron: la kehuiña, el ichu (paja brava), la tola, la yareta y yaretilla.

A principios del siglo XVII fue tan trabajada y removida la cumbre del cerro, que efectivamente ya presentaba el aspecto que hoy tiene. En este caso no aceptamos la pérdida de la cobertura superficial y que por ese motivo desapareció sobre todo la flora y fauna (la biodiversidad en el cerro); la fauna pudo ser espantada, hoy en día todavía se observa la presencia de vizcachas y existen aún algunas formas o especies de flora.

Unas palabras para referirnos a la etapa de lavado después de la amalgamación, donde de alguna manera había un contacto directo trabajador-agua y causante de males como el reumatismo o la artritis. Esta etapa desde el punto de vista ecológico tuvo y tiene sus consecuencias. Las lamas o materiales muy finos impermeabilizan los terrenos y ocasionan problemas a la agricultura por la mala calidad de los terrenos.

Respecto a la gestión urbana: la basura y el saneamiento básico, podemos dar unas pinceladas. No nos

⁴⁸ Entre 1627-30 se entregó del almacén real a más o menos 150 personas, muchos de ellos conocidos azogueros, el mercurio sujeto al gravamen de los cuatro pesos; o sea, la cantidad aproximada de 608 toneladas (13 215 quintales); esto significa unos 413 kilos por día. Serrano y Gioda, Apuntes, pág. 109.

⁴⁹ Ver más detalles en Serrano y Gioda, Apuntes, págs. 104-109.

⁵⁰ Enciclopedia Hispánica, pág. 266.

⁵¹ Enciclopedia Hispánica, pág. 266.

⁵² Subieta, Relación, pág. 15.

⁵³ Arduz, Una visión, pág. 81.

hemos referido al desorden que presentaba el nuevo poblado, tal cual ha quedado testimoniado, por ejemplo, en el grabado de Pedro de Cieza de León en su *Crónica del Perú* (1553); vale decir, en la primera representación del Cerro donde se observa a su falda un caserío de Este a Oeste, con espacios vacíos y dos torres de las iglesias de: San Francisco de los Naturales o Chico y de la primigenia Santa Bárbara.

Juan de Matienzo, fue uno de los pocos en anotar los problemas de los migrantes o sea los suscitados por la población imperial y la necesidad de separar las rancherías de los indios de la de los españoles; del reordenamiento urbano de ésta, dándole el trazado de cuadras, cada una con sus cuatro solares, con calles anchas y la plaza en medio. Llama la atención que los cronistas no mencionen sus problemas sanitarios. No es de extrañar -ya que ni Madrid lo poseía-, la falta de alcantarillado y; a pesar de correr la Ribera por el poblado, éste no fue empleado para arrastrar las aguas servidas y sólo el frío pudo contrarrestar la falta de higiene de sus pobladores.⁵⁴

Un tema tratado por los diversos cronistas viajeros y otros, se refiere a la falta de limpieza de las plazas, calles, callejones, etc. Se culpaba de esta situación a los indígenas que no tenían donde dormir y lo hacían en las calles y plazas, dejándolas muy sucias. Se alude a las "siete vueltas", como una calle angosta, por estar "siempre inundada de inmundicia"; y se exigía que las autoridades hagan efectivas las providencias de policía, para que los estantes se vayan acostumbrado al aseo.⁵⁵

Para mejorar la imagen de la Villa, Toledo dispuso la apertura y el empedrado de las calles; tarea que seguramente continuaron los Corregidores y Regidores, a medida que el poblado crecía. Hay muchas críticas a esta tarea de empedrar calles y plazuelas, ya que éste era desigual y colocado "sin arte". Los rodados de piedra empleados en esta tarea hacían demasiado molesto el caminar y ofrecían dificultades para el trajín de animales y carruajes. Con seguridad que entre las piedras se juntaban basura, aguas sucias y estancadas, y, sobre todo, la orina y las heces fecales de tanto animal existente y empleado para todo tipo de actividades de una villa pujante. No debemos pasar por alto, otro problema: el de los residuos orgánicos de los estantes. Las casas de españoles con seguridad contaban con un corral para estos desperdicios. En las rancherías, se empleaban los lugares alledaños para que sus habitantes realizaran sus necesidades corporales. No obstante, lugares cercanos a San Lorenzo, ya en los escritos, aparecen designados como "muladares" y, entonces, debemos entender que eran los lugares donde además de basura se juntaban excrementos de personas y animales. Todo esto conducía a la formación de focos de infección que las autoridades observaban a diario y hacían poco para eliminarlos.

Otra problema sanitario constituyeron los desechos sólidos. La basura era arrojada en las noches a las angostas calles y eventualmente era recogida por los indios de trajines para de igual manera echarla en sus afueras. Lo propio sucedía con las aguas del lavado corporal y de la ropa, que era arrojada sin contemplación por los vecinos desde sus ventanas y puertas directamente a las calles, para juntarse con los excrementos de cuanto animal circulaba por sus poco rectas y tortuosas callejuelas.⁵⁶ Estos son, y no los únicos, contribuyentes a la contaminación ambiental del suelo que hoy en día lamentamos; y que se remonta a los primeros días del Asiento Minero, luego Villa Imperial.

Algunas anécdotas se cuentan sobre la gran inundación que ya hemos tratado en líneas precedentes. Así, se menciona que el primitivo convento y templo de los franciscanos se salvó de ser arrasado; ya que un tremendo basural existente delante del mismo dividió en dos brazos la riada, quedando sus dependencias al medio, como en una isla. Y otra, para cualquier época: que en la iglesia de San Juan, en el día de su festividad incluso, habían montones de basura dentro del recinto religioso; a tal extremo que los visitantes se manchaban las medias y zapatos.

Debido al intenso comercio de animales cargando los minerales rumbo a los ingenios, los abastecimientos de víveres, sal, carbón, leña y toda clase de mercaderías, era inmensa la cantidad de basura originada. Muchos vecinos reclamaban a los miembros del Cabildo que dichos animales que venían, salgan del poblado llevando tres o cuatro arrobas de basura a otros lugares. "*Así quedaría el pueblo purgado de esta inmunda vecindad y el campo mantendría inalterable su superficie, lográndose además un gran espacio de terreno que podía venderse o repartirse para cementeras de cebada y de otras hierbas útiles al comercio y provisión de la Villa*".⁵⁷ Esta idea de arrojar la basura en sus afueras y no en un botadero sanitario originó que "*se han ido formando unos cerros que casi igualan [la altura de] los edificios más altos de la Villa. Cuatro cuadras de la plaza, junto a San Lorenzo, al Norte, hay un basural que casi tapa el mojinete del templo; en San Martín, San Francisco y otras partes se encuentran otros tantos montones tan crecidos que parecen cerros*".⁵⁸ Lo anterior demuestra que por resolver un problema se creaba otro y que a la larga, hasta nuestros días adquieren características de irresoluble: la contaminación de suelos, la ambiental y de los ríos (gracias a la basura).

⁵⁴ Abecia, Mitayos, pág. 22; citando a Juan de Matienzo.

⁵⁵ Cañete, Potosí, pág. 132.

⁵⁶ Abecia, Mitayos, pág. 22; citando a Juan de Matienzo.

⁵⁷ Cañete, Potosí, pág. 150; citando a Guillermo Bowles en su *Historia natural de España*.

⁵⁸ Cañete, Potosí, págs. 134-135.

La presencia de multitud de perros en la villa causaba malestar y se originaban perniciosas consecuencias (presencia de excrementos en las calles). Por este motivo se instruyó se publique un bando, en la forma y estilo de rigor, para autorizar la matanza de los canes.⁵⁹

CONTAMINACIÓN POR RUIDO

*"Una forma particular de contaminación es la del ruido, que se produce cuando alguien o algo (normalmente una máquina) emite un sonido no deseado. Si la intensidad del ruido es muy acusada, éste causa daños en todo tipo de estructuras, desde las orgánicas del oído humano hasta el armazón de un edificio".*⁶⁰

Los mitayos y mingas constituían un problema en la vida cotidiana de la Villa y motivo de preocupación para su Cabildo, ya que ellos eran proclives e iniciadores de la contaminación sonora (ruido), ya que los fines de semana, los que estaban de turno o mita, en su tiempo libre la pasaban bebiendo y peleando; y los otros, que estaban en su turno de descanso, también tomaban a toda hora y estaban siempre causando disturbios. Por este motivo en 1552, existía la prohibición o "ley seca" para los naturales; salvo el día domingo, que podían hacerlo sin el acompañamiento de sus tambores. Esta disposición no sólo se promulgó porque la gente era bulliciosa y peleadora cuando se desenfrenaba gracias al alcohol, sino que gastando su poco dinero en la semana no estaría disponible para su alimentación, lo que lo exponía a ciertas enfermedades y, una vez enfermos, era casi imposible curarlos debido a su poca resistencia física o a los pocos anticuerpos que poseían. Por este motivo la mortalidad entre ellos era excesivamente alta.⁶¹

No se puede descartar las dolencias de oído (de los mortiris) por el ruido ocasionado por los mazos-almadana (esta última fabricadas de cobre o hierro) de las instalaciones de pisonos al golpear los pedazos de mineral contra el morterado. No sólo se producía ruido en los ingenios hidráulicos, sino cuando se empleaban otras formas para reducir el tamaño de las menas.

Mayor contaminación acústica sin duda alguna se presentaba dentro de las minas afectando a los trabajadores. Fray Diego de Ocaña, estuvo en el interior del cerro ocho días (en 1601), y narra el trabajo como *"un retrato del infierno entrar dentro, porque ver tantas cuevas y tan hondas, y tantas luces por tan diversas partes, y oír tantos golpes de los que están barreteando, es cosa que pierde el hombre el tino y aun el sentido"*. Otro de sus comentarios es el siguiente: *"Yo entré por el socavón de Juan Ortiz a ver estas minas, para poder escribir esto que escribo, hasta que no pude pasar adelante por la estrechez del lugar y por los hábitos que llevaba; donde miraba a una parte y a otra y veía tantas luces y*

oía tantos golpes, que me pareció que estaba en el infierno".⁶²

EFFECTOS GENERALES DE LA CONTAMINACIÓN

"Los agentes contaminantes dañan todos los tejidos orgánicos animales, pero sobre todo aquellos que pertenecen al sistema nervioso y al aparato respiratorio. Causan enfermedades respiratorias (bronquitis, laringitis, asma, etc.) y trastornos neurológicos (mareos, dolores de cabeza y otros), manifestaciones cancerígenas e incluso alteraciones genéticas.

*Sobre el medio, la principal acción de los agentes contaminantes se traduce en lluvias ácidas o radioactivas, destrucción de las capas altas de la atmósfera [capa de ozono] (que protegen la vida terrestre de las radiaciones solares perjudiciales), aumento gradual de la temperatura del planeta, desarrollo de organismos patógenos (virus o bacterias), etc."*⁶³

El anterior comentario, muy de nuestra época, tiene sus raíces en los diversos elementos contaminadores del medio ambiente que se remontan en nuestro caso particular a la época virreinal o mejor al coloniaje y, salvo excepciones como la contaminación luminosa y radioactiva, el resto sí estuvo presente acompañando del brazo a las labores mineras. El estado de salubridad de los estantes de la Villa Imperial y de su medio ambiente fue por este motivo tremendamente afectado y quedaron sus efectos marcados hasta el presente. Tal es el caso de la contaminación del río de la Ribera, afluente de la cuenca del Pilcomayo.

Con el paso del tiempo sabemos que en Potosí la tecnología y la organización del trabajo fueron extremadamente retrasadas. Podemos resumir de todo lo anterior que, los trabajadores en las minas, ingenios y fundidoras estaban propensos a contraer enfermedades que afectaban su sistema respiratorio. Dadas las condiciones del trabajo forzado y la mala alimentación, las afecciones estomacales no pueden ser descartadas. Por la clase de trabajo manual extendido a casi todos los procesos productivos, las contusiones y heridas en diversas partes del cuerpo de los afectados eran cuadros rutinarios. Muchos de los males mencionados líneas arriba empeoraban el cuadro médico, con la presencia de sequías y hambrunas.

No cabe duda alguna que, las pérdidas reportadas de mercurio en forma líquida o de gases, fue elevada durante dos centurias y media del empleo de la amalgamación sólo durante la Colonia. A ello podemos añadir

⁵⁹ ANB CPLA, vol. 60, f. 18-19 y 94. Acuerdos del Cabildo de 1807 y 1808.

⁶⁰ Enciclopedia Hispánica, pág. 266.

⁶¹ Cobb, Potosí, pág. 28.

⁶² Ocaña, Un viaje, pág. 147.

⁶³ Enciclopedia Hispánica, pág. 267.

otras tres décadas para contabilizar el inicio de la contaminación y sólo debido a la actividad minera, caracterizada por ser depredadora.

Estamos seguros que el conocimiento de los orígenes de la contaminación en el período colonial, sirve para la solución del problema en la actualidad: el saneamiento ambiental. Es necesario reconocer que todos los ciudadanos de la Villa Imperial fueron y somos responsables del mismo, y debemos cooperar con su solución. ☀

BIBLIOGRAFÍA

- Archivo Casa de Moneda. Cabildo Gobierno Intendencia CGI 123. "Obrados relativos al arreglo de cañerías para la mejor provisión de aguas al público (1704-05)", f.1-22.
- Archivo Nacional de Bolivia.
- ANB Minas SG 109; Potosí 1568. Acuerdo del Cabildo.
- ANB Minas SG 245; Potosí 1587. Acuerdo del Cabildo.
- ANB Minas SG 334b; Potosí 1593.
- ANB CPLA, vol. 24. Acuerdo del Cabildo del 05-02-1649.
- ANB CPLA, vol. 60. Acuerdos del Cabildo de 1807 y 1808.
- ANB EC 1776.
- Archivo General de Indias. AGI. Charcas 21. Carta del 30 de mayo de 1652.
- Abecia Baldivieso, V. 1988. *Mitayos de Potosí. En una economía sumergida*. Barcelona: Técnicos Editoriales Asociados, S.A.
- Alonso-Barba, A. 1967. *Arte de los Metales, en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro, y plata por azogue, el modo de fundirlos todos, y como se han de refinar, y apartar unos de otros*. Editor A. Alba. Colección de la Cultura Boliviana N° 9. Potosí: Editorial "Potosí".
- Amurrio, J. de Alcalá. 1691. *Directorio del beneficio del asoque en los metales de plata*.
- Arzans de Orsúa y Vela, B. 1965. *Historia de la Villa Imperial de Potosí. Riquezas incomparables de su famoso cerro. Grandezas de su magnánima población. Sus guerras civiles y casos memorables*. Editores G. Mendoza y L. Hanke, 3 tomos. Providence (Rhode Island): Brown University Press.
- Arduz Eguía, G. 1985. "Una visión estadística de Potosí a principios del siglo XVII". *Ensayos sobre la historia de la minería altoperuana*. Madrid: Editorial Paraninfo, S.A., 79-96.
- Bargalló, M. 1955. *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*. México-Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Barnadas, Joseph M. (editor) 2002. *Diccionario Histórico de Bolivia* (DHB), 2 tomos. Sucre: Imprenta-Editorial "Tupac Katari.
- Capoche, L. 1959. *Relación general de la Villa Imperial de Potosí. Un capítulo inédito en la historia del Nuevo Mundo*. Editor L. Hanke. Biblioteca de Autores Españoles N° 122. Madrid: Ediciones Atlas.
- Cañete y Dominguez, P.V. 1939. *Potosí Colonial. Guía histórica, geográfica, política, civil y legal del gobierno e intendencia de la provincia de Potosí*. Editor G.A. Otero. Biblioteca Boliviana N° 5. La Paz: Imprenta Artística.
- Cobb, G.B. 1977. *Potosí y Huancavelica. Bases económicas del Perú, 1545-1640*. Trad. Del inglés por J. Muñoz. Biblioteca "Bamin". La Paz: Litografías e Imprentas Unidas.
- [Encyclopaedia Britannica]. 1992. *Enciclopedia Hispánica*. Macropedia, 14 volúmenes. Barcelona.
- Inch, M. 2002. "El rostro de la Villa Imperial (Siglos XVI-XIX)". Manuscrito inédito.
- Ocaña, D. de. 1969. *Un viaje fascinante por la América Hispánica del siglo XVI (1599-1606)*. Madrid: Ediciones Bailén.
- Lange, F. y Salazar-Soler, C. 1993. *Diccionario de términos mineros para la América española (siglos XVI-XIX)*. Paris: Editions Recherche sur les Civilisations.
- Llanos, García de. 1983. *Diccionario y maneras de hablar que se usan en las minas y sus labores en los ingenios y beneficios de los metales (1609)*. Editor R. Molina. Serie Fuentes Primarias N° 1. La Paz: Imprenta y Librería "Renovación",
- Serrano, C. 1994. "Potosí: agua y contaminación ambiental" (La Paz). *Revista de Ingeniería Sanitaria*, 8; 3-10.
- Serrano, C. y Gioda, A. 1999. "Apuntes relacionados con la catástrofe hidráulica de 1626 en Potosí" (Sucre). *Revista de la Casa de la Libertad*, 3; 77-123.
- Serrano, C. y Peláez, J. 1997. "Potosí y sus lagunas" (Potosí). *Revista de Investigaciones Históricas*, 14-130.
- Serrano, C.; Peláez, J. y Bouso, J. L. 1996. "La Ribera de la Vera Cruz de Potosí" (Madrid). *Rocas y Minerales*, 26; 49-67.
- Subieta Sagárnaga, L. (editor) 1913. "Relación del cerro de Potosí y su descubrimiento" (Potosí). *Boletín de la Sociedad Geográfica Potosí*, 1; 6-17.