

Azufre, ciclo y sistema. Contra una interpretación quietista de la minería en el desierto de Atacama

Nicolas Richard

▶ **To cite this version:**

Nicolas Richard. Azufre, ciclo y sistema. Contra una interpretación quietista de la minería en el desierto de Atacama. El perfume del diablo. Azufre, memoria y materialidades en el Alto Cielo (Ollagüe, s. XX), RIL Editores, pp.171-199, 2021, 978-956-01-0852-4. halshs-03094082

HAL Id: halshs-03094082
https://shs.hal.science/halshs-03094082

Submitted on 2 Apr 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

EL PERFUME DEL DIABLO

AZUFRE, MEMORIA Y MATERIALIDADES EN EL ALTO CIELO (OLLAGÜE, S. XX)

EDITADO POR
FRANCISCO RIVERA, PAULA GONZÁLEZ, RODRIGO LORCA

AUTORES:
ULISES CÁRDENAS, KAROL GONZÁLEZ INOSTROZA, FERNANDA KALAZICH, BRAD LOEWEN, NICOLAS RICHARD, FLORA VILCHES

CAPÍTULO 4

AZUFRE, CICLO Y SISTEMA. CONTRA UNA INTERPRETACIÓN QUIETISTA DE LA MINERÍA EN EL DESIERTO DE ATACAMA

NICOLAS RICHARD
Centre national de la recherche scientifique, CREDA UMR 7227[1]

La Respiración de la Tierra

Los antiguos alquimistas dividían los minerales en dos clases, los que se derriten y los que no. Lo minerales que no se derriten son las piedras y las tierras, que son la materia neutra que recubre la superficie de la Tierra. Los que se derriten, en cambio, son los "jugos" (alumbre, caparrosa, salitre, azufre, carbón, betunes, etc.) y los metales (oro, plata, cobre, hierro, estaño, plomo, mercurio) que anidan y se crían entre los primeros. Para distinguir los metales de los "jugos", se los podía volver a enfriar: los metales cuajan y recobran su forma inicial, mientras que a los "jugos" el fuego los cambia para siempre. La minería, decían así, es el arte de separar lo que se derrite de lo que no, es decir los metales de las piedras y los jugos de las tierras. Decían también que todo lo que se derrite, es porque tiene una parte de azufre, que es el fuego y la semilla, la sangre y la respiración de la Tierra.

Pensaban más precisamente que lo *derretible* (los jugos y los metales) ha debido formarse por las emanaciones de azufre y mercurio del centro de la tierra que han quedado enquistadas o atrapadas en las cavidades e irregularidades que les ofrecen las piedras de la superficie (que son lo no *derretible*), en donde cuajan y se engendran los metales, en unos "criaderos". Según el tipo de criadero, el tiempo que lleve ahí atrapado, las condiciones de humedad y calor, etc. se cría más bien este metal o este otro. Todos los metales y los "jugos" corresponden a distintos estados de incubación, maceración, corrosión, etc. (los doce procesos alquímicos) de unas mismas emanaciones iniciales de azogue y azufre:

> "Es el azufre un mineral conocidísimo: engéndrase de una substancia terrestre untuosa y muy caliente, en tanto grado, que es tenido por la cosa más parecida que hay entre las compuestas, al elemento del fuego. Llámanlo los que tratan de la filosofía secreta de los metales (alquimia], semilla masculina y primer agente de la naturaleza en su generación: y dicen, que la diferencia que entre unos y otros hay (de los metales], proviene de su varia purificacion y mixtura con el Azogue" (Barba, 1817 (1640), p. 19).

Esta creencia de los alquimistas en que los metales se forman y se transforman y no, como pensaban los quietistas, que fueron creados y dispuestos sobre la tierra de una vez por todas al principio de la creación, los acercaba al marco conceptual de las minerías andinas, para las que los metales también se forman y se transforman, según la diversa inclinación moral de los cerros (Bouysse-Cassagne, 2004, 2005; Salazar-Soler, 1997). Así, mientras en los Andes se sembraban los cerros con papas de plata para que se multiplicaran secretamente bajo la tierra, en el norte de Italia, al mismo tiempo, según cuenta A. Barba, hay un famoso mineral de fierro que los aldeanos, cuando va acabándose el metal, llenan de tierra y roca y dejan reposar diez años, antes de volver a desenterrarlo, tan rico y lleno de metales como en los primeros tiempos. Cuenta también Barba que en Potosí podían dejarse piedras en el fondo de la mina a las que al

[1] Proyecto ANR "Mécaniques sauvages. Le savoir mécanique dans les sociétés amérindiennes du Chaco et de l'Atacama", en el marco del Programme de Recherches sur le Désert d'Atacama (PREDA), Institut des Hautes Études sur l'Amérique Latine, Université Sorbonne Nouvelle Paris 3.

cabo de un tiempo se les había criado plata dentro. Este tratamiento vegetal de lo mineral o esta extensión a lo mineral del ámbito del cultivo (tratar la plata como se trata las papas o el fierro como se trata las trufas) ha sido objeto de estudios específicos en los Andes (Bouysse-Cassagne, 2005; Platt, Bouysse-Cassagne, & Harris, 2006; Salazar-Soler, 1992, 2002).

Por eso a los alquimistas les pareció teóricamente posible, si se encadenaban y dosificaban correctamente distintos procesos alquímicos, transmutar un metal en otro: porque estaban hechos de lo mismo. Y como el azufre y el mercurio (Paracelso agrega una tercera Sustancia Esencial, la sal) están al origen de todos los *derretibles*, entonces el azufre y el mercurio debían tener el secreto de su trasmutación. En efecto, buena parte de lo que se derrite produce azufre al derretirse (pirometalurgia) y otra parte, inversamente, se corroe fácilmente con ácido sulfúrico (hidrometalurgia). Además, los criaderos de metales suelen tener mucho azufre "y su presencia no es poca señal de su mucha riqueza". Así, dice A. Barba que en Potosí "casi todo era plata, criado entre tanta abundancia de Azufre, que las caxas o peñas entre que se cría el metal, ardían en llegandoles las velas encendidas" (Barba, 1817 (1640), p. 40). De modo que podía discutirse la composición y proporciones exactas de la piedra filosofal (que es una piedra teórica, postulada), que debía permitir transmutar los metales entre sí, pero no el hecho seguro de que ésta estaba principalmente constituida a base de azufre, que era la sangre y la respiración de la Tierra, su fuego y su semilla.

La ciencia moderna refutó más tarde algunas de las principales tesis alquímicas. Refutó, por ejemplo, que los siete metales tuvieran una relación preferente con alguno de los siete planetas del sistema solar, con alguno de los siete días de la semana y con alguno de los siete órganos del cuerpo humano y refutó que las doce constelaciones representaran doce procesos químicos y que el tránsito de un planeta por el zodíaco correspondiese a la acción de uno de esos procesos sobre un metal determinado: refutó, por ejemplo, que Marte transitando por Aries fuese el fierro descomponiéndose por calcinación. Más ampliamente, desconectó lo mineral del resto y creó, para estudiar *lo mineral en sí mismo*, una ciencia sin precedentes clásicos, ni griegos ni latinos, la geología (Lyell, 1833), que dijo esto: ni las papas tienen relación con la plata, ni las trufas con el hierro; en sí misma, la escala de lo mineral vuelve irrelevante el minúsculo ciclo de vida de los seres animados, como ridícula se ve una mosca en sí misma posada sobre un volcán en sí mismo – ciencia y ensimismamiento. Otras veces, sin embargo, se aportó una confirmación póstuma de las intuiciones antiguas. Paracelso, que escribió muchas recetas (como, por ejemplo, la del mercurio contra la sífilis), no escribió la receta, a base de azogue, azufre y sal, con la que, según sus contemporáneos, logró transmutar el plomo en oro (Paracelso, 1992): hubo que esperar a 1980 para que el físico nuclear G. T. Seaborg bombardeara una masa de plomo con suficiente violencia atómica como para hacerla perder una partícula y transformarse en oro. La piedra filosofal estaba hecha de energía y no de azogue y a decir verdad de tanta energía que sigue hasta hoy siendo más barato buscar metales entre las piedras que producirlos atómicamente. Y tampoco se equivocaban los alquimistas sobre el rol del azufre, pues la química moderna volvió a decir esto mismo: hay azufre por doquier, de las más distintas formas, presente en todos los mixtos minerales y animales y vegetales existentes, de modo que, tal y como decía A. Barba en 1640, los distintos procesos y transformaciones ora producen ora consumen azufre que es la respiración de la Tierra, su fuego y su semilla.

De modo que la primera idea esencial es que el azufre no es un mineral entre otros, sino uno que está en relación con todos los otros. Es un punto de vista singular y privilegiado para observar el funcionamiento de un determinado campo minero, que puede estar integrado por muchas minerías distintas, pero todas producen o consumen azufre. Es un punto importante, porque desplaza el ángulo de observación desde el estudio de tal o cual minería al estudio de las relaciones entre minerías. Se pasa de un planteo genealógico a un planteo estructural donde importa, no tanto el modo en el que por ejemplo tal minería del cobre desciende de tal otra

minería del cobre, sino lo que transita, se presta o circula entre la minería del cobre, la del salitre, la de la plata, etc. Este desplazamiento en el ángulo de observación tiene una serie de consecuencias que examinaremos enseguida, pero puede decirse desde ya que en su conjunto vuelve problemáticos los conceptos dominantes de "ciclo" y "sistema" minero. Y como la historia minera del desierto de Atacama se ha explicado comúnmente como una sucesión de "ciclos" (ciclo de la plata, del salitre, del cobre, etc.), cada uno asociado a la utilización de un nuevo "sistema" (los hornos de reverbero, el sistema Shanks, el sistema Guggenheim, etc.), entonces el estudio de la minería del azufre tiene un potencial crítico singularmente importante para la comprensión más general de la minería en Atacama.

La noción de ciclo plantea una serie de problemas que F. Braudel resumía así: esta noción de ciclo, decía, "entendida en el sentido cómodo de actividad económica limitada en el tiempo y en el espacio", plantea en el caso chileno, "que ha sido y sigue siendo un gran país minero", "el gran problema que es el de su unidad paradojal" (Braudel, 1948, p. 558). En efecto, si la historia de Atacama es solamente esa sucesión de ciclos, entonces ¿cómo se construye su principio de unidad? ¿Qué permanece de un ciclo a otro? Más ampliamente, si cada ciclo es autista y se consume a sí mismo – vacía las ciudades que pobló, desmonta los trenes que instaló, devuelve la gente que trajo, etc. – ¿De qué está hecho el tiempo que los separa? Por otra parte, la noción de "ciclo" tiende a focalizar la atención sobre un metal o mineral dominante (ciclo de la plata, del salitre, del cobre…) de modo que pareciera que en el desierto primero se hubiera explotado plata, luego salitre y luego cobre, lo que por supuesto es falso, pues siempre se explotó, *al mismo tiempo*, salitre, cobre, plata, etc. Como el azufre está correlado a otras minerías y es imposible considerarlo aisladamente, esta pluralidad aparece más claramente, así como el conjunto de solapamientos, resonancias y acoplamientos que entretejen unas minerías con otras.

El azufre en Atacama, una minería a contra-ciclo

El informe de Santiago Macchiavello (Macchiavello, 1935) es la fuente más completa sobre el estado de la minería del azufre hacia 1935, es decir justamente en plena crisis de la producción salitrera y auge de la gran minería del cobre: un "cambio de ciclo". En esa fecha, 502 pertenencias azufreras distribuidas por el país pagaban patentes anuales, de las que la mayor parte se concentraba en la cordillera de Tarapacá y Antofagasta, que eran también las regiones en las que se consumía la mayor parte del azufre producido. Según el mismo autor, las azufreras empezaron a explotarse a principios del s. XIX:

> "la explotación del azufre ha debido comenzar hace unos 110 años, conjuntamente con la del salitre, cuando ambas substancias se empezaron a usar en la fabricación de pólvora (…) la producción controlada es en Chile relativamente nueva, pues solo se comenzó a explotar esta substancia en forma regular en 1887" (Macchiavello, 1935).

Lo mismo en las azufreras del interior de Taltal, en torno al volcán Lastarria, donde el azufre era utilizado principalmente para la producción de yodo. Así, en la década de 1880, "A. Dietze se instaló también aquí (salar Plato de Sopa] con admirable energía (…) Junto al pequeño charco de la laguna del Plato construyó una casa de calamina hasta donde transportaba el azufre por medio de burros y por una nueva carretera construida en el flanco norte del cerro del nacimiento del Chaco, llevándolo hacia Vaquillas y Catalina" (Darapsky, 2013 (1900), p. 253).

Pero las azufreras eran conocidas de antiguo. Alonso Barba menciona en su tratado de 1640 que,

> "Hay grandísima abundancia de Azufre en la provincia de los Lipes, y en los confines de Pacages con la puna que llaman de Tacora, ó altos de Arica, y otras muchas partes, demás del que se halla mezclado con los metales en muchos de los minerales ricos de este reyno" (Barba, 1640, p. 21).

Macchiavello agrega que "antes que se construyeran los ferrocarriles a Bolivia", "los indios de Puquintica y otras regiones interiores vendían azufre a las faenas salitreras" (Macchiavello, 1935). Asimismo Gabino Ibáñez señalaba en 1832 que la "alcaparrosa" y el "alumbre" eran materia común de comercio con los Atacamas: en el desierto, dice, "*transitan los Atacamas con sus mercancías de Alcaparrosas, Alumbre y cueros de Vicuña*" (Téllez Lúgaro & Silva Galdames, 2013, p. 175). Hay muchísimo azufre en todas partes y costrones de azufre puro a la vera de los volcanes, abundante y predecible. Por eso nadie se hizo famoso por descubrir una azufrera, ni hay leyendas ni mitología específica sobre cómo lo hizo, a diferencia de los metales de plata, por ejemplo. El problema específico de la minería del azufre no es descubrir la azufrera, que siempre se supo dónde estaba, sino llegar a ella y transportarlo en cantidades suficientes como para rentabilizar la operación.

Según el cuadro estadístico de Macchiavello, cuyos primeros datos son de 1887, la producción llegó hasta 2500 toneladas anuales en 1887-1902, para luego elevarse a 5 mil toneladas anuales en 1903-1913. La primera Guerra Mundial multiplicó la demanda de azufre y salitre hasta 10 mil toneladas año en 1914 y 19 mil toneladas año en 1919. El año en que cierra su cuadro, 1934, la producción fiscalmente declarada de azufre en Chile era de 20 mil toneladas año, de la que más de dos tercios provenía y era consumida en las regiones de Antofagasta y Tarapacá (Macchiavello, 1935). 20 mil toneladas al año es una cifra muy considerable, son muchísimas mulas y luego muchísimos camiones al año trepando a la cima de los volcanes. Hasta la primera guerra mundial, el azufre de Atacama se explotó al alero de la industria salitrera, que era responsable del 70% del consumo de azufre del país, en torno a 10 mil toneladas año. Se lo usaba para la producción de explosivos (que se utilizaban principalmente en la propia extracción del salitre) o en el proceso de extracción del yodo y una menor parte era exportada para su uso en zonas agrícolas (típicamente como pesticida en los viñedos) o para la producción de explosivos militares. Según Macchiavello, la industria del azufre estaba acoplada al ciclo salitrero al punto que tenían la misma curva de producción y las crisis y auges del uno corresponden a las del otro (Macchiavello, 1935).

No obstante, añade el autor, a partir de la inauguración de Chuquicamata en 1915, una parte creciente de la producción de azufre es consumida por la minería del cobre. En efecto, Chuquicamata ha inaugurado un nuevo "sistema", basado en la lixiviación de minerales por percolación en bateas con un uso masivo de ácido sulfúrico y posterior electro-obtención directa del cobre, que le permitía explotar cobre de baja ley a gran escala. Por otro lado, la minería siguió necesitando explosivos: en 1923 se crea la Sociedad Sudamericana de Explosivos, con capitales de la Dupont de Nemours y una planta de producción en Calama. En efecto, un hoyo como el de Chuquicamata ha de equivaler a una pequeña guerra en cuanto a la cantidad de explosivos movilizados (un guerra contra un cerro). Sobre ese hoyo, cabe decir también que lo excavaron las mismas palas, los mismos trenes y los mismos ingenieros que acababan de terminar otro hoyo colosal, que era el canal de Panamá y que en 1950 utiliza la misma pala mecánica - la "Pala Mundial" – que está excavando la represa de Assuan en Egipto (o cómo se explota cobre con saberes y máquinas que transmigran desde las grandes obras hidráulicas y desde la construcción).

De modo que, tras la crisis del salitre en la década de 1930, la extracción de azufre de volcanes no declinó, sino que siguió en aumento acoplada esta vez a la minería del cobre. P. Monbeig anota en 1951, cuando visita la zona, que "la vida minera se ha desplazado a los Andes con la puesta en valor de las azufreras a 5000 m. aproximadamente. Bajado en camión o en

transportadores aéreos, el azufre es utilizado en las refinerías de cobre de Chuquicamata, en una fábrica de explosivos que montó la Dupont de Nemours cerca de Calama o exportado hacia las industrias químicas de los grandes centros de Chile" (Monbeig, 1951)[2]. La extracción de azufre desde los volcanes para suministrar ácido y pólvora a la gran minería del cobre llegó a su *peak* en esta década de 1950, antes de empezar a declinar. Si en 1934 la producción total de azufre natural en Chile era de cerca de 20 mil toneladas; dieciocho años más tarde, en 1952, esta se había duplicado hasta las 40 mil toneladas anuales (Pérez López, 1953).

Monbeig anota también que en 1951 "La explotación (de Chuquicamata] comienza a llegar a minerales ricos en sulfuros, para los que hay que prever nuevos modos de tratamiento y construir nuevas instalaciones. Al mismo tiempo el trabajo a cielo abierto parece llegar a su fin y se empiezan a excavar galerías" (Monbeig, 1951)[3]. En efecto, tras 35 años de explotación, los óxidos de cobre más superficiales van agotándose y la mina debe empezar a trabajar con sulfuros de cobre, que no son tratables en el sistema de bateas y electrólisis, sino a través de pirometalurgia: en 1952 se inauguran la planta de sulfuros, la fundición y el "horno *flash*" de Chuquicamata. El punto esencial es que, mientras el procesamiento de los óxidos de cobre requiere ácido sulfúrico en grandes cantidades, el tratamiento de los sulfuros de cobre en cambio produce ácido sulfúrico en grandes cantidades. A partir de 1952, de hecho, la fundición de Chuquicamata se transformará (junto a las de Ventanas, Paipote o El Teniente) en uno de los principales productores de ácido sulfúrico del país, principalmente para el consumo de la propia mina. Esta ruptura técnica en el corazón de Chuquicamata es decisiva para entender lo que ocurrirá en adelante a trescientos kilómetros de ahí, en las azufreras que se han multiplicado por la cordillera y que no pueden más competir con el azufre que Chuquicamata obtiene ahora de modo casi gratuito de sus propios procesos mineros.

Hay azufre en todas partes, de todos los modos, integrando todos los mixtos minerales, animales o vegetales que pueblan el planeta, de modo que todos los procesos, ora producen ora consumen azufre, que es su sangre y su respiración - así decían los alquimistas. Los antiguos también notaban que de entre los *derretibles*, el azufre se derrite mucho, a tan sólo 116 grados Celsius. En 1900, aprovechando el desarrollo de las tecnologías de perforación petrolera, H. Frasch imaginó en Norteamérica un sistema (… el "sistema Frasch") que permitía extraer azufre desde las capas subterráneas, derritiéndolo con agua caliente bajo tierra y subiéndolo en forma líquida a la superficie. Bajo tierra, el agua hierve a mayor temperatura y se calienta más fácil, por lo que alcanza sin dificultad los 116º requeridos. A 5 mil metros de altura, en cambio, a la vera de los volcanes andinos, este era uno de los problemas críticos: para que el agua alcanzara la temperatura necesaria, debían gastarse muchos recursos en calentar y aumentar artificialmente la presión del circuito, por ejemplo, con un uso intensivo de llareta y autoclaves u ollones presurizados. Cuando las petroleras se adentraron océano adentro, el "sistema Frasch" conquistó los mares y extrajo cantidades inimaginables de azufre a bajísimo costo, por ejemplo, en el Golfo de México. Otra minería migrando; saberes, gentes y técnica pasando del petróleo al azufre, extrayendo azufre como se extrae petróleo. Hacia 1950, la mitad de la producción mundial de azufre provenía del invento imaginado por Herman Frasch (Derry & Williams, 1990, pp. 198–199; Proceso Frasch para producción de azufre elemental, s/f). Y como de la otra mitad, buena parte provenía de refinerías, industrias y fundiciones que lo recuperaban como subproducto en sus procesos - pues todos los procesos, ya se sabe, producen

[2] "La vie minière a gagné les Andes avec la mise en valeur des soufrières aux environs de 5 000 m. Descendu en camion ou en transporteurs aériens, le soufre est utilisé dans les raffineries de cuivre de Chuquicamata, dans une fabrique d'explosifs montée par la firme Dupont de Nemours près de Calama ou exporté vers les industries chimiques des grands centres du Chili".

[3] L'exploitation (de Chuquicamata] commence à s'attaquer à des minerais riches en sulfure, pour lesquels il faut prévoir de nouveaux modes de traitement, donc entreprendre de nouvelles installations. En même temps le travail à ciel ouvert semble approcher de sa fin et l'on commence à creuser des galeries".

o consumen azufre -, entonces el azufre dejó de ser un recurso extractivo localizado y periférico y pasó a ser un indicador de desarrollo industrial, la sangre y la respiración del capitalismo industrial, el resumen o la síntesis de todos sus procesos. Las regiones productoras de azufre dejaron de ser la distante Luisiana o los inalcanzables volcanes de Atacama y empezaron a ser los Estados Unidos, Inglaterra, Francia o Alemania, ahí donde había más procesos industriales en curso, es decir más azufre en circulación. Así, hacia 1950 aproximadamente, la suerte de las azufreras de Atacama estaba echada, pues se conjugó una menor demanda (por agotamiento de la minería de óxidos) y una mayor oferta (de azufre obtenido en funciones y refinerías). Lo que H. Frasch había inventado, era cómo saltarse la minería y los mineros y pasar directo por un tubo: sacar azufre con sistema, pero sin método.

Una minería "con método" pero "sin sistema"

La minería del azufre pasó de estar acoplada al ciclo salitrero a estar acoplada al ciclo de la gran minería del cobre. La primera pregunta que cabe hacerse es qué cambios supuso este tránsito para la propia minería del azufre, si es que los hubo, o si por el contrario esta transitó sin solución de continuidad de un "ciclo" al otro, tan solo aumentando la escala o volumen de producción. En cuanto a las técnicas de extracción, no parece que éstas hayan variado mucho:

> "La explotación se efectúa cavando hoyos o zanjas de poca profundidad; con este trabajo se llega a una capa de azufre de baja ley que se llama 'costra' y luego a una capa de azufre de mejor ley que es el 'caliche'. El trabajo se efectúa sin sistema y en donde el minero cree encontrar los minerales de mejor clase. Las herramientas, en atención a que el terreno es blando, son poco costosas y basta con los chuzos, las palas y las picotas. No existe propiamente un sistema de explotación. Los productores pagan el mineral por quintales, mineral de ley determinada, y lo envían a sus canchas de carga o a la refinería. Los mineros eligen el terreno que les parece bien y proceden a cavar. Arrojan los desperdicios donde se les ocurre, aprovechando un 50% del mineral. Suelen volver una semana más tarde y recoger los minerales que habían desperdiciado. Todo el mineral que se muele fino se pierde. El 'método' parece trasplantado en todos sus detalles desde las calicheras. El mineral se saca a mano de las excavaciones y cuando un minero amontona una pila suficientemente grande la ensaca, la carga en llamas y la lleva a la cancha donde la pesan. El patrón, para su seguridad, descuenta un 100. Algunas veces se incendian las minas. Se puede ahogar el fuego rápidamente, tapandolo con más azufre. Se pierden así miles de toneladas que o se queman o se funden y corren por las faldas del cerro" (Macchiavello, 1935).

Es notable la diferencia que establece el autor entre el "método" y el "sistema"; la minería del azufre dice, es una minería con método, pero sin sistema. Respecto del método, señala que éste parece "trasplantado en todos su detalles desde las calicheras". Es decir, no solo que azufre y salitre fueron dos minerías distintas pero acopladas y complementarias, con los mismos auges y con las mismas crisis, sino más fundamentalmente que una engendró técnicamente a la otra, es decir que se recoge azufre como se recoge salitre y que incluso se dice "caliche" al costrón de azufre. Todo un conjunto de gestos técnicos, de herramientas y vocabularios, de gente y de ideas transmigrando silenciosamente de una minería a otra y de la pampa a los volcanes. Eso en cuanto al método, que es la forma en que se hacen las cosas. Pero este método, pues, adolece de sistema, cuestión sobre la que el autor insiste en dos ocasiones ("el trabajo se efectúa sin sistema…" y luego "no existe propiamente un sistema de explotación").

¿Cómo es un método sin sistema? ¿Qué entiende exactamente el autor por "sistema"? En la primera ocurrencia, la palabra "sistema" debe ser traducida por "dispositivo" o "máquina", es decir que se trata de un método no-mecanizado de extracción; se trabaja a mano, con chuzo y pala, sin sistema (= sin máquinas). Pero en la segunda ocurrencia, justamente al agregar la palabra "propiamente" ("no existe *propiamente* un sistema de explotación") el alcance del término es más amplio. Ya no alude solamente a la ausencia de dispositivo o máquina en sentido estricto, sino a una ausencia más general de orden y previsibilidad. Espacialmente, los hoyos se hacen "donde el minero cree" o donde "le parece bien" y los desperdicios se arrojan "donde se les ocurre". La temporalidad también está sincopada, ya sea que los mineros desaparecen por semanas, ya sea que la mina se incendia y derrite por completo. Y económicamente, por último, ese método sin sistema produce mil despilfarros, solo se aprovecha 50% del mineral, se pierde todo el mineral fino y cuando se incendia la mina, "miles de toneladas de azufre o se queman o se funden y corren por las faldas del cerro". Todos estos desórdenes en las espacialidad, en la temporalidad y en la economía de la mina, son a lo que el autor llama la inexistencia *propiamente* de un sistema de explotación. Pero hay luego un tercer nivel de este problema. En efecto, si Chuquicamata, que es la más moderna mina de cobre del mundo, electrificada y mecanizada en todo, consume miles de toneladas anuales de azufre que se extraen en la cordillera inmediata con procedimientos enteramente pre-mecánicos, entonces, ¿cómo hablar de un mismo "sistema" en el que estarían la modernísima planta de electrólisis y los viejos descolgando planchones de azufre a seis mil metros de altura? ¿Los viejos con pala y chuzo agarrados a la punta del volcán, también forman parte del "sistema Guggenheim"? etc.

La noción de ciclo minero, asimismo, es particularmente mal adaptada para tratar las zonas de frontera, puesto que se los define habitualmente a partir de los cuadros estadísticos que producen las distintas administraciones nacionales, de modo que se llega al absurdo de tratar como dos objetos históricos distintos el "ciclo del azufre" en Chile y el "ciclo del azufre" en Bolivia, aunque concretamente sean dos vertientes de unos mismos volcanes (lo mismo ocurre con el "ciclo de la plata" en Chile y el "ciclo de la plata" en Bolivia, aunque sean los mismos capitales, las mismas técnicas y el mismo filón geológico). El carácter fronterizo de las explotaciones azufreras es así generalmente un punto ciego, pero estructurante. No sólo en el sentido más evidente de que las azufreras están situadas en la frontera, sino más esencialmente porque en muchos sentidos la minería del azufre juega un rol estructurante en la producción concreta del hecho social "frontera". Macchiavello recuerda la dificultad extrema de las condiciones de trabajo imperantes en las azufreras (Macchiavello, 1935) y ofrece una descripción racializada de la minería del azufre, en una zona por demás recientemente conquistada militarmente. A esto llama Macchiavello la inexistencia, *propiamente*, de un sistema de explotación:

> "A 20,000 pies el movimiento de inspiración suministra a los pulmones a velocidades iguales, la mitad del oxígeno que a nivel del mar. El término medio del trabajo que un hombre puede realizar a esta altura no va más allá de quitar y poner la montura a su mula. Aun los mineros chilenos acostumbrados a alturas de 10,000 pies son incapaces de desempeñar labor apreciable a alturas mayores de 16,000 pies. Los indios bolivianos criados, en estas condiciones, son los únicos que pueden soportar el trabajo. (…) En esta situación, principalmente en las azufreras de las provincias del Norte, el obrero chileno es reemplazado con ventaja en la producción, por indios bolivianos y peruanos que, aunque rinden menos, no son afectados por la altura. Cuando en 1925 el Gobierno de Bolivia prohibió la salida de indios, debido a la escasez de brazos que se hacía sentir en ese país, las azufreras del Tacora disminuyeron su producción en tal grado que el Gobierno chileno se vio en la necesidad de levantar el

impuesto de internación del azufre europeo, a fin de satisfacer las necesidades del mercado interno" (Macchiavello, 1935).

El azufre es un mineral abundante, superficial y barato, por lo que los costos de transporte tienen una dimensión crítica. Ocurre con el azufre como más tarde con los áridos o con la cal, la principal ventaja comparativa es estar cerca del punto de consumo, el principal costo es el transporte y el bien de capital más importante es el medio de transporte, mecánico o animal. El resto, son gente, herramientas pocas y baratas y un par de zanjas en el cerro. El cuello de botella técnico de este sistema, ahí en donde se produce sistemáticamente la novedad o la ruptura, es el modo de transporte. De llamas a mulas, de mulas a carretas, de carretas a trenes y luego camiones y andariveles, etc. (y todas esas formas coexistiendo entre sí), la capacidad de transporte explica directamente las variaciones de escala en la producción.

En este caso, la ventaja comparativa de las azufreras es que están cerca de los puntos de consumo situados en la pampa calichera primero y en las grandes minas de cobre más tarde o de otro modo su explotación no hubiese sido viable. En general, entonces como ahora, se extrae azufre en el desierto de Atacama mayoritariamente para su consumo en el funcionamiento minero del mismo desierto de Atacama (el azufre es su sangre y su respiración). De modo que esta cercanía a los puntos de consumo es una condición inicial, necesaria. Pero se trata de una cercanía bien relativa… Ciertamente, los volcanes de Antofagasta y Tarapacá estaban más cerca de Chuquicamata que el muy abundante y barato azufre norteamericano (a la sazón primer productor mundial, por lejos, de ácido sulfúrico), que hubiese tenido que ser embarcado, desembarcado y transportado hasta la mina de un hemisferio a otro del planeta, que es lo que sí hacían con la madera, el petróleo o las cervezas. Las azufreras en cambio, están a doscientos kilómetros de la mina, aunque a cinco mil metros de altura. Las de la cuenca de Ollagüe, a pesar de estar más distantes, podían beneficiarse del tren Antofagasta-Uyuni que abarataba sensiblemente los costos de transporte, de modo que pudieron escalar más fácilmente en volumen de explotación y mecanizarse en parte, por ejemplo, a través de andariveles que hicieran más expedito el descenso del mineral desde la cima de los volcanes. Pero muchas otras azufreras se encontraban a excesiva distancia de alguna estación de tren, como las de Putana o Sairecabur al noreste de San Pedro de Atacama o las del volcán Azufrera o Lastarria, en la cordillera de Taltal. Macchiavello estima que en 1935 el costo de transporte equivale a dos tercios del precio de venta en Antofagasta del azufre extraído en la azufrera del volcán Putana, al sur del Tocorpuri. El azufre debe bajar desde el volcán a lomo de mula más de cien kilómetros hasta el punto de acopio en la estación San Pedro del tren a Antofagasta (Macchiavello, 1935).

En conclusión, si el volumen de azufre extraído se duplicó entre 1934 y 1954, se debe principalmente al mejoramiento de las condiciones de transporte y no a un cambio en la naturaleza del sistema extractivo, que sólo modificó su escala de producción, pero sin transformarse esencialmente. Ciertamente, se explotaron más azufreras y se contrató a más gente; pero ese más de gente explotó esas nuevas azufreras del mismo modo que antes, "con método, pero sin sistema", con chuzo y picota desde las gradientes volcánicas. Sobre el plano del transporte, en cambio, la aparición del camión está produciendo una ruptura tecnológica importante, aboliendo las mulas (a las que reemplaza) y sometiendo los burros y las llamas (que lo cargan al pie del volcán) a un régimen cada vez más intensivo de trabajo. En un principio, los camiones compiten en desventaja con las mulas y las llamas, pues no hay todavía caminos, ni combustible, ni repuestos, ni choferes con los que hacerlos funcionar (Richard, Moraga, & Saavedra, 2016), pero hacia 1950-60, la arriería y transporte de minerales están ya casi enteramente mecanizados. No es, como se dice comúnmente, que la arriería atacameña haya desaparecido con la llegada del camión, sino más bien el camión que se acomoda al flete

atacameño, rearticulando mecánicamente lógicas de conectividad muchísimo más antiguas (Richard, Galaz-Mandakovic, Carmona, & Hernández, 2018; Richard et al., 2016).

El azufre y el "poder transportista"

Respecto de la extracción de llareta, que compartía los mismos circuitos de transporte que el azufre y que era utilizada como combustible en los campamentos mineros (incluidos los azufreros), o en las panaderías y hornos de las ciudades o para la calcinación y fundición de metales y el funcionamiento de las máquinas a vapor y generadores, Monbeig estima en nueve mil toneladas al año la llareta que se extraía hacia 1951 de la cuenca del Loa y Salar de Atacama y alertaba sobre la extinción del recurso en no más de quince años (Monbeig, 1951). Puede estimarse que esas nueve mil toneladas de llareta bajaban hasta los centros de consumo en algo de tres mil viajes de camiones, a tres toneladas el camión, a saber, un poco más de 8 camiones por día, todos los días del año. La producción de azufre en la cuenca del Salar de Atacama debe haber rondado las 10 o 15 mil toneladas año (para un total país de 40 mil t/año en 1952), o sea, el equivalente de otros diez camiones bajando por día desde los volcanes. Es decir que en la década del '50 subían y bajaban a este sector de la Puna, por los distintos caminos, entre 15 y 20 camiones diarios. Como referencia, un camión de tres toneladas se llena con la carga de cien llamas, de sesenta mulas o de ciento-veinte burros o, lo que es lo mismo, para llenar 20 camiones diarios deben movilizarse, aguas arriba en el proceso, dos mil llamas por día, o mil doscientas mulas, o dos mil cuatrocientos burros diarios y todo el pasto, el agua, los reemplazos y los cuidado que esos animales demanden. De modo que hacia 1950 muchísima gente, mulas, burros y llamos están trabajando en la cordillera sacando azufre o llareta para llenar los 20 camiones diarios que bajan de la Puna; gente venida de todos los Lipes y de Atacama, más los trabajadores que la crisis del salitre expulsó y que se reconvirtieron, por ejemplo, en la apertura de caminos para los camiones. Se saca llareta como se saca azufre, con chuzo y picota en las gradientes volcánicas, para que los mismos patrones la embarquen en las mismas mulas y en los mismos camiones que el azufre: la explotación minera de una planta, una minería (una gente, unas herramientas, unos vocabularios, etc.) transmigrando silenciosamente de lo mineral a lo vegetal.

En efecto, la principal inversión que suponía la explotación de una azufrera, eran los camiones y la construcción del camino. Lo importante no era ser dueño de una azufrera abstracta en la cima de un volcán, sino del camino y de los camiones concretos con los que se llega a ella. En eso, el desierto es como el mar; lo que importa es la embarcación. El "patrón", dice Macchiavello, es el dueño de los camiones, que es quien equipa su gente con herramientas, pocas y poco costosas, les paga por quintal de azufre bajado en llamas o burros hasta su cancha, en donde lo pesa ("para su seguridad, descuenta un 100") y lo ensaca y lo transporta (en camión) hasta los puntos de consumo o venta. El camión va introduciendo *sistema* en esa minería.

Es el caso paradigmático de Alberto Terrazas. J. C., de Ollagüe, arriero y luego 'hacedor de caminos', recuerda:

> "A Aucanquilcha llegué haciendo caminos por Alberto Terrazas; él contrataba gente. Que en paz descanse don Alberto Terrazas. Él contrataba gente y había que ir a trabajar allá. Él, dicen, que llegó muy joven acá, era boliviano. Y llegó aquí y empezó a trabajar. Le gustaban esos trabajos así, luego se compró un camión chico, un Ford A, después se compró uno grande, después uno más grande y así… Sí, era empresario el hombre, él era empresario. Y no solamente era empresario en este cerro, sino también

en Santa Rosa, Aucanquilcha, Polán, Puquios… en todas esas partes hizo los caminos él, contratando trabajadores. Yo trabajé con él, en la llareta"4.

También es el caso de la familia Urdangarín, inmigrantes vascos que en el año 1949 emprendieron un negocio que integraba la importación de camiones, la explotación de llareta y azufre y el mantenimiento de pulperías que abastecen a los trabajadores y más allá a las distintas comunidades de la Puna. M. P., camionero de Lasana, recuerda que "Los Urdangarin acá tenían mucho peso, por ejemplo, en los camiones que yo trabajaba como ayudante eran todos de los Urdangarin. Había un tío, Ignacio Urdangarin, que era el tío de los otros patrones, el Juan y el Ernesto Urdangarin"[5]. E.G., de Chiu-Chiu agrega que

> "Los Urdangarín tenían camiones y tenían un contrato, un convenio con Codelco (Chuquicamata) para enviarle la llareta y mandarle el azufre, porque de eso vivía Estación San Pedro (…) Aquí en Chiu Chiu pasaba la llareta, pero que traían de Toconce y Caspana; de ahí traían la llareta, porque ahí también estaban los Urdangarin. Allá había unos camiones, los 46'. Después salieron los 51' y ahí compraban esos. Ahí después murió el don Urdangarin, después llegaron los 56' y así"[6].

En consecuencia, en torno a la explotación de las azufreras se desarrollaron los primeros caminos para camión, que son la trama del actual mapa rutero de la región. El camino que salía de Ollagüe al norte hasta Ujina y luego abría más al norte hacia el salar de Coposa (actuales B-15-A y B-15-B) era fundamental. J.C. recuerda que

> "de ahí nos mandaron a nosotros a Coposa, que era donde tenía la veta de llareta, la llaretera. Allá Terrazas administraba todo no más, y todo era para sacar el azufre: hacer las huellas, construir los caminos, traer los camiones y después las máquinas, contratar a la gente, todo (…)"[7].

Desde Ujina se abrió una huella que bajaba hasta Huatacondo y de ahí a la pampa (actual A-855). Este camino, el "camino de A. Terrazas", salía de Ollagüe "daba la vuelta y llegaba a todas partes" y conectaba con Ujina, Coposa o Huatacondo:

> "Durante ese tiempo se debe haber hecho uno de los caminos que tiene más importancia, que es el que va por Ujina, y ese da la vuelta para allá hacia Huatacondo y aparece por acá desde de este otro lado. Es un camino que comienza en Ollagüe (…) si se quiere subir a Ujina, se sube a Ujina, si se quiere seguir a Huatacondo, se sigue para allá no más y se llega incluso a Collahuasi y Coposa (...) Entonces ese camino da la vuelta y llega a todas partes"[8].

En la puna boliviana el fenómeno fue similar. Los primeros caminos, en sitios donde hasta la década de 1940-50 se veían sólo huellas arrieras entre descampados de piedras, fueron obra de empresarios del azufre. A la mina-cráter del Uturuncu, por ejemplo, se debe el primer camino de ruedas entre Quetena, Laguna Colorada y Uyuni, obra de una compañía de Cochabamba. De igual modo, las azufreras de San Pablo de Napa desarrollaron caminos que

---

[4] Entrevista J.C., Ollagüe, 2012 - archivo proyecto FONDECYT N°11110487
[5] Entrevista M. P., Lasana, 2012 - archivo proyecto FONDECYT N°11110487
[6] Entrevista E. G., Chiu-Chiu, 2012 - archivo proyecto FONDECYT N°11110487
[7] Entrevista J. C., Ollagüe, 2012 - archivo proyecto FONDECYT N°11110487, Nicolas Richard
[8] *Ibid*.

conectaban hacia el eje Collahuasi-Ujina-Ollagüe en Chile y que abrieron la conexión a Uyuni vía Chela-Loma-San Juan-Julaca, es decir buena parte de la rebautizada actual Ruta Nacional 5 de Bolivia, por el norte del salar de Chiguana.

De modo que la explotación de las azufreras jugó un rol decisivo en la mecanización del transporte en la Puna de Atacama. Se hicieron los caminos y se liberó una fabulosa cantidad de camiones que echó a correr por los cerros. Los choferes aprendían en las minas antes de retirarse, en cuanto les fuese posible, con el camión emancipado y disponible para ir armando sus propios negocios. Así por ejemplo el camión de M. P., en Lasana (Alto Loa):

> "En Chuqui compré mi camioncito a una persona que trabajaba allá. Me costó barato allá. El camión me lo compré pensando en la llareta, en cargar llareta en Ayquina, Cupo, Linzor y Toconce. Me juntaban la llareta ahí y entonces yo tenía que hacer la entrega en el campamento. Ese fue mi trabajo después de "Chuqui". Cuando empecé a trabajar en la llaretera, fui juntando mi platita, de a poco. Y juntándola así de a poco, con el tiempo, es que fui ahorrando para comprar mi camión"[9].

O el camión de F. S., en Nor-Lípez, también salido de Chuquicamata y que en la década de 1950 abrió la primera huella de San Agustín hasta Uyuni[10]. O el camión de S. B. H., en Alota (Nor-Lípez, Bolivia), un camión americano que pasó su primera vida en las minas del desierto y su segunda vida llevando llareta a Pulacayo[11]. O el camión de E. R. B., también en Alota, que tuvo una primera vida en Chuquicamata y una segunda vida en la Puna, abasteciendo el almacén del pueblo[12]. O este otro camión en Chiu Chiu, que anda suelto por el desierto cargando 'cualquier cosa' con 'cualquier destino':

> "Me compré un camión del año 1956, un Ford, pero viejo, usado. Tuve otros dos, unos Ford 48, americanos. (…) Esos camiones aquí me servían para todo. Cuando había pedido por ejemplo traía barro para las construcciones, piedras también. Cargaba cualquier cosa que me encargaran, entonces yo prestaba el servicio del camión para cargar cualquier cosa que me pedían (…)"13.

O este otro camión, también de Chiu-Chiu, que terminó muriendo desbarrancado cerca de Tocopilla: "Ocho años estuve trabajando de motorista (…) y ahí me fui, me retiré y con eso me compré un camión modelo 56', por ahí por el año 1966. Después yo de ahí pesqué mi camión y me fui a trabajar (...)"[14].

Cuando la minería del azufre entró en crisis y se vaciaron los campamentos, las pulperías y las plantas que ella misma había creado, lo que quedó fueron los camiones, los choferes y los caminos. La explotación de la llareta acabó por esos mismos años, en parte debido a la sobreexplotación del recurso, en parte por la masificación a partir de fines de los '60 de una nueva tecnología que permitió encender cocinas, hornos y estufas a bajísimo costo: la botella de gas licuado (Historia Empresas Gasco, s/f; Historia Empresas Lipigas S.A., s/f). En cualquier caso, en esos años las cordilleras volvieron a vaciarse, las gente y los animales que hasta entonces llenaban veinte camiones diarios de azufre y llareta se marchó y los ramales y los andariveles cayeron en desuso. Lo que quedó, en cambio, fueron los caminos, los choferes y los

---

[9] Entrevista M. P., Lasana, 2012 - archivo proyecto FONDECYT N°11110487
[10] Entrevista F. S., San Agustín, 2012 - archivo proyecto FONDECYT N°11110487
[11] Entrevista S. B. H., Alota, 2012 - archivo proyecto FONDECYT N°11110487
[12] Entrevista E. R. B., Alota, 2012 - archivo proyecto FONDECYT N°11110487
[13] Entrevista E. G., Chiu-Chiu, 2012 - archivo proyecto FONDECYT N°11110487
[14] Entrevista A. G., Chiu-Chiu, 2012 - archivo proyecto FONDECYT N°11110487

camiones, que pasaron de cargar azufre y llareta a cargar otras cosas, por ejemplo, áridos. Todo un sistema de gestos, de vocabularios, de máquinas, etc. transmigrando silenciosamente por entre las cordilleras, del azufre al ripio: otra vez la zanja, las palas, el costrón, el camión como unidad de producción, hoyos que se hacen "donde se quiera", la cercanía al punto de consumo como condición esencial, etc. Desde la ley minera de Pinochet que los áridos no son minería en Chile, hasta entonces lo eran. A decir verdad, la más bella de las minerías, su grado cero, el "método" y el "sistema" dando vuelta en banda y recogiendo nada, tierra, piedras y arena. El "método", así, pasó del guano al salitre y del salitre al azufre y del azufre a la llareta y de la llareta a los ripios: entró y salió de la minería.

El "sistema", en cambio, lo fueron imponiendo los caminos y los camiones, 20 por día bajando del cerro hacia 1950 (y volviendo a subir…), que son los que dictaron el *ritmo* de todo el resto del sistema, en sus partes animales, vegetales o minerales. El ritmo de los camiones manda sobre el ritmo de las mil doscientas mulas y de las 9 mil toneladas de llareta, sobre el ritmo de los chuzos, de las herraduras, del agua que se trae, de las comidas que se sirven, etc. Toda esa relojería andina le viene siguiendo el ritmo a los camiones, que son sus "sistema". Una parte de los camiones, veremos, quedó en el sistema y siguió transportando azufre (sólo que en sentido contrario), pero la otra, la parte de camiones que se emancipó, la que se salió de sistema, esa pasó por una de estas una de esas torsiones topológicas *moebianas* que tanto afeccionan los mitólogos : pasaron de transportar lo más *derretible* (azufre) a lo menos derretible (áridos y ripios) al mismo tiempo que pasaron de ser sistema a ser método : $F_X(A) : F_Y(B) \approx F_X(B) : F_{A^{-1}}(Y)$ (Maranda, 2001; Scubla, 1998). Los otros, los camiones castrados, los que no se emanciparon ni se torcieron, los que se quedaron en el pavimento, esos siguieron transportando azufre, en enormes cantidades, sólo que ahora en millares de minúsculas cisternas naranja de ácido sulfúrico para irrigar las pilas de mineral y separarles los que se derrite de lo que no.

LX-SX-EW, un "sistema" sin "método"

Para separar lo que se derrite de lo que no se derrite, los antiguos alquimistas imaginaban que debía aplicarse a los minerales algún tipo de compuesto a base de azufre y azogue sabiamente entremezclados. Llamaban elixir de vitriolo al ácido sulfúrico, que era casi como el fuego por cómo derretía y arrastraba consigo los metales, desde los más imperfectos (como el fierro, al que atacan el aire o el agua) a los más perfectos (como el oro, al que sólo se ataca con agua regia). Esta intuición hidrometalúrgica no fue desmentida por el tiempo, sino al contrario, se constituyó en la clave del nuevo ciclo de auge minero a partir de los años 1990, en el que se difundió por el desierto el "sistema" LX-SX-EW de Lixiviación en pilas (LX), extracción por solvente (SX) y electro obtención (EW) de cátodos de cobre metal. Este nuevo "sistema" inaugura un nuevo "ciclo", que es el ciclo minero cuprífero contemporáneo. Toda la minería de óxidos de cobre a partir de entonces es con producción de cátodos a través de LX-SX-EW, que se hizo funcionar por primera vez sobre pilas de metal regadas por ácido en el mineral de Lo Aguirre, durante la década de los '80 (Beckel, 2000; Domic Mihovilovic, 2001). Tanto la gran minería (Escondida en 1989, Cerro Colorado en 1994, Quebrada Blanca en 1994, Zaldívar en 1995, El Abra en 1996, Doña Inés de Collahuasi en 1998, Radomiro Tomic 1998, El Tesoro en 2001, Spence en 2006, Gaby 2008, etc.) como minas de tamaño medio (Michilla, Antucoya, Francke, Biocobre, Andacollo, etc.) se construyeron sobre este sistema, regando con ácido pilas de mineral extraído a rajo abierto y recogiendo luego el jugo resultante para decantarlo por electrocución.

En este "sistema", para extraer una tonelada de cobre metal hace falta utilizar 1.7 toneladas de ácido sulfúrico. Este consumo teórico, estequiométrico, varía según la ley del mineral, de modo que a menor ley mayor consumo de ácido. En el período 2007-16, según las

estadísticas de COCHILCO, la ley promedio de los yacimientos de óxidos de cobre en Chile bajó en 30.4% a una tasa de decrecimiento del 3.53 % anual. Simétricamente, el consumo de ácido sulfúrico para la minería de óxidos aumentó en ese periodo en un 33.5%, hasta un valor real de 4,29 toneladas de ácido sulfúrico necesarias para producir una tonelada de cátodos SX-EW de cobre metal (4,29 H2SO4/ton de cát. SxEw producido) (Cifuentes González & Cantallopts Araya, 2017, p. 13). Y como se necesita 1 tonelada de azufre para producir 3 toneladas de ácido sulfúrico, puede decirse, aproximativamente, que en LX-SX-EW, para producir 1 tonelada de cobre metal se requiere inyectar algo de 1,4 toneladas de azufre. Es por ello que, en las últimas décadas, además de ser el primer país exportador de cobre, Chile es el segundo país importador del mundo de ácido sulfúrico (Cifuentes González & Cantallopts Araya, 2017). Es decir, también que suben de la costa al desierto 4 veces más camiones (y un poco de trenes) cargados con ácido sulfúrico que los que bajan del desierto a la costa cargados con cobre.

El desarrollo de la minería del cobre por LX-SX-EW a partir de 1990 disparó los requerimientos de ácido sulfúrico en Chile. Consecuentemente, se crearon puertos y terminales para la importación de ácido sulfúrico; típicamente en Chañaral (entrada 400 ton./hora salida 400 ton./hora), Mejillones (2 terminales, entrada 450 ton./hora salida 400 ton./hora), Patache (entrada 450 ton./hora salida 00) y Tocopilla (entrada 385 ton./hora salida 385 ton./hora) (Puertos Terminales Muelles y Otros, s/f) y millares de camiones cargados de ácido sulfúrico echaron a correr por el desierto, de mina en mina, por los mismos caminos de antes que ahora eran de bischofita, regando las pilas gigantes de mineral que cada quien fue apilando al lado de su hoyo, bañando cerros enteros con ácido. El *peak* de consumo, previsto para 2019, es de 7,95 millones de toneladas anuales de ácido sulfúrico (Cifuentes González & Cantallopts Araya, 2017, p. 20), que deben compararse con las 40 mil toneladas de azufre (equivalentes a 120 mil de ácido) que producían anualmente todas las azufreras del país en 1952. Cerca de ocho millones de toneladas de ácido sulfúrico al año destinadas a regar la cordillera para deshacerla y separar en ella lo que se derrite de lo que no.

El azufre circula de una mina a otra y es un cuantificador crítico de la actividad minera en una región determinada, el resumen de todos sus procesos, la savia que los conecta. Así, mientras la minería de óxidos de cobre requiere de estas enormes cantidades de ácido sulfúrico, la minería de los sulfuros de cobre, en cambio, produce grandes cantidades de ácido. Las calcopiritas que usualmente explotan los yacimientos de sulfuros se componen aproximadamente de un tercio de cobre por un tercio de azufre y un tercio de fierro. Así, el 90 % del ácido sulfúrico producido en Chile (hasta 6 millones de toneladas previstas en 2018) proviene de las siete fundiciones de cobre existentes en el país, a saber, las 4 de Codelco (Teniente, Ventanas, Potrerillos, Chuquicamata) y la de Enami (Paipote), más las dos privadas de Chagres y Altonorte (Cifuentes González & Cantallopts Araya, 2017, p. 24). Codelco y Enami, las dos empresas estatales del cobre producen 61,3% del ácido sulfúrico en Chile mientras que las plantas LX-SX-EW de tratamiento de óxidos, que son en su mayoría privadas, son responsables del 95,1% del consumo de ácido sulfúrico en el país.

Cuando en la década de 1950 Chuquicamata debió cavar a mayor profundidad y empezar a trabajar con sulfuros, pasó de ser un mina que demandaba azufre a una que lo producía. A este mismo umbral se enfrentan actualmente las minas abiertas en la década de 1990, que han ido agotando las partes más oxidadas y superficiales del mineral y se han puesto a cavar más profundo, hasta alcanzar los sulfuros de cobre, con el que alimentan las fundiciones o que exportan bajo forma de concentrado a fundiciones distantes. Los casos más notables son los proyectos de sulfuros de El Abra, Spence, Radomiro Tomic, Cerro Colorado, Gabriela Mistral, etc. Es decir que esas minas pasaran masivamente de consumir azufre a producirlo: COCHILCO estima que la producción de ácido sulfúrico en Chile sea excedentaria a partir de 2022. Entonces, en algo de cuatro años, Chile habrá pasado de ser el segundo país importador mundial

de azufre a ser un país exportador de azufre, por efecto de la maduración de sus minas y del agotamiento de sus capas más oxidadas y superficiales.

Entonces, los millares de camiones y los pocos trenes echarán a andar en sentido contrario, los puertos de importación se transformarán en puertos de exportación y los ríos de ácido que se vierten sobre el desierto buscarán un nuevo destino. Una parte de ese azufre se saldrá por los tubos y las chimeneas de todos los procesos e irá a dar a los mixtos animales, escondido en los cuerpos de la gente, en sus sangres y en sus orinas, pero también en todos los otros cuerpos que se mueven por el desierto, los de los pájaros, los de los peces y los de los llamos. Otra parte de ese excedente irá a alimentar los mixtos minerales. Como el azufre conecta siempre una mina con otra, servirá para irrigar minerías LX-SX-EW más jóvenes, que todavía trabajarán con óxidos y requerirán grandes cantidades de ácido, típicamente en Perú, Bolivia o Argentina (pues la cercanía es un aspecto crítico del negocio del azufre), las que a su vez pasarán a sulfuros hacia 2050, etc. Servirá también para acompañar las distintas transmigraciones del LX-SX-EW hacia otras minerías y otros metales - hidrometalurgia del oro, del uranio, etc. - que necesitarán regar de ácido sulfúrico nuevas pilas de nuevos metales que nuevas minas producirán, etc. Por último, una última parte de ese excedente irá a dar a los mixtos vegetales, por ejemplo, a los viñedos y los fundos que las mismas familias de industriales tienen más al sur, pero también para fertilizar y abonar la infinita extensión de selva que el frente agropecuario roba cotidianamente al Chaco y al Amazonas más inmediatamente cercanos.

La minería, decían los antiguos, es el arte de separar lo que se derrite de lo que no, los metales de las piedras y los jugos de las tierras y decían que el azufre, que arrastra consigo todo lo *derretible* y que está presente en todos los mixtos, es el elemento filosofal o teórico por el que todo queda conectado con todo y todos los minerales pueden transformarse – "proyectarse", decían ellos - en todos los otros. Por eso los antiguos decían que no deben estudiarse las cosas sino sus transformaciones, que son las que las engendran y las destruyen. Hay un modo habitual, restrictivo, de contar la historia de la minería en Atacama, que es hacerlo por minerales. Así, se dirá que hay una minería del cobre que desciende de una minería del cobre que a su vez desciende de una minería del cobre, etc., con elementos de continuidad o discontinuidad, pero siempre considerada *en sí misma*, todo sobre diez mil años de historia. O se aportará evidencia de que, por ejemplo, Chuquicamata, en este sentido, antes ya era Chuquicamata y antes aún ya era Chuquicamata y así hasta la prehistoria. De modo que se va organizando la historia del desierto según dicta la tabla periódica de elementos, con una "tradición del cobre" y una "tradición del salitre", con una "tradición de la plata" y una "tradición del oro", etc. Alonso Barba y los alquimistas llamarían a eso una visión "quietista" de las cosas. Ellos ya entendían que no se puede considerar un mineral sin considerar otro, que las minas no son nunca de una sola cosa y que ni los metales, ni las palabras, ni las técnicas, ni la gente, ni las herramientas descienden nunca de sí mismos, justamente porque andan por ahí saltando de una cosa en otra, pasando del guano al salitre o de la plata a las papas o de la llareta al ripio o del Canal de Panamá al cobre o de la industria petrolera *offshore* al azufre, etc.

Puestos a organizar las cosas por elemento periódico (esto es un artículo sobre azufre en un libro sobre azufre, etc.), el elemento azufre parece tener un carácter paradojal o imposible. El azufre entra y sale de la minería, conecta unas minerías con otras y todas las minerías con el resto - ¿cómo sería una tradición del azufre? ¿qué perímetro tendría un museo del azufre? Asimismo, como el azufre es a la vez insumo y producto de la minería, porque todos los procesos mineros ora consumen ora producen azufre, entonces su circulación traduce efectos de direccionalidad : la circulación del azufre (más bien en este sentido o más bien en este otro, más bien del mar al cerro o del cerro al mar, más bien del Estado a los privados o de los privados al Estado, más bien de México a Chile o de Chile a Perú, etc.) pone a la luz el conjunto de variaciones de fuerza, de asimetrías, de diferenciales (políticos, técnicos, sociales, etc.) que

componen un determinado campo minero. Por último, la del azufre es una minería liminal, que se organiza al borde de otros sistemas, mitad atrapada y mitad libre de ellos, al borde del salitre o al borde del cobre, pero también al borde de Chile, de Bolivia o de Argentina, etc. Esa posición liminal pone a esta minería en una zona mal alumbrada, siempre por una sola de sus caras, sin que termine nunca de aparecer por entero, asimétrica. Y es así también una minería sin lustre, banal, como ahora los áridos o la cal; una minería en el que las minas no tienen apenas nombre (el que tiene nombre es el volcán), ni descubridores ni mitología ni grandes epopeyas técnicas o máquinas sorprendentes, ni casi importancia alguna a decir verdad porque lo que importa son los camiones – es en el desierto como en el mar, manda la embarcación – que es lo que se tiene y se hereda, lo que gobierna y lo que se gobierna. Decían los antiguos que no se puede tratar del azufre como del resto porque el azufre, como el fuego y como el demonio, no puede nunca entenderse en sí mismo.

Referencias citadas

Barba, A. A. (1817 (1640)). *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*. Lima: Real Tribunal de Minería.

Beckel, J. (2000). *El proceso hidrometalúrgico de lixiviación en pilas y el desarrollo de la minería cuprífera en Chile*. Santiago de Chile: CEPAL.

Bouysse-Cassagne, T. (2004). El sol de adentro: Wakas y santos en las minas de charcas y en el lago Titicaca (siglos XV a XVII). *Boletín de Arqueología PUCP, 8*, 59-97.

Bouysse-Cassagne, T. (2005). Las minas del centro-sur andino, los cultos prehispánicos y los cultos cristianos. *Bulletin de l'Institut français d'études andines, 34*(3), 443-462.

Braudel, F. (1948). Trois études sur le Chili. *Annales. Histoire, Sciences Sociales, 4*, 558-562.

Cifuentes González, C., & Cantallopts Araya, J. (2017). *Mercado Chileno del ácido sulfúrico al año 2026*. Chile: Dirección de Estudios y Políticas Públicas, COCHILCO.

Darapsky, L. (2013 (1900)). *El Departamento de Taltal (Chile): La morfología del terreno y sus riquezas*. Santiago de Chile: Cámara Chilena de la Construcción; Pontificia Universidad Católica de Chile; Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos.

Derry, T. K., & Williams, T. I. (1990). *Historia de la tecnología*. Madrid: Siglo XXI.

Domic Mihovilovic, E. M. (2001). *Hidrometalurgia: fundamentos, procesos y aplicaciones*. Santiago de Chile: s.n.

Historia Empresas Gasco. (s/f). Recuperado 6 de octubre de 2018. http://www.empresasgasco.com/quienes-somos/historia/

Historia Empresas Lipigas S.A. (s/f). Recuperado 6 de octubre de 2018. http://www.lipigas.com/empresas-lipigas/historia/

Lyell, C. (1833). *Principles of geology: being an attempt to explain the former changes of the earth's surface by reference to causes now in operation*. Londres: J. Murray.

Macchiavello, S. (1935). Estudio económico sobre la industria del azufre en Chile. *Anales de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, 1*(1-2).

Maranda, P. (2001). *The double twist: from ethnography to morphodynamics*. Toronto: University of Toronto Press.

Monbeig, P. (1951). Nouveaux aspects du désert d'Atacama. *Annales de Géographie, 321*, 319-320.

Paracelso. (1992). *Obras completas*. Sevilla: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Pérez López, E. (1953). Notas sobre el mercado del azufre. *Revista de Comercio Exterior, III*(8), 303-307.

Platt, T., Bouysse-Cassagne, T., & Harris, O. (2006). *Qaraqara-Charka. Mallku, Inka y Rey en la provincia de Charcas (siglos XV-XVII). Historia antropológica de una confederación aymara*. Lima: IFEA, Plural Editores.

Proceso Frasch para producción de azufre elemental. (s/f). Recuperado 20 de octubre de 2018. https://www.textoscientificos.com/quimica/azufre/proceso-azufre-frasch

Puertos Terminales Muelles y Otros. (s/f). Recuperado 29 de octubre de 2018. http://web.directemar.cl/estadisticas/maritimo/2001/CUADROS/11.2_.htm

Richard, N., Galaz-Mandakovic, D., Carmona, J., & Hernández, C. (2018). El camino, el camión y el arriero: la reorganización mecánica de la Puna de Atacama (1930-1980). *Historia 396, 8*(1), 163-192.

Richard, N., Moraga, J., & Saavedra, A. (2016). El camión en la Puna de Atacama (1930-1980). Mecánica, espacio y saberes en torno a un objeto técnico liminal. *Estudios Atacameños, 52*, 89-111.

Salazar-Soler, C. (1992). Encuentro de dos mundos: las creencias acerca de la generación y explotación de los metales en las minas andinas del siglo XVI al XVIII. En S. Arze, R. Barragán, L. Escobari, & X. Medinaceli (Eds.), *Etnicidad, economía y simbolismo en los Andes: II Congreso Internacional de Etnohistoria, Coroico* (pp. 237-253). La Paz & Lima: HISBOL, IFEA, SBH-ASUR.

Salazar-Soler, C. (1997). Álvaro Alonso Barba: Teorías de la Antigüedad, alquimia y creencias prehispánicas en las ciencias de la Tierra en el Nuevo Mundo. En B. Ares Queija & S. Gruzinski (Eds.), *Entre dos mundos: Fronteras culturales y agentes mediadores* (pp. 269-299). Sevilla: Escuela de Estudios Hispano-Americanos, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Salazar-Soler, C. (2002). *Anthropologie des mineurs des Andes: dans les entrailles de la terre*. Paris: L'Harmattan.

Scubla, L. (1998). *Lire Lévi-Strauss: le déploiement d'une intuition*. Paris: Odile Jacob.

Téllez Lúgaro, E., & Silva Galdames, O. (2013). Descripción de la Provincia de Atacama (Bolivia) en 1832. *Cuadernos de Historia, 39*, 171-178.