

LA METALURGIA COAHUILENSE EN EL SIGLO XIX: EL *SERPENTÓN* DE SIERRA MOJADA

Alejandro González Milea

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Del Charro 450 Nte. CP32310
Ciudad Juárez, Chihuahua (México)
alejandromilea@prodigy.net.mx

RESUMEN

El artículo se ocupa de un tipo de *Galeme*, conocido en el noreste mexicano como *Serpentón*. Se trata de un horno que fue empleado para la fundición de plomo argentífero, durante la segunda mitad del siglo XIX en Sierra Mojada (Coahuila). En un primer apartado se ofrece una caracterización de la metalurgia del plomo en México; en el segundo se revisan datos sobre la construcción de hornos, para destacar la ausencia de estudios sobre Galemes. En el tercero y cuarto se profundiza en el entorno en que surgió y se abandonó el *Serpentón*, y con el apoyo de material gráfico adicional se discurre en torno a las modalidades con que se construyó.

PALABRAS CLAVE: Minería y metalurgia, fundición de plomo, galemes, arquitectura industrial, Sierra Mojada, México.

ABSTRACT

The article refers to a kind of *Galeme* also known as *Serpentón*. It was a type of furnace employed for the argenteous-lead ore smelting, during the second half of the XIXth century at Sierra Mojada (Coahuila). The first section of the text consists in a lead-smelting characterization at Mexico; the second contains generalities concerning the furnace construction, to show the absence of Galeme descriptions. The third and fourth includes references to the occurrence and abandonment of the *Serpentón*, and also, with the support of graphic material I reflect around the variants of its construction.

KEY WORDS: Mining and metallurgy, lead smelting, *galemes*, industrial architecture, Sierra Mojada, Mexico.

Recibido: 27 de abril, 2012 • Aceptado: 25 de mayo, 2012

INTRODUCCIÓN

Existen buenas razones por las cuales, en México, el estudio de la evolución de técnicas metalúrgicas debería revestir una mayor importancia para la formación del arquitecto. La más obvia emerge del hecho de que, en nuestro país, existió una "arquitectura subterránea" -en letra y práctica- para la explotación de minas. Los hornos, las máquinas trituradoras, los estanques, las chimeneas, túneles, tiros, socavones, cruceros, bariteles y las puertas de las minas, entre otros, en sus características definen la evidencia material de un complejo trasfondo de la vida durante tres siglos. La producción de metales, encumbrada como principal sector de industria, hizo florecer otros ramos de fabricación en alimentos, implementos de trabajo, vehículos de transporte entre muchos más. Desde el siglo XVI hasta los inicios del XIX,

sin la producción de plata no sería posible explicarse tantos fenómenos como el incremento de población, el auge del arte, la conformación de mercados de consumo y abasto y, en suma, el florecimiento de instituciones de lo que ha recibido el nombre de época virreinal o "periodo colonial".

Desde otro punto de vista, la minería influyó la penetración por el territorio; y dejó sembrados asentamientos todavía poco conocidos en sus características. Con el auge y depresión de las minas surgieron y desaparecieron poblaciones enteras; pero, sobre todo, se favoreció un constante ejercicio de innovación con materiales y técnicas de construcción, tan propio de la indagación de la esencia de sustancias y sus posibles combinaciones. Las minas fueron, además de un destacado lugar de producción, un sitio ideal para la experimentación; y su arquitectura -en especial la más próxima a las opera-

ciones técnicas- constituye una evidencia de los múltiples avatares de un modo característico de vida.

Otra razón para que al arquitecto interesen las técnicas metalúrgicas consiste en la importancia que todavía hoy tiene esclarecer las peculiaridades de un conglomerado técnico y científico logrado durante largo tiempo. Más aún para el siglo XIX, y -en especial- frente al auge de otros modelos como el británico y norteamericano. En un periodo en que todo lo español, y por ende lo hispanoamericano, va en camino a adquirir el carácter o sello irremediable del “atraso”, viene a ser interesante preguntarse sobre las razones de la desaparición de una técnica y su sustitución por otra distinta. El campo de la metalurgia mexicana del noreste se presta bien para el propósito de saber qué fue lo que se abandonó paulatinamente, por el arribo de nuevas y grandes fundiciones norteamericanas, preparadas para un elevado volumen de producción y menores tiempos de operación.

Siempre parece difícil elaborar un cuadro general, en que ciertos datos de la investigación en campo puedan adquirir relevancia. Pero es necesario un rodeo, para explicar las razones de hacer un estudio morfológico de un artefacto como es el caso del Serpentón.

LA METALURGIA DEL PLOMO

La metalurgia del plomo no es un tópico central de la historia mexicana (Langenscheidt, 1999). Es probable que el mayor interés en el uso del mercurio, y la creación de un método metalúrgico original (el método de patio), explique en parte por qué se desatendió su estudio. En una etapa todavía permeada por preocupaciones sobre la evolución del carácter nacional, es lógico que no tuviera sentido explorar un ámbito técnico considerado como ya superado o escasamente representativo de una forma propia de ser. Posiblemente también influyó el hecho de que otras naciones lograron más rápidos avances, en dicho sector de la metalurgia del plomo como Inglaterra o, de forma más destacada, los Estados Unidos de Norteamérica (e.g. Robert T. Clough, 1962).

Con todo y lo anterior, las referencias a la metalurgia del plomo en el norte de México son abundantes en los archivos históricos. A pesar de la escasa dimensión y perfeccionamiento con que parecen presentarse sus noticias dentro de obras de historia, merecen una especial atención habida cuenta de la distinta escala de los asentamientos humanos que en general se ha corroborado, para esta gran región del país con respecto a otras áreas centrales.

A continuación se exponen varias referencias contenidas en obras ya clásicas de historia de la minería en México, donde será claro que son pocos los investigadores que documentaron el hecho de la metalurgia del plomo, y fueron citados por otros estudiosos posteriores.

Bakewell señaló que, durante la primera parte del siglo XVI en el camino que se extendía entre Querétaro y San Miguel se transportaba plomo. Pero la situación

cambió una vez que se adoptó el empleo de mercurio (Bakewell, 1976, 41). Sin embargo, hay noticias de que el plomo continuó empleándose como alternativa, en especial cuando el mercurio llegaba a escasear o era de difícil adquisición. También es probable que el éxito del mercurio fuera paulatino, pues refiere Bakewell que en otros sitios del norte, como el Valle de Súchil (Durango) y Sombrerete (Zacatecas), los depósitos minerales continuaron siendo aprovechados por su doble utilidad: por su plata y por su plomo (*Ibid.*, 43). En Sombrerete, hasta la segunda mitad del siglo XVII se experimentó una larga bonanza, con “metales de fuego o de fundición” (*Ibid.*, 202). También en Sultepec (Estado de México) se sabe que en el siglo XVI los alemanes habían impulsado el método de fundición (*Ibid.*, 202). La tónica en lugares como Fresnillo (Zacatecas), Charcas y Ramos (San Luis Potosí) fue la de las plantas fundidoras reducidas en número y por lo general “descuidadas” (*Ibid.*, 203). También existieron momentos en que el método de fundición llegó a estar involucrado con bonanzas en regiones específicas (*Ibid.*, 289). Robert West, por su parte, nos refiere que los principales métodos de beneficio, en una primera etapa de ocupación del territorio, fueron el lavado de oro y la fundición para producción de barras (West, 1949, 1).

También en Parral (Chihuahua) abundó la fundición: hornos castellanos de 4 o 5 pies de alto y 3 pies cuadrados con un par de agujeros (lumbreras) de 18 pulgadas desde el fondo. Estaban, junto a estos, otros hornos de afinación más pequeños, y que pertenecían a individuos especializados únicamente en el refinamiento de lingotes de plomo y plata (West, 2004, 65). Otras noticias parecidas se ubican en Santa Eulalia, Chihuahua, en donde gran parte del beneficio de los minerales se hizo por el método de fundición (Hadley, 1979, 153).

La descripción de la composición de los minerales continuó haciéndose de modo práctico antes que por deducciones científicas. Bakewell, por ejemplo, señaló que en Zacatecas se tenía ya un amplio conocimiento de la composición de minerales: se distinguían aquellos “colorados” que además de plata tenían la presencia de óxido de hierro, y los “negros” que tenían un alto contenido de sulfato de plomo (Bakewell, 1976, 182). A este último compuesto Bakewell lo refirió como “galena”, citando a West. La galena era un mineral de plomo que se presentaba asociado al mineral de plata (*Ibid.*, 202). Dejando aparte la sustancia natural, el plomo pudo producirse de modo artificial e incluso establecer un mercado de intercambios, almacenarse y definir el giro principal de una fundición (en Cerralvo y Villaldama, Nuevo León, por ejemplo). Una cosa era la “galena”, y otra muy distinta la “greta” y la “cendrada”. La greta era el litargirio, es decir, monóxido de plomo que se empleaba como fundente (West, 2004, 65); la cendrada, en cambio, era plomo de crisol, es decir, los restos triturados de copelas ya usadas y se refería también a la compacta capa de ceniza que cubría el interior de un horno de beneficio (*Ibid.*, 68; Bakewell, 1976, 205). Aquí Bakewell tuvo que remitirse, nuevamente, a la obra de Robert West. En la historia mexicana hubo

periodos en que se produjo mucho plomo bajo alguna de las dos anteriores modalidades del producto: uno fue en Ixmiquilpan -concretamente de litargirio- y otro en Nuevo León durante el siglo XVII (*Ibid.*).

West nos aclaró un poco sobre las características de estos productos de Nuevo León, en el siglo XVII, que eran fuertemente valorados en Chihuahua para la fundición. Afirmó que sus productos consistían en plomo y litargio, y suponemos que se referiría a lingotes de aleación de plomo y plata. Más adelante comentó que desde Villa Aldama (Nuevo León) se transportaban el litargirio puro, o amarillo, el escamoso polvo de óxido de plomo y el plomo metálico (o cendrada) (West, 2004, 68). Nada permite negar que en los entornos de las minas de Chihuahua no se produjera también litargirio, para su empleo en la misma zona (*Ibid.*). Parece evidente preguntarse por qué una fundición se especializó, o no, en la producción de lingotes de plomo (cendrada) o polvillo escamoso (greta). Aquí parece haber una contradicción evidente respecto a la descripción de material, fuera éste en forma de lingote o polvo escamoso. Una referencia más permite comprender que las variaciones locales pudieron ser muchas, y en general, su conocimiento enriquecería el estudio de la minería de galena y metalurgia de plomo. Es el caso de Hadley, quien señaló que pudieron existir otros dos tipos de litargirio además del “puro” (greta): el plomillo y el temescuitate (Hadley, 1979, 156).

Bakewell aseguró que entre varias implicaciones de la decisión sobre optar por el método de patio, o fundición, no solamente debía contarse al tipo de composición del mineral. También había que considerar el carácter del empresario, porque no todos se involucraban en la metalurgia como actividad principal. Los que se involucraron en ella de modo secundario, prefirieron recurrir al método de fundición porque, entre otras ventajas, había que invertir menos dinero para obtener buenas utilidades (Bakewell, 1976, 202). El secreto también consistiría en saber elegir el mineral, de distintos orígenes como el comprado, el extraído en pequeño y otros obtenidos por medios más o menos legales (*Ibid.*).

En este tipo de estudios existió una marcada tendencia a considerar la fundición como un método versátil y, por lo mismo, de empleo marginal o incluso ilegal. Bakewell dijo que en la primera mitad del siglo XVII llegó a prohibirse el empleo de “paradas de fuelle”, que en Zacatecas y Pánuco habían surgido en gran número (Bakewell, 1976, 203). Al parecer la popularidad de la fundición -aun considerando aquellos hornos muy rudimentarios- se debió a la facilidad con que trabajadores mineros indígenas y negros podían buscar la obtención de beneficios, cerca de las minas, además del carácter secundario del giro entre algunos comerciantes o tenderos que los operaban en sus traspatios (*Ibid.*).

De acuerdo con Bakewell toda producción debía pagar impuestos (Bakewell, 1976, 250 y ss.). Es interesante advertir que, dado el carácter versátil de la fundición, pudieron existir muchas operaciones realizadas al margen del control del gobierno. Con todo, Bakewell mencionó la clásica plata de rescate que era la produci-

da mediante mineral comprado y fundido por empresarios específicos que no se involucraban en las minas (*Ibid.*, 261). De aquí provino la conocida denominación de “rescatador”, empleada para referirse a aquellos empresarios que únicamente se dedicaban a esta actividad y que pagaban un impuesto especial (*Ibid.*, 290). Los términos y mecanismos de lo que se presentó como una especie de fraude al gobierno merecerían un estudio, especial, sobre todo en su relación con otros aspectos de la realidad de zonas septentrionales y muy alejadas de los centros de control (Del Río, 2010).

Es complejo, por otra parte, plantearse las diferencias entre la fundición propiamente dicha y la afinación o refinación. Parece necesario tener en cuenta que los hornos, en general, podían ser empleados de varias maneras y con distintos propósitos. Al menos se han podido distinguir dos operaciones fundamentales: la fusión en que el resultado es una masa líquida, y el calentado o rostizado que era parte de un proceso más largo. Bakewell señaló que el horno castellano podía usarse para separar, por copelación, la mezcla de plomo y plata producida en una primera fundición del mineral. Para esto era preciso tener un segundo horno denominado “de reverbero” para efectuar las operaciones de copelación y refinación de plata (Bakewell, 1976, 202; *cfr.* Brading, 1997, 188-189). Bakewell aquí recurrió a una referencia de Modesto Bargalló, para caracterizar dichas operaciones. Otro aspecto de difícil precisión es el que se refiere a si siempre se requería, o no, un molino o algún mecanismo para triturar el mineral antes de pasar a los procesos involucrados propiamente en la fundición (*Ibid.*, 203). Por la redacción de Bakewell podemos suponer que pudo evitarse la trituración, y debieron introducirse en los hornos pedazos de roca no muy grandes y que quizás eran despedazadas a mano.

Las referencias de Robert West sobre la metalurgia del plomo fueron mucho más específicas. La forma más antigua de obtener la plata contenida en el mineral de plomo fue la fusión, que era seguida por la separación de la plata mediante copelación (West, 2004, 65). West aseguró que se trataba de un método muy antiguo, empleado por egipcios en el año 2.500 A.C., y que persistió sin muchos cambios hasta la Edad Media europea. La descripción que ofreció West del método, sin embargo, tuvo la particularidad de que se refería también al litargirio (como elemento agregado a la fundición), y luego a la separación de oro y plata “puros” (*Ibid.*). El sentido de la copelación, entonces, sería el del refinado o afinado mayor, porque durante el proceso se producían escorias que eran retiradas -rastrilladas hacia afuera, dijo el mismo West-; y en seguida, ya en el horno de copelación, la contribución de cenizas de huesos porosos iban absorbiendo el óxido de plomo que resultaba del calentado (esto parece ser la cendrada, de acuerdo con Bakewell), dejando como resultado un “botón” en el fondo de copela de una aleación más limpia (*Ibid.*).

Existen muchas referencias que permiten apuntar que el empleo de la fundición, desde el siglo XVI en adelante, no solamente conoció pequeños avances e innovaciones sino que se mantuvo como práctica constante,

a pesar de la popularidad de otros métodos. También es notable la relación entre el desarrollo de la fundición y metalurgistas alemanes, aunque abundantes referencias a ella ya se encontraran en clásicos tratados como los de Biringuccio y Agrícola. La existencia de plomo dentro del mineral hacía recomendable acudir al método de fundición; cuando no existía dicho elemento fundente era preciso agregarlo. Es interesante advertir que pudo formarse un mercado de transacciones de este elemento fundente. Una cosa era la galena, digamos el compuesto natural, y otra muy distinta la greta y la cenद्रada que propiamente serían productos. Pero a través de los textos aparece un elemento más que es la “plata en pasta”, que se supone es un lingote con cierto contenido de plata y de plomo no siempre determinados con exactitud en su porcentaje.

Es evidente, con todo lo anterior, plantearse que la fundición constituyó una técnica muy versátil, debido sobre todo al distinto empleo que se hizo de los hornos para varios propósitos. Pero, a través de los anteriores textos es interesante advertir el marcado carácter efímero y poco perfeccionado de los hornos. Una prospección de sitios, como se indica más adelante, demuestra más bien lo contrario, es decir, que durante mucho tiempo se avanzó en el perfeccionamiento de la construcción de hornos para fundición.

EL HORNO DE FUNDICIÓN: ASPECTOS TÉCNICOS

Durante el último cuarto del siglo XVIII, Julián de Arciaga publicó en Madrid un conjunto de normas para construir hornos. Las instrucciones eran muy precisas sobre el desplante, el trazo y sección de los elementos del artefacto; incluso se detallaban las características de los materiales, y las consistencias y proporción de mezclas para unión de mampostería. (AGN, Reales Cédulas, Vol.38, Exp.189bis, 1763) En otro caso, en la década de 1780 también se hizo referencia a los hornos de reverberación, aunque en conjunto con trenes de hornos castellanos, en algún sitio de Cuajimalpa, en el Altiplano mexicano. Es interesante la justificación del diseño de los hornos como obra construida: “... para su reforma, es indispensable, se construyan hornos de alguna formalidad, que por su precisión han de causar más gastos, así en su primer establecimiento como en su conservación” (Fonseca y Urrutia, 1850, 564-566). A comienzos del siglo XIX parece que una práctica corriente fue continuar construyendo hornos entendidos como obras de edificación. Al menos Garcés y Eguía deja ver que los hornos eran algo mucho más que un simple artefacto utilitario: “... La experiencia en muy dilatados siglos ha enseñado a los hombres diversos métodos de fundir y formas de oficinas para dar a los minerales el fuego” (Garcés y Eguía, 1802, 43). El horno de reverberación servía para la quema de los minerales que después se destinarían a la fundición; era preciso eliminarles el azufre que contenían y que se desprendía en fumarolas (*Ibid.*, 64; *cfr.* Brading, 1997, 188-189). De manera un tanto contrapuesta, es factible también con-

siderar que el galeme fue un tipo especial de horno, de reverberación o no, que se empleó para fundir la “galena” durante las épocas en que se iniciaba la explotación y metalurgia de ricos yacimientos (Bakewell, 1976, 201 y ss.).

Más adelante debió haber preocupación por hacer adelantos en la fundición; así se refirió en una nota de la Diputación de Minería asentada en Vallecillo (Nuevo León), publicada en 1845, y en que se incitaba estudiar el artículo publicado por Joaquín Velázquez de León -profesor del Colegio Nacional de Minería- sobre construcción de hornos “... para el mejor beneficio de los metales de azogue” (AGENL, Minas, Caja 1, 1845). Parece obvio pensar que, como había noticias sobre la construcción de patios, en algún momento debió preverse la producción de azogue para superar su escasez (AGN, Justicia, Vol. 159). En la década de 1840, en otro caso, se decía que en los entornos de Monterrey existían varias minas con instalaciones de fundición. En especial había una denominada “del Americano”, porque se tenía noticia de que la había dirigido -hacia 1820- un metalurgista que había venido de los Estados Unidos del Norte y llamado Francisco Serpentin. Las obras consistían en dos hornos de fundición y dos galemes (AGENL, Concluidos, Vol.1, Caja 39, Exp. 670, 1853). Es evidente que se consideraba posible continuar alentando el método de fundición. Aquí el galeme serviría sobre todo para refinar. También la conocida familia Sánchez Navarro, por otra parte, durante la década de 1850 estaba impulsando la edificación de una gran fundición, en su mina de Bonanza, ubicada hoy al norte de Zacatecas (DFSN, No.ALS922, 1856; DFSN, No.1611, 1856).

A través de varios textos del siglo XIX se habla mucho de hornos. Es interesante el lapso de tiempo que se reparte entre la década de 1860 y la última parte del siglo XIX. Abundan las noticias sobre métodos y técnicas rudimentarios, pero también anuncios sobre la introducción de innovaciones desde el exterior. Poco sabemos, en cambio, sobre el lento avance de las técnicas nativas o locales. La valoración que de ellas hacían los exploradores deja ver -antes que la sola caracterización del atraso- un esfuerzo por resaltar las razones de la persistencia de formas de razonamiento y procedimientos bien adaptados a la geografía de los lugares.

Un artículo que presentaron al Instituto Americano de Ingenieros de Minas (AIME, por sus siglas en inglés) los especialistas Hahn, Eilers y Raymond, se referían a las técnicas mexicanas de reverberación. Aunque la explotación se ocupó de zonas norteamericanas (Nevada, Utah y Montana), interesan sus conclusiones por la forma en que los autores valoraron el rostizado de roca que se llevaba a cabo en los *galemadores* -técnica mexicana, de hecho- empleados en los Estados Unidos de Norteamérica. Los autores aseguraban que el término “galemadores” constituía una corrupción de la palabra “galenadores”; y es lógico pensarlo así, porque se refirieron a los minerales de galena que era necesario rostizar antes de pasarlos a la fundición. La galena consistía en minerales con alto contenido en plomo, y que sugerían al metalurgista practicar primero la fundición

antes que cualquier otro método. De acuerdo con la exposición de Hahn, Eilers y Raymond el galemador sería el artefacto en donde, a través de un calentado indirecto, se provocaba la expulsión de materias indeseables antes de que se pasara a la fundición (Hahn *et al.*, 1873, 111). La valoración de la práctica de los fundidores mexicanos, en su propio contexto, sin duda fue elogiada:

“Cada minero con su propio horno, es el lema”.

Los mexicanos han edificado hornos atmosféricos y de soplo que, considerando su bajo costo, rápidamente fueron copiados por los mineros, mientras que los galeses han construido más costosos altos hornos, y el bajo grado de plomo producido, queda fuera de proporción con los costos de las necesidades de la vida (Ibid., 122).

Los resultados de estas exploraciones resultan interesantes por otras razones. En primer lugar, estaba ocurriendo un contacto entre dos civilizaciones, distintas hasta cierto punto. Parecería lógico proceder, más adelante, a discutir en qué consistió la modernización de la metalurgia mexicana, de cara -especialmente- al conocimiento de prácticas locales que vieron y aquilataron los norteamericanos. Sin duda que Hahn, Eilers y Raymond estaban valorando la práctica en su conjunto, como medio de vida en una comunidad, y según patrones distintos a la sola acumulación de capital por grandes empresas. Pero no siempre los viejos artefactos fueron vistos de modo positivo.

El galeme, o galemador, pudo recibir otros nombres en varias regiones del país. En San Luis Potosí -concretamente en el Mineral de Guadalucazar-, por ejemplo, a los hornos de reverberación se les denominaba “comalillos” (Ramírez, 1879, 382). Sin embargo, el horno únicamente se empleó para adaptar el material “granceado” para introducirlo después al proceso de fundición propiamente dicho (Ibid., 380 y ss.); y no contamos con alguna noticia que permita asegurar que directamente se empleara para fundir, como sucedió en Sierra Mojada. Con todo y lo anterior, Santiago Ramírez consideraba que el beneficio en Guadalucazar se llevaba a cabo de manera muy rudimentaria y a pequeña escala, pues “... corresponde al estado de abatimiento en que se encuentra el Mineral” (Ibid., 381).

Por la década de 1880, en algún punto del norte de Nuevo León, el ingeniero Persifer Frazer elaboraba una descripción y valoración del típico horno castellano: “... No hay chimenea propiamente dicha al presente, y las fumarolas del horno probablemente encuentran su salida hacia arriba con considerable irregularidad” (Frazer, 1884, 584). La tónica es en general el escaso rendimiento de este tipo de aparatos; su acumulación en trenes de hasta 6 o 7 hornos buscaron siempre el incremento de la productividad y derivaron en conjuntos no pequeños en dimensión. También es oportuno mencionar que se cuenta con algunas referencias a los hornos castellanos, y a condensadoras anexas para refinado del metal (e.g. Salazar, 2000). Sin embargo, de entre los hornos de reverberación propiamente dichos, no se conocen explicaciones del galeme o galemador.

Predominaba la idea de las pérdidas considerables de calor en los hornos. En el Mineral de Mazapil, por ejemplo, hacia 1870 se llevó a cabo una exploración e investigación de técnicas de fundición. La valoración de la eficacia del horno castellano no dejaba lugar a dudas sobre su inconveniencia: “... tiene 1 metro 50 de altura; como generalmente funden con el alcribís claro, pierden mucho calor y en consecuencia el consumo de combustible es sumamente elevado; las toberas se funden, siendo además las pérdidas por volatilización muy considerables” (Silva, 1878, 18). Es factible pensar que, además de considerar la construcción de patios, también los metalurgistas exploraran las posibilidades que ofrecían otro tipo de hornos, como los de reverberación.

También el cobre fue objeto de fundición, en zonas confinadas en las sierras y pobremente comunicadas de Jalisco. En 1882, Devereux publicó un informe sobre su visita a la región de los Altos; observó un gran salón en donde se agrupaban hornos de reverberación ingleses, y calcinadores junto con rústicos hornos mexicanos. El procedimiento consistía en rostizar la roca y calcinarla (en los primeros), y luego pasar el material a los segundos hornos, todo bajo el mando de un maestro (Devereux, 1883, 106-109).

En el año de 1884, Lawrence Austin publicó unos apuntes sobre sus expediciones en Chihuahua. Austin desglosó sus observaciones sobre Santa Bárbara, particularmente describiendo la forma y funcionamiento de los hornos, el método de construcción, e incluso presentó un desglose de su costo y una caracterización de la cuadrilla de gente para tal propósito. A través de este ensayo en que se razonaba sobre las relaciones entre el costo de construcción y funcionamiento, por un lado, y el rendimiento de los hornos de soplo (blast furnaces) por el otro, Austin logró presentar una imagen de la importancia del conocimiento práctico en una zona minera del país (Austin, 1884, 185-188). La capacidad de los hornos era de una tonelada, y su rendimiento por carga variaba entre 40 y 65 onzas de plata. También se habló de retortas (hogares) de copelación, y se describieron sus características constructivas a base de adobe de tierra, ceniza y yeso (probablemente se refería a piedra caliza, o a la cal) (Ibid., 190). A Austin no le causó poco asombro observar que el soplo para los hornos se llevaba a cabo de forma manual, lo que en su opinión hablaba de “una verdadera casa de manufactura” (Ibid., 192). A través del informe es claro que varios norteamericanos se encontraban en el lugar, quienes probablemente le asistieron en la recopilación de datos. De haberse tratado de un momento en que pronto se decidiría un nuevo rumbo de la minería, se aprecia la manera en que estaban entrando en contacto extranjeros con nativos del lugar.

En el Mineral de San Nicolás (Tamaulipas), por el año de 1889, Francisco Olivares observó que el método de beneficio se llevaba a cabo “... por el imperfecto, lento y costoso método de los hornos de reverberación para desulfurar, fundir y afinar, que se llaman galemes.” En su opinión, lo más adecuado era desulfurar previamente los minerales en hornos de reverbero del tipo de los

empleados en Freiberg, y fundirlos después en altos hornos al modo de Pilsz o del modelo que en los Estados Unidos de Norteamérica denominaban “de chaqueta de agua” (Olivares, 1890, 34-36). Lo que esta observación permite deducir es que, a falta de recursos en varios lados pudieron emplearse los mismos hornos de reverberación para afinar metales (galemes). Hay la salvedad, sin embargo, de que lo que los empresarios estuvieran produciendo fuera plomo con un contenido diverso de otros metales como plata, cobre y zinc, para un mercado tal vez muy específico de compradores de lingotes e, incluso, para el contrabando.

En un informe, publicado en 1894, se mencionó que debido al inicio de explotaciones -a cierta escala- en el Mineral de Sierra del Carmen (Coahuila), un número indeterminado de gambusinos estaba trabajando y habían logrado fundir varias cargas con sus galemes. Se habían asentado en una cuadrilla que se formó por el reciente descubrimiento. Se trataba de un pequeño campamento compuesto por un número aproximado de cien carpas (Servín, 1894, 140 y 141). El juicio del ingeniero encargado de elaborar el informe, sin embargo, recalzó el carácter espontáneo que dirigía en general las operaciones “... porque ninguna de ellas obedece a ningún principio científico”. Las caracterizó, incluso, como la típica labor de cateo que pronto dejaba abandonadas pequeñas y abundantes explotaciones (*Ibid.*, 152).

A través de los informes de este tipo es entendible que, desde la Ciudad de México, deseaba darse vuelo a las modernas operaciones y alejarse paulatinamente de prácticas de pequeña dimensión. Los apuntes estadísticos, publicados en 1881 en *El Minero Mexicano* -sobre Coahuila-, también hacían referencia a la cantidad enorme de minas pequeñas que se encontraban en acción. No cabía duda, para quien escribió el informe, que anteriormente habían existido haciendas de fundición de cierta escala, pero -por el momento- el beneficio menos costoso para los mineros se llevaba a cabo por medio de hornos y galemes ubicados en campo raso. La valoración no dejaba de resaltar aspectos positivos -habida cuenta de las dificultades que se presentaron a los mineros desde que había subido el precio del azogue-, pues se señalaba: “... aquellos sencillos habitantes, a fuerza de experimentos han logrado obtener el resultado de poder fundir 25 cargas de metal, con el agregado de 18 cargas de grasa en un solo horno y en el espacio de 24 horas” (*El Minero Mexicano*, TVIII, N36, 1881). Pese a esto, llaman la atención otras referencias del periodo, en que parece que ya se habla de obras y conjuntos más en forma, y es difícil resolver si se trataría de innovaciones locales o máquinas importadas. A comienzos de la década de 1880, por ejemplo, un grupo de mexicanos estableció una hacienda de beneficio dotada con dos “serpentes activos” y un vaso especial para afinar plomo (Nava, 1974, 272-273). Dada la participación de la familia Madero, de Coahuila, suponemos un desarrollo de tipo más local en lo referente a las técnicas metalúrgicas.

Hasta donde es posible saber, el problema de la abundancia de sulfuros y arsénico en los minerales siem-

pre constituyó un problema para la fundición. Al menos así parecía claro en Torreón, ya durante la primera década del siglo XX. El objetivo de la nueva fundición era la obtención de oro y plata a partir de minerales y con ayuda de plomo, y dado que este último material contenía abundantes materias que afectaban el proceso de fundición, era necesario retirarlas (Vázquez, 1908, 1). En 1890 Maximino Alcalá había hecho una clara distinción sobre los dos procedimientos más comunes de la fundición. Por un lado debía mencionarse al inglés, que se ejecutaba mediante hornos de reverbero que no requerían soplo, y por otra parte, los hornos de cuba que necesitaban corrientes de aire comprimido, más propio de los norteamericanos (Alcalá, 1895, 9 y ss.). No parece que Vázquez y Alcalá hayan considerado otros métodos de índole local.

SIERRA MOJADA Y LA AVENTURA DEL SERPENTÓN

El área actualmente habitada de Sierra Mojada se dispersa por un valle formado entre las sierras Mojada y Planchada, en la frontera entre los estados de Chihuahua y Coahuila, en el norte de México (Fig. 1). No consiste en un solo centro urbano, sino en varios con características muy distintas entre sí. El patrón de asentamiento, a pesar de lo anterior, ofrece las características típicas de las zonas mineras del norte, es decir, áreas de minas hacia las elevaciones serranas y centros habitacionales en torno a instalaciones en las partes más bajas.

No es sencillo encontrar cuáles fueron los primeros momentos de ocupación de Sierra Mojada. Aunque es probable que en el siglo XVIII se intentaran formar asentamientos, por misioneros religiosos, sólo hasta el XIX el movimiento adquirió visibilidad en los medios públicos de información por la riqueza de los minerales allí ubicados y exploraciones con otros objetivos. El sitio y sus zonas aledañas -también conocido como Bolsón de Mapimi- ya eran conocidos desde algún tiempo atrás, pues se sabía que aquí acostumbraban guarecerse grupos de indios nómadas. Muchos informes de exploración, durante el XIX, se refirieron a la Laguna de Jaco, a la Laguna de la Leche y a la Laguna del Rey, ubicadas en las inmediaciones. Además de tener como objetivo batir a las hordas de indios, tales prospecciones buscaban recursos naturales para su aprovechamiento (e.g. AMMV, FSXIX, Caja 54, Folio 8, Expediente 85, 1857).

La primera noticia más formal sobre el sitio corresponde al minero Nestor Arriola, quien hacia 1870 hizo una parada en este lugar, pues andaba persiguiendo contrabandistas. Ensayó varias muestras de rocas y encontró buenas posibilidades para organizar explotaciones mineras. Parece que sus primeros resultados los comunicó en la ciudad de Durango, en donde también -se dice- hizo el primer denuncia de una mina. Más adelante, las dificultades para definir la jurisdicción entre los tres estados de Chihuahua, Coahuila y Durango probablemente relegaron a una especie de olvido las primeras noticias ligadas a este hecho, que recuerdan historias

míticas sobre áreas con grandes riquezas de siglos anteriores (*vid.* Román, 2001).

En el año de 1879 cundió una especie de fiebre en torno a las “riquezas inexploradas” de este sitio. Varias empresas mineras mandaron compañías de exploradores, para tratar de resolver qué había de claro en las noticias desbordadas que se leían en la prensa. Pueden mencionarse la de Guillermo Purcell, la de la Sociedad Aviadora de Minas del Real del Monte, la de Valentín Gómez Farías y la de los hermanos Ferrara (*e.g.* La Industria Nacional, N25, 1879). El gobierno mexicano también envió una expedición, y su encargado -Santiago Ramírez- publicó lo que parece ser el primer informe completo sobre las condiciones de la zona, que revisó las implicaciones de elaborar planes concretos para aprovechar los recursos minerales. Los pormenores de estos antecedentes sin duda son importantes, pues el ingeniero Santiago Ramírez desechó un conjunto de testimonios por su carácter impropio, por considerar lo que eran “fábulas en épocas anteriores” (*vid.* Ramírez, 1880).

Aunque un plano contenido en el estudio de Ramírez ofrecía una descripción de las formas de asentamiento existentes hasta el año de 1879, en la Figura 1 -sin embargo- puede consultarse un mapa de época posterior y debido a Dreveltdt (1902), y que se considera más explicativo del contexto de las operaciones del Serpentón. En un inicio destacaban dos asentamientos, uno denominado San Francisco y el otro solamente referido como un campamento; así mismo, se indicaron varias minas operando en las vertientes de la montaña. Es probable que el primer asentamiento se refiriera a otras tendencias de ocupación del territorio que no quedan reflejadas en los procesos que tomaron lugar en la villa de Sierra Mojada propiamente dicha, y que habría que indagar en los archivos de Chihuahua o Durango. Un informe editorial de prensa, del año de 1879, por ejemplo, parecía dar por sentado que se trataba de dos poblaciones firmes, porque reunían juntas hasta 14 mil personas: “San Francisco California” y “Nueva York” (La Industria Nacional, N10, 1879). Por otra parte, el primer mapa -dibujado por Aldasoro-, indicaba que los caminos llegaban a cuatro minas que probablemente serían las más importantes: El Salvador y La Esmeralda, San José, Jesús María y San Dimas. El mapa de Dreveltdt terminó por omitir el área del asentamiento de San Francisco.

Con todo y la amplia, aunque a la vez modesta, actividad minera y metalúrgica, el mismo año de 1879 se decretó -por el Gobierno de Coahuila- la fundación de la nueva villa de Sierra Mojada. Comenzaron a repartirse lotes en función de un plano modelo. Un grupo de empresarios de Cuatrociénegas, por ejemplo, pidieron que se les adjudicaran lotes en la nueva población, incluso en un número de diez lotes por solicitud (AGEC, FSXIX, Caja 6, Folio 7, Expediente 14, 1879). Debe tenerse en cuenta que el decreto del gobierno de Coahuila, pero sobre todo su cumplimiento, corrió de modo paralelo al desarrollo de actividades mineras y metalúrgicas. Al parecer otro grupo de empresarios formado por Mauro Sepúlveda, Jacinto Galindo y Antonio Ferrara,

sufrieron inconvenientes por la manera como se había insertado el proyecto para la nueva villa. En una ocasión estos empresarios se refirieron a los terrenos que habían adquirido antes de que se definieran los ejidos de la villa de Sierra Mojada, por lo cual, ahora buscaban que se les reconociera la posesión. Entre otros objetivos tuvieron el de establecer haciendas de fundición cerca de las bocaminas (AGEC, FSXIX, Caja 12, Folio 7, Expediente 11, 1888).

Sobre el grupo de minas, es interesante revisar varios informes de la correspondencia de los empresarios involucrados, entre quienes estaba Guillermo Purcell. Máxime cuando se advierte que una aglomeración se formó por las actividades de la mina La Esmeralda (Fig. 1). Desde el año de 1879, Purcell ya estaba pendiente de los informes que se le enviaban desde Sierra Mojada, sobre ensayos del mineral. Para 1880, se habían instalado ya las obras en forma en la mina, y Carlos Schuchardt fungía como director, quien -se decía- había construido un horno muy especial y denominado Serpentón (Purcell, 1963, 44, 46 y 50). Más adelante Richard Chism corroboraría la particularidad de este tipo de artefacto.

Un atento examen de la correspondencia que publicó Anita, la hija de Purcell, permite deducir varios aspectos interesantes del contexto en que se introdujo -y luego abandonó- el Serpentón. El Serpentón únicamente se mantuvo funcionando durante un periodo de 6 años, desde el arribo de los exploradores del empresario irlandés hasta que se optó por cambiar de “sistema” y emplear el norteamericano de “water jacket”. En un inicio, desde octubre de 1879, comenzaron a hacerse planes para explotar la mina La Esmeralda; se formó una compañía por acciones (La Constancia) en donde la gran mayoría eran empresarios de la zona de Saltillo, y solamente tres eran extranjeros, de un total de diez. La redacción de las cartas no dejó claro hasta dónde la compañía estaría formada en comandita, aunque de forma repetida se hablaba de la dificultad de los socios para presentar contribuciones de dinero en efectivo. Por otra parte, la recomendación de comenzar a construir hornos fue de los mexicanos, mientras que Purcell había considerado solamente extraer el mineral y venderlo o enviarlo a otra fundición. A través de la correspondencia de Purcell es posible comprender lo importante que continuaba siendo el comercio en dirección Este a Oeste, con el puerto de Matamoros como punto importante de entrada de mercancías extranjeras (*Ibid.*, 41 y 61).

Los primeros resultados del Serpentón se consideraron satisfactorios; aunque, a decir verdad, parece que Purcell era la primera vez que veía funcionar una mina. Los informes que Purcell comenzó a enviar en 1882, a su socio en Inglaterra, reflejaban cierto desaliento respecto al funcionamiento del negocio en general (*Ibid.*, 54). En Julio del año de 1885 hizo un viaje a Villaldama, donde se habían instalado unos hornos norteamericanos del tipo “water jacket” (*Ibid.*, 97 y ss.). Había empezado a considerar la posibilidad de abandonar el sistema mexicano y adoptar el norteamericano. Fue hasta agosto del año de 1886 cuando Purcell informó a sus socios

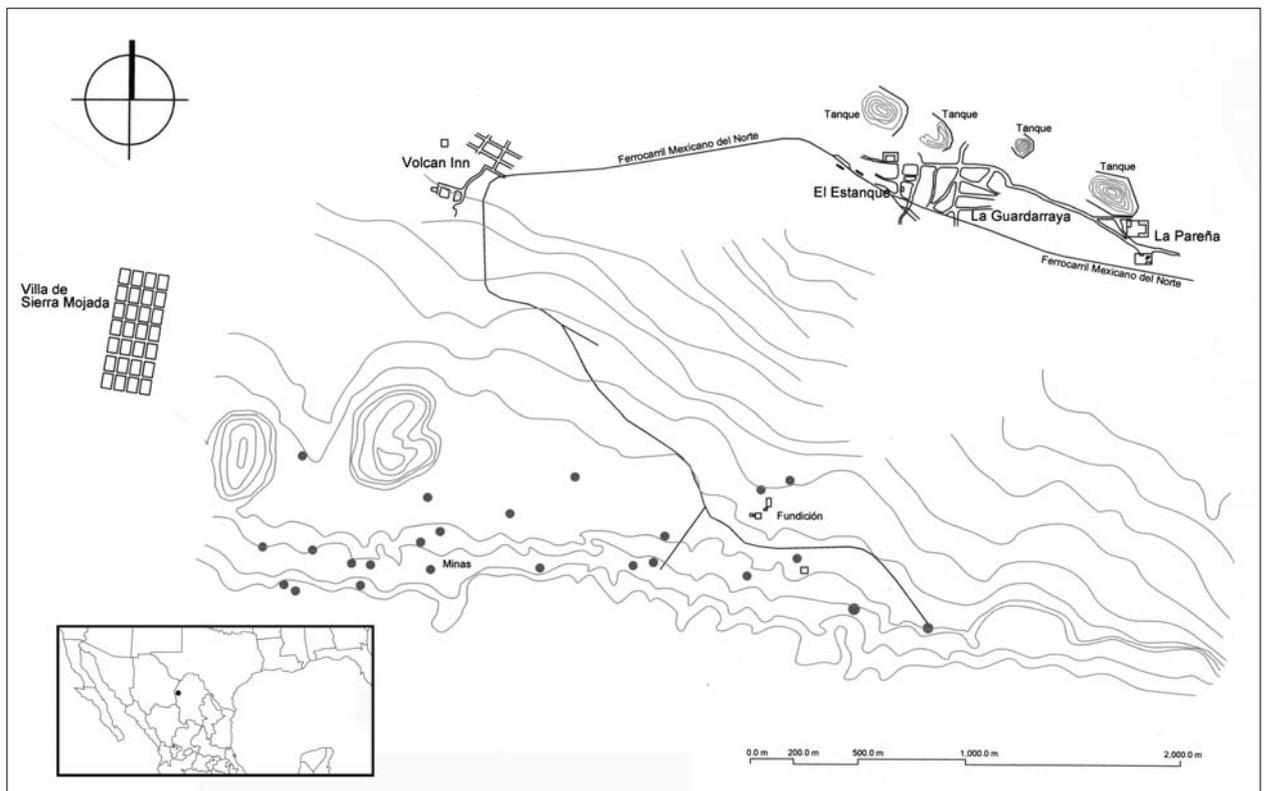


Figura 1. Mapa del distrito de la Sierra Mojada, por E. van Dreveldt. Calcado por el autor a partir de Malcomson (1902). Obsérvense las distintas aglomeraciones formadas a inicios del siglo XX: la villa de Sierra Mojada, y las rancherías de Volcán, Estanque, Guardarraya y Pareña. En la actualidad, y cerca de donde se indican Estanque y Guardarraya, se encuentra hoy el centro de población del ejido La Esmeralda, que surge a partir de la compañía de Guillermo Purcell y socios. El hecho es relevante de la condición en que, de forma recurrente, el descubrimiento y explotación de minas daba lugar al menos a dos tipos de asentamientos: los caseríos debidos a empresarios, y los poblados impulsados por el gobierno en otro tiempo también denominados Reales.

extranjeros que se había comprado ya el primer horno en Chicago. Pero todavía pasaría casi un año para que se abandonara completamente el Serpentón (*Ibid.*, 124-125). La tónica sobre la ineficiencia del Serpentón enfatizaba su escaso rendimiento, que se consideraba -aunque sin ser experto- podría ser mayor. En el mes de septiembre de 1887 se informaba que, por fin el nuevo horno había comenzado a fundir.

Otra cosa sería relatar aquí las peripecias para el establecimiento de esta nueva tecnología, pero el espacio y objetivo de este texto no permite abundar en el asunto, que provocó no pocas dificultades y dolores de cabeza a Purcell. El informe que preparó Richard Chism, en su visita a Sierra Mojada por el año de 1886, constituye una de las mejores descripciones de las características singulares del sitio. Quizás sobre todo habría que decir que desde esta exploración -y el registro elaborado por Dreveldt en 1902 (Fig. 1)- el lugar ha preservado sus zonas y formas de ocupación.

EL SERPENTÓN Y LAS OBSERVACIONES DE CHISM

De acuerdo con las cartas de William Purcell, Richard Chism arribaría a Sierra Mojada hacia comienzos del año de 1886. Prontamente se pondría a cargo de las operaciones de la mina de San Salvador, también perteneciente a la compañía La Constancia. Es interesante advertir que fue precisamente en este momento cuando se tomaron las decisiones para abandonar el sistema mexicano, y adoptar el norteamericano. Con todo y lo

anterior, son ilustrativas de la metalurgia tradicional del norte las descripciones que hizo Chism, no solamente del Serpentón, sino también de todo el conjunto de elementos que debían considerarse para valorar el negocio en su conjunto (forma de extracción de minerales, procedimientos de construcción y mantenimiento, caracterización de cuadrillas de gente e incluso sueldos y balance de costos) (Chism, 1887, 554-555, 562-563). Su valoración final, como otras debidas a norteamericanos, era sumamente negativa en lo que respecta a la relación entre costo de construcción y funcionamiento de artefactos con respecto al rendimiento y calidad del producto obtenido.

Durante la llegada de Chism a Sierra Mojada el Serpentón estaba en marcha en la empresa minera La Constancia. Malcomson nos informa que fue en 1886 cuando Sierra Mojada quedó conectada con el Ferrocarril Central Mexicano (Malcomson, 1902); sin duda, fue la conexión con El Paso (Texas) lo que contribuyó para que fuera posible, y barato, traer desde Chicago los nuevos hornos del tipo "water jacket". En otras palabras, con anterioridad al tendido de vías de ferrocarril no hubo grandes alicientes para introducir cambios en las empresas mineras y metalúrgicas; y es muy posible que aquellos Minerales identificados por Jacob Küchler en un célebre mapa dibujado en la década de 1860 -con el concurso de Schuchardt, por cierto-, pudieran tener las características del negocio que envolvió el empleo del Serpentón (*vid.* Küchler, 1866).

El Serpentón, si se le mira en sitio, constituye un corredor rectangular de aproximadamente 1.50 metros

de anchura y cerca de 2 en altura (Fig. 2). A través de tres distintos tramos que se conectan entre sí, cada uno con aproximadamente 20 m de longitud, va modificándose la dirección del corredor conforme se desciende por la pendiente de la falda de Sierra Mojada. Algunos de los tres tramos se conectan entre sí por espacio poligonales (hexágonos, más precisamente), dando lugar a la desviación del siguiente tramo de la cámara del horno (hogar). El resultado final es un volumen complejo y no desprovisto de proporciones armónicas, a decir de la manera en que los espacios centrales de conexión dan lugar a la inclinación del siguiente tramo del hogar. Si se compara el Serpentón con el dibujo publicado por Chism, es interesante advertir las variedades del gale-

me, pues en realidad se trata de una máquina mucho más compleja e interesante que lo que el dibujo logró interpretar. Incluso en la obra de M. Eissler, se reprodujo todo el contenido del informe de Chism, sin realmente revisar el hecho de la representación singular del dibujo. Las puertas de trabajo, por ejemplo, mientras en el dibujo de Chism constituyen aperturas forjadas con arcos de dovelas, en el dibujo de Eissler -por el contrario- las mismas aperturas se han convertido ya en simples orificios (Eissler, 1891, 22 y 26). Es probable que el dibujo haya sido mal copiado, pues Eissler no menciona que haya hecho exploraciones en Sierra Mojada.

Por otro lado, también es posible referirnos a una fotografía que Persifor Frazer incluyó en su informe de

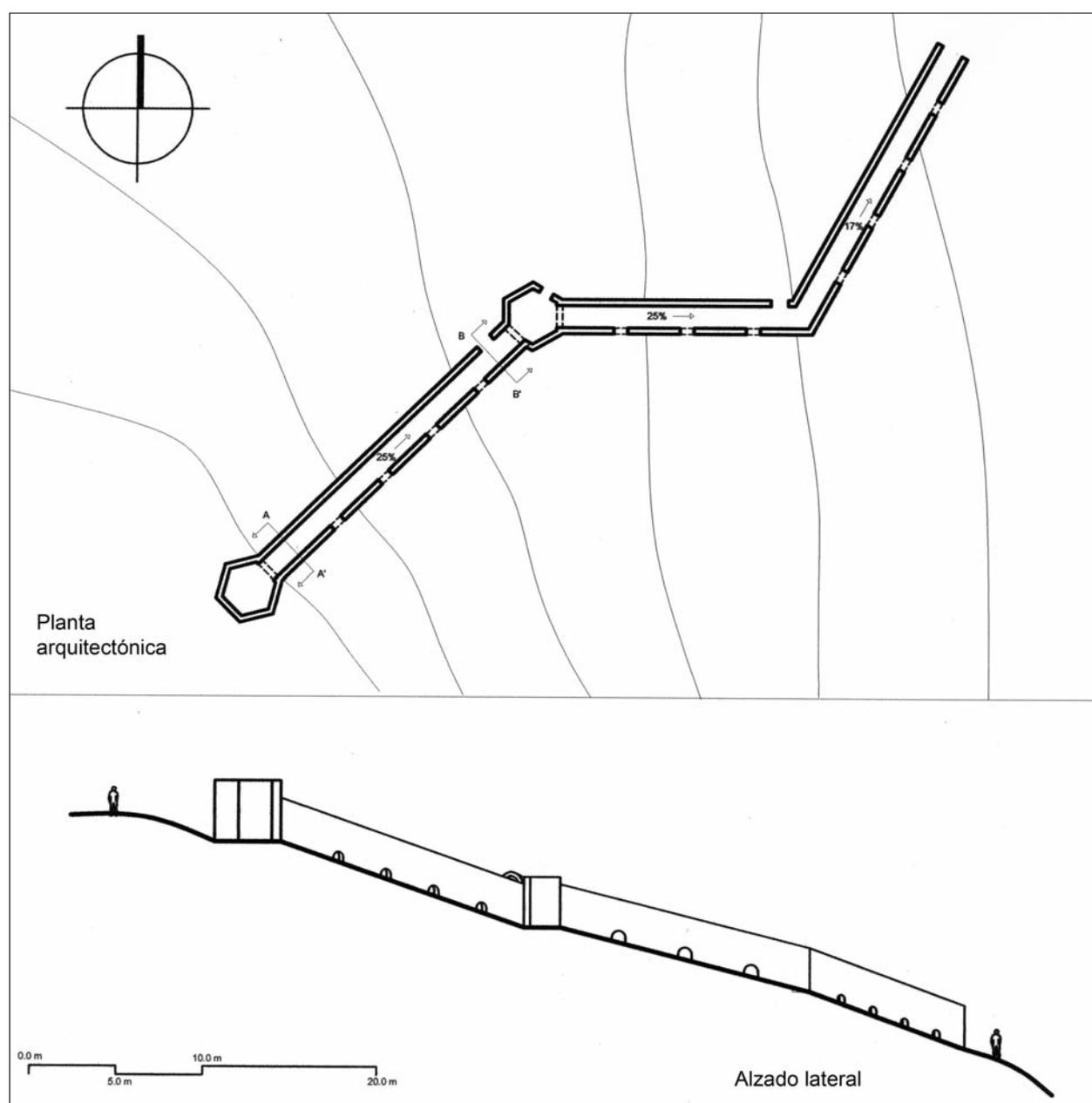


Figura 2. Levantamiento arquitectónico del Serpentón. Elaborado por Alejandro González Milea y Christian Enríquez, en Marzo de 2011, en sitio.

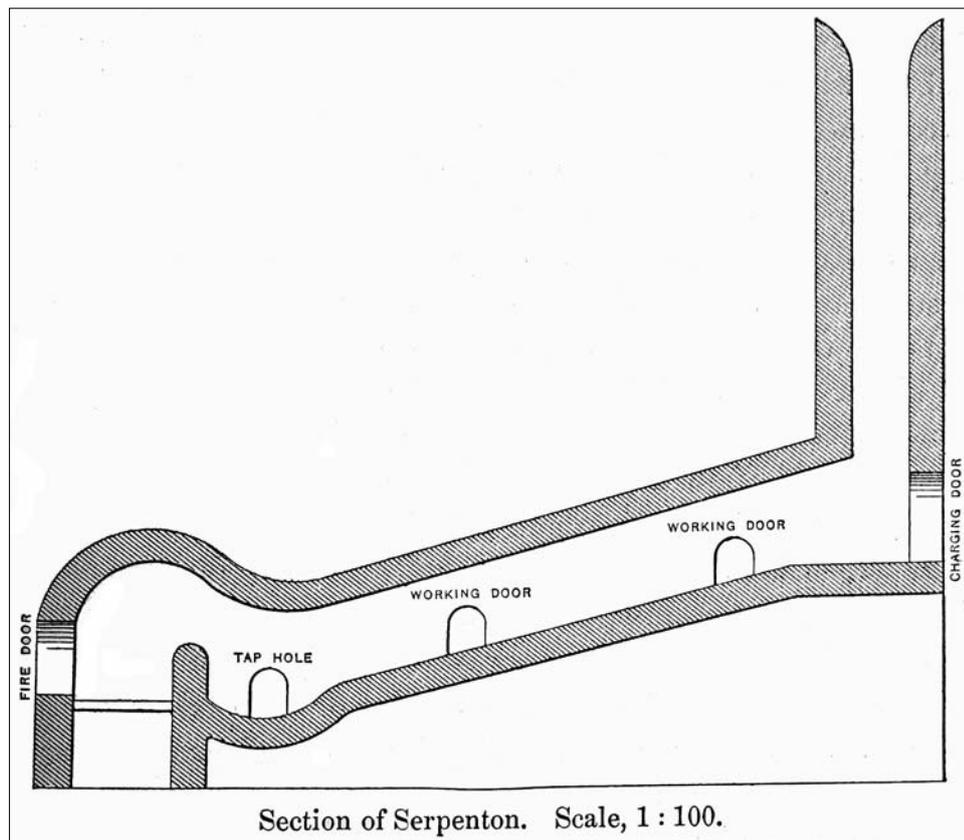


Figura 3. Corte longitudinal del Serpentón, publicado por Richard Chism (1887).

viaje por el noreste del país (Frazer, 1884). En la imagen aparecen dos hornos que corresponden al dibujo de Chism; sin embargo, la ruina en el sitio de que me he ocupado en este texto constituye un intento más osado -si puede decirse así, por su escala- de resolver el mismo problema del horno a través de ampliar en extensión, y dividir en tres secciones, el hogar, o bien, unir tres tramos (Figs. 2 y 4).

Chism nos refiere que una tercera parte de todo el plomo que se producía en Sierra Mojada provenía de los Serpentones (Chism, 1887, 560-561). Le parecía evidente que se trataba de un tipo de horno de reverberación, muy especial y que nunca había visto en otra parte

igual. La obra estaba construida en piedra y adobe, y consistía en un común horno de reverberación para rostitado de mineral. Pero el Serpentón en realidad se usaría para fundir. La primera carga se hacía cuando ya el horno estaba caliente, y ocupaba un tercio de la longitud del hogar; sucesivamente iba rellenándose para desalojar al final la mezcla lista para vaciarse y formar lingotes. Durante el proceso las puertas servían para limpiar (rastrillar hacia afuera) la capa superficial de escoria que se formaba, extrayéndola fuera del horno. Las operaciones se repetían de modo sucesivo hasta que después de tres o cuatro horas el pocillo estaba lleno de plomo fundido; el tiempo de trabajo del Serpentón, por



Figura 4. Aspecto de la mina La Parreña, en Sierra Mojada. Obsérvense los dos pequeños Serpentones en actividad. Tomada de Frazer (1884).



Figura 5. Vista interior hacia el crucero en rumbo ascendente. Fotografía del autor (2011).

otra parte, no superaba los seis días, por lo cual suponemos una operación constante de noche y de día (*Ibid.*). La mezcla estaba elaborada con cinco arrobas de mineral de la mina La Esmeralda, dos arrobas de la de la mina Playas, y cinco de la mina San Salvador; también se añadían una arroba de litargirio y tres de escoria o “espuma de plomo”. Era arrojada en paladas dentro de la puerta de carga, y cada palada de la carga también era mezclada con cuatro más de polvo de carbón (*Ibid.*).

CONCLUSIONES

La aparente sinonimia entre Francisco Serpentin y los dos “serpentines activos” que mencionó Nava, sugieren continuar indagando las características de una metalurgia propia del noreste mexicano en el siglo XIX. Por otra parte, no parece caber la duda sobre que el dibujo elaborado por Chism, y las fotografías presentadas en el informe de Persifor Frazer, se refieren al mismo tipo de artefacto. De hecho, Purcell había indicado ya que en la zona se encontraban dos Serpentones funcionando. También es probable que la fotografía publicada por Frazer no fuera tomada en La Parreña, como indicó, sino en la cercanía de la mina La Esmeralda (Fig. 4). Por otro lado, y hablando de las ruinas del horno largo que hemos estudiado y dibujado, es interesante observar que en todo reproduce las características del Serpentón que dibujó Chism. Es probable que se hayan perdido algunas partes como la chimenea, las cubiertas abovedadas de los hogares y algunos recubrimientos adicionales. Este horno estuvo funcionando efectivamente, como lo demuestra la existencia de escorias en su interior. Su posición en alto, y a un lado del nuevo establecimiento en donde se alojaron los “water jacket”, sugiere que pudo continuar empleándose incluso durante el siglo XX. Pero la corroboración de esta hipótesis requeriría indagar las operaciones de las compañías cooperativas, durante las décadas de 1940 y 1950, en el lugar. También es probable que el modelo existente en sitio haya tenido como finalidad superar el carácter provisional y alto costo de mantenimiento que destacara Chism, con carácter experimental y resultados desconocidos por ahora.

Todo lo anterior permite sugerir algunos aspectos importantes de la metalurgia de Coahuila durante el siglo XIX. En primer lugar, no es poco probable que se continuaran dando innovaciones entre los fundidores prácticos de muchas zonas de las sierras. En segundo, lo aquí presentado es una faceta de 10 años de avances desarrollados en el sitio, antes de la llegada de grandes compañías que compraron minas. Dentro de la historiografía de la minería mexicana mucho se ha abusado en destacar el sitio de Sierra Mojada como uno de los lugares que despertaron a una gran actividad con la presencia de grandes empresas; es evidente que con anterioridad a que esto ocurriera se habían dado cita pequeñas empresas, apoyadas con capital e innovaciones técnicas de índole local o regional.



Figura 6. Detalle del dovelado en una puerta de trabajo. Fotografía del autor (2011).

ABREVIATURAS

Archivo General de la Nación, México (AGN)
 Archivo General del Estado de Nuevo León (AGENL)
 Archivo General del Estado de Coahuila (AGEC)
 Archivo Municipal de Monclova (AMMV)
 Documentos de la Familia Sánchez Navarro (DFSN)

BIBLIOGRAFÍA

- Alcalá, M. 1895. *Sinopsis del tratamiento metalúrgico de los minerales plomo-argentíferos por fundición en Water-jackets*. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, México, 52 pp.
- Austin, W. L. 1884. Smelting Notes from Chihuahua, Mexico. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, XII, 185-198.
- Bakewell, P. J. 1976. *Minería y sociedad en el México colonial*. Fondo de Cultura Económica, México, 387 pp.
- Brading, D. A. 1997. *Mineros y comerciantes en el México borbónico*. Fondo de Cultura Económica, México, 498 pp.
- Chism, R. 1887. Sierra Mojada, Mexico. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, XV, 542-588.
- Clough, R.T. 1962. *The Lead Smelting Mills of the Yorkshire Dales*. Jowett and Sowry Ltd., Leeds, 188 pp.
- Del Río, I. 2010. *Mercados en asedio*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 248 pp.
- Devereux, W. B. 1883. A native process of smelting copper ores in the State of Jalisco, Mexico. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, XI, 106-111.
- Eissler, M. 1891. *The Metallurgy of Argentiferous Lead*. Crosby Lockwood and Son., London, 396 pp.
- Fonseca, F. y Urrutia, C. 1850. *Historia general de la Real Hacienda escrita por orden del virrey conde de Revillagigedo*, Vol. 3. Imprenta de Vicente García Torres, México.

- Frazer, P. 1884. Certain Silver and Iron Mines in the States of Nuevo Leon and Coahuila, Mexico. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, XII, 537-569.
- Garcés y Eguía, J. 1802. *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*. Imprenta de M. de Zúñiga y Ontiveros, México, 168 pp.
- Hadley, Ph.L. 1979. *Minería y sociedad en el centro minero de Santa Eulalia, Chihuahua (1709-1750)*. Fondo de Cultura Económica, México, 241 pp.
- Hahn, O. H., Eilers, A. y Raymond, R. W. 1873. The smelting of argentiferous lead ores in Nevada, Utah and Montana. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, I, 91-128.
- Küchler, J. 1866. *Valles de Sabinas y Salinas*. Imprenta Imperial, México, 16 pp.
- Langenscheidt, A. 1999. Los hornos para la metalurgia del plomo en América. *Quipu/Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, 12 (2), 231-250.
- Malcomson, J. W. 1902. The Sierra Mojada, Coahuila, Mexico and Its Ore-Deposits. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, XXXII, 100-139.
- Nava, G. 1974. La minería. En: D. Cosío (Coord.), *Historia Moderna de México, El Porfiriato*. Editorial Hermes, México.
- Olivares, F. 1890. *Informe relativo al Mineral de San Nicolás de Tamaulipas*. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, México, 39 pp.
- Purcell, W. L. 1963. *Frontier Mexico*. Naylor Co., San Antonio, 295 pp.
- Ramírez, S. 1879. *Informe sobre el Mineral de Guadalcazar, en el estado de San Luis Potosí*. Imprenta de J. C. Villada, México, 90 pp.
- Ramírez S. 1880. *Informe que como resultado de su exploración en la Sierra Mojada, rinde al Ministerio de Fomento el Ingeniero que suscribe*. Ministerio de Fomento, México, 15 pp.
- Román, J. G. 2001. *Del Aguanaval a Sierra Mojada*. Centro de Estudios Sociales y Humanísticos A.C., Saltillo, 124 pp.
- Salazar G. 2000. *Las haciendas en el siglo XVII en la región minera de San Luis Potosí*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, 510 pp.
- Servín, R. 1894. Informe relativo al estudio practicado en el Mineral de Sierra del Carmen, en la municipalidad de Múzquiz, Distrito de Monclova, Estado de Coahuila. *Boletín de Agricultura, Minería e Industrias*, IV (3), 138-160.
- Silva, M. 1878. *Memoria sobre el Mineral de Mazapil*. Tipografía del Hospicio, Guadalupe, 22 pp.
- Vázquez, A. C. 1908. *Lead-roasting at the Torreon Smelting Plant*. University of Texas, Austin, 41 pp.
- West, R. C. 1949. *The mining community in Northern New Spain*. University of California Press, Los Angeles, 169 pp.
- West, R. C. 2004. *La comunidad minera en el norte de Nueva España*. Gobierno del Estado de Chihuahua, Chihuahua, 195 pp.