

Los molinos y la molienda en los procesos de producción minera en México

Alma Parra
Dirección de Estudios Históricos, INAH, México

RESUMEN: La producción de plata involucra varios procesos vitales desde el hallazgo del yacimiento, hasta la obtención del preciado metal. Después de la extracción, el primer paso para la preparación de los minerales consiste, como en muchas de las actividades de transformación, en triturar y moler la materia prima. La molienda minera en México implicó la utilización de procedimientos muy elementales hasta los más avanzados, que requirieron la utilización del ingenio y el desarrollo de habilidades tecnológicas. El presente texto analiza desde esta perspectiva las principales aportaciones tecnológicas al desarrollo de la molienda de minerales en el contexto de la minería novohispana y del siglo XIX en México.

Palabras clave: minas, sistema de patio, molienda, molinos, tecnología minera, tahona, arrastre.

ABSTRACT: Silver production involves the application of several basic procedures, once the deposits of this precious mineral are discovered and the extraction from the mines is carried out, the first next step to prepare the minerals consists of, as in many other industrial activities, in crushing, grinding and milling the raw material. These three activities implied the application of very primitive methods but also the continuous incorporation of other, more advanced methods, which required the use of inventiveness and the development of technological skills. This article takes this as a departure, to analyse the major technological advances achieved on the development of crushing, grinding and milling, in the context of the mining activities carried out during the colonial period and the XIX in Mexico.

Keywords: mines, patio system, crushing, grinding, milling, mining technology, arrastre, tahona.

Uno de los procesos vitales para la obtención de plata es la preparación de los minerales antes de ser sometidos al llamado beneficio. Entre estos procesos la trituración y molienda de la piedra mineral requería de la aplicación de mecanismos que recogían tecnología de muchas vertientes: para la construcción de los propios molinos, para la incorporación de fuerza motriz y para la búsqueda progresiva de eficiencia en el desempeño de esta labor.

El presente artículo, es una primera aproximación a los tipos de experimentos que se realizaron para mejorar la molienda de minerales en la Nueva España y posteriormente en el conjunto de la producción de metales preciosos, hasta inicios del siglo XIX.

En otra oportunidad, con el objeto de discutir las innovaciones tecnológicas aplicadas a la minería, elaboré un análisis referido al caso de Guanajuato, en donde se exploró el contexto y las condicio-

nes que permitieron que el sistema de patio como método de refinación de minerales permaneciera desde su descubrimiento en el siglo XVI y hasta fines del siglo XIX como el más recurrente.¹ La mayor parte de esas explicaciones indicaron que hubo repetidos intentos por sustituir este método para abaratar costos y hacerlo más eficiente, aunque sin lograr grandes modificaciones dentro del proceso de amalgamación en frío. No obstante, los esfuerzos que indicaron avances en el intento de absorber innovaciones tecnológicas en este campo mostraban que era en la fase de la molienda, proceso previo a la amalgamación y en la propia amalgamación, que implicaba también una acción mecánica de moler, donde se lograron mayores progresos. Es por ello que es en esa fase que se centraron la atención y el ingenio para llevar “la materia prima” mejor preparada a la amalgamación.

De modo que la imposibilidad de sustituir el más socorrido método de amalgamación prevaliente desde tiempo atrás, incentivó al ingenio minero a concentrar, por un tiempo sus esfuerzos, en la molienda.

Una vez que la investigación arrojó estos datos planteó la necesidad de revalorar elementos que se han visto sólo en el conjunto del proceso minero, pero que vistos como procesos separados muestran caminos distintos. Se convierten en utilidades múltiples aplicadas intensivamente como recursos industrializadores.

Así por ejemplo el proceso de amalgamación requirió los avances de la química en épocas posteriores, para dejar de depender de las habilidades personales de los “azogueros”, mientras que los inventos de la molienda pese a que también tenían un contenido derivado de la práctica, redundaron mayormente en aspectos de ingeniería mecánica. Estas mejoras, aunque fueron incentivadas por el beneficio por amalgamación en frío, otros sistemas como la fundición, que también requerían que los minerales tuvieran cierto grado de trituración y pulverización, también sacaron provecho de estas mejoras.

Este trabajo muestra algunas ideas sobre la utilidad de esta distinción en el contexto general del desarrollo de la minería desde la llegada de los españoles y los aspectos generales del desarrollo de la molienda.

EL IMPACTO DE LA MINERÍA INTENSIVA

Es ampliamente conocido, que uno de los motores centrales de la conquista española fue la búsqueda de metales preciosos, mismos que en buena medida los pueblos nativos de América ya utilizaban en múltiples de sus actividades de vida cotidiana, religiosa y económica. Sin embargo, el progresivo y avasallador sometimiento de las culturas locales a los usos y objetivos europeos impuso nuevos requerimientos a las formas de explotación de los recursos minerales de América y en este caso que aquí se trata, el particular de la Nueva España.

La tecnología minera prehispánica aunque ahora se sabe, comenzó a dar pasos en cuanto a exploraciones subterráneas de poca magnitud², se basaba mayormente en prácticas de recolección de minerales de aluvión y procesamientos de fundición para la obtención de los metales. Con la llegada de los españoles y el desmedido impulso que se dio a la búsqueda y control de los territorios ricos en yacimientos minerales, se adoptaron muy tempranamente otras formas de explotación de minas encaminados a satisfacer objetivos de un sistema global en el que participaba España con mercados

1 ALMA PARRA, “Experiencia, destreza e innovaciones en la minería de Guanajuato en el siglo XIX”, en: *Historias*, Núm. 58, Mayo/agosto, 2004 pp.69-81

2 JOSÉ ALFREDO URIBE SALAS, “Minería de cobre en el México Prehispánico: un acercamiento historiográfico”, en: *Revista de Indias*, vol. LVI, 207, 1996, pp 297-332

cada vez más amplios y monetarizados. Las formas de explotación minera pasaron de la búsqueda de yacimientos superficiales a la identificación de minerales con posibilidades de explotación más intensiva que los españoles habían ido adaptando a su propia minería, gracias al interés científico creciente que promovía paralelamente la minería de la época.

Eso era posible porque existía una coincidencia de factores detrás del creciente interés en Europa por los metales preciosos y el interés por innovar los métodos de explotación. Reflejo de esto fueron las publicaciones del siglo XVI y XVII de lo que se conoce como los manuales mineros, ahora obras clásicas de minería y metalurgia, que recogían información sobre las tradiciones técnicas más antiguas y los modos más eficientes hasta entonces para la producción de oro y plata entre otros minerales que circularon progresivamente en la Nueva España y en épocas posteriores.³

De aquí que el descubrimiento de la afortunada y abundante oferta de minerales provenientes de la Nueva España y la aplicación de renovados conocimientos tecnológicos europeos sentaran las bases para poner en marcha en el nuevo país, un sistema de minería subterránea, que trajo consigo una revolución que impactó de inmediato dando forma a la naciente economía novohispana. A través de la búsqueda de una minería intensiva se crearon formas de organización laboral aprovechando la gran población indígena, una organización productiva y un sistema de abastecimiento de minerales que trascendió a toda Europa y a la creciente red de comercio mundial por los siglos venideros.

La organización para la producción minera introducida por los españoles, aparte de procurar una organización del territorio en estrecha relación con la formación de los reales mineros, introdujo asimismo cambios fundamentales con base en las necesidades creadas por ésta.

Para obtener metales se requirieron unidades productivas que implicaba el recorrido de varias fases productivas. Cada una de ellas operaba con relativa independencia pero se interconectaba en una cadena que se fue perfeccionando, para lograr el producto final, y por lo mismo implicó la experimentación y avances técnicos de distinto alcance en cada una de ellas con diferente resultado.

La primera fase se trataba de la extracción de los minerales depositados en los yacimientos con base en la construcción de tiros o túneles de profundidad variable en las minas, de donde a base de derrumbes y golpeteo, se extraían las piedras con minerales. Una segunda, la molienda de minerales –que nos concierne directamente en este trabajo– que consistía en preparar la materia prima para someterla a un proceso posterior de refinación cuya función principal era la de triturar, moler y pulverizar la piedra mineral como fase de preparación y finalmente una tercera, que era la operación metalúrgica que permitía propiamente la obtención de los metales y que se realizaba por varios métodos. Uno de los principales se llevaba a cabo utilizando un principio elemental del calentamiento, semejante al realizado por los prehispánicos, que fue la fundición. Posteriormente, como se mencionó, se ensayaron los métodos de amalgamación en frío que fueron varios pero que desde la introducción del sistema de patio en Pachuca por Bartolomé de Medina a mediados del siglo XVI, fue el sistema que trascendió más incorporando como insumo indispensable al mercurio.

LA MOLIENDA PARA TODO

La molienda minera funcionó como en muchas otras actividades de transformación de materias primas, como el proceso a través del cual se lograba el aprovechamiento de las partes esenciales de

3 Durante el siglo XVI salieron a la luz las obras de BIRINGUCCIO, *Pirotechnia*, 1540, AGRÍCOLA, *De Re Metallica*, 1556. En el siglo siguiente otras que reforzaron el interés minero y metalúrgico como la de ALONSO BARBA, *El Arte de los Metales* de 1640, por poner sólo unos ejemplos.

esas materias, ya fuera para desvincularlas de otros elementos o para posteriormente, mezclarlas con otros ingredientes. Este proceso se convirtió en pieza clave de la minería colonial. Una de sus características principales fue que los principios que la guiaron, así como los medios, máquinas, instrumentos, herramientas y fuerza motriz que utilizó, fue compartida en múltiples ocasiones con otras “industrias” o actividades nuevas que los españoles introdujeron a los espacios de la Nueva España. Del mismo modo en el que la búsqueda de piedra mineral transformó de manera tan radical esos espacios, existieron otras actividades coloniales que pese a que se desarrollaron junto a la persistencia de otras formas arcaicas de molienda requirieron de técnicas especiales y lugares especiales para su desempeño. Tal fue el caso de la molienda de granos para la alimentación, a la que se introdujeron técnicas más avanzadas como también en la producción de textiles.

En gran medida, los sitios dedicados a la molienda de minerales trataron de ubicarse en las cercanías a las minas. La dependencia geográfica de esta industria fue constante a lo largo de los siglos coloniales y el siglo XIX. Esto se hizo patente en la formación de poblaciones alrededor del recurso mineral, hasta que ya muy avanzado el siglo, el mejoramiento de las redes de transporte, principalmente el ferroviario, lograron tener una influencia decisiva en la industria.

LA MOLIENDA DE MINERALES

La acción y los procesos para moler los minerales que se generalizó en la Nueva España a lo largo de tres siglos, consistió en reducir el tamaño de las piedras⁴ y en realidad comenzaba a la salida de las minas cuando se ejercía la labor de “quebrar” o partir los minerales recién salidos.⁵ Frecuentemente esta primera tarea se llevaba a cabo por mujeres e incluso niños. El siguiente paso que requería de una labor con intervención de herramientas menos elementales, que la de un mazo de mano, era la trituración. Esta fase se llevaba a cabo en las haciendas de beneficio. “La trituración en seco... [decía Humboldt, a principios del siglo XIX] se hace con unos mazos que trabajan ocho a tiempo y, están movidas por ruedas hidráulicas o caballerías. El mineral ya machacado, o sea la granza se pasa por un gran cuero agujerado, especie de criba; y esa granza se la reduce a harina muy fina en los arrastres o las tahonas”⁶

Los arrastres o tahonas fueron desde la llegada de los españoles aparatos o las “máquinas” fundamentales de la minería de oro y plata mexicana y basaban sus principios en molinos que se usaban desde la antigüedad. Las variantes que se hicieron a estos fueron poco perceptibles y por ello la descripción de Humboldt es pertinente ya que la de autores más antiguos e incluso posteriores a él son muy similares.

Los arrastres o tahonas eran bases o superficies de perímetro circular limitado por bardas de piedra o madera en cuyo centro se colocaba un mástil que a su vez guiaba un eje en cuya terminación tendría una palanca adaptable al manejo humano o animal que giraría alrededor del círculo para dar impulso. El eje a su vez, cargaba o “arrastraba” varios “mazos”, “bolas”, “pisones”, “piedras” o “al-madanetas” que al girar o golpear, ejercían la presión sobre los minerales.

4 ALBAN J. LYNCH y CHESTER A. ROWLAND, *The History of Grinding*, SME, Colorado, 2005, capítulo 1

5 Todas las descripciones sobre trabajo minero desde las más antiguas, en los usos medievales y posteriores esta es una labor que se describe detalladamente y que implica el uso de herramientas simples como las que aparecen en Biringuccio. *The Pirotechnia of Vannochio Biringuccio, The Classic Sixteenth-Century Treatise on Metals and Metallurgy*, Editado por Cyril Stanley Smith y Martha Teach Gnudi, Nueva York, Dover Books, 1990, p.24

6 ALEJANDRO DE HUMBOLDT, *Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España*, Tomo III, París, 1836 p.146-147

La atahona, tahonas o arrastra de Nueva España, estaba dotada de dos o cuatro voladoras de piedra dura, como basalto o pórfido, que rodaban entre solera de piedra, circular, de 3 a 4 m de diámetro y rodeada de pequeño cerco. Las piedras voladoras tenían una vara o cinco cuartas de largo, una tercia o media vara de ancho y un peso de 20 a 30 y hasta 40 arrobas. Molían 300 a 400 quintales de mena cada 24 horas⁷

La tahona, arrastre o, arrastra ha sido descrita como “el molino del hombre pobre” al evaluar su significado en la minería del sur de los Estados Unidos,⁸ este calificativo lejos de menospreciar sus principios arcaicos revalora su vigencia como método a lo largo de los siglos, ya que su forma elemental y su efectividad dio paso a que se hicieran mejoras y enmiendas a las máquinas de moler metales y sin embargo, permaneció usándose como una forma alternativa ante las más costosas y nuevas formas de moler de épocas posteriores.

Se ensayaron también otro tipo de molinos de metales que convivieron paralelamente con las formas más extendidas y, fueron de las más rudimentarias, como el golpeteo a mano con mazos y los morteros.

Los morteros eran una forma sencilla para moler, común a muchas otras actividades, que requería de una superficie, ya sea cóncava o plana, sobre la que se colocaban los materiales y se ejercía presión, frecuentemente manual a través de un mazo o un equivalente. El mortero por ser de una pieza, se incorporó más tarde a máquinas de mayor tamaño que agrupaban a varios de estos movidos por medios mecánicos.

El sistema de mazos, un sistema descrito desde el siglo XVI por Agrícola y fue adoptado en la tradición española. “Los ingenios se clasificaban según el tipo de su fuerza motriz y su importancia residía, en el número de mazos para la molienda: decíase: “ingenio con mazos de mano o de pie, o de caballos” (o de sangre) o de agua (movidos por rueda hidráulica); o de “ingenios de una cabeza”, con cinco a diez mazos, o de “dos cabezas”, con diez, doce o catorce o más mazos. ... Eran de una cabeza los que tenían los mazos sólo a uno de los dos lados de la rueda; y de dos cabezas, cuando los tenían a ambos lados”⁹

Casi a fines del período virreinal Humboldt mismo menciona que ya existían diferencias en las maneras de moler de los distintos reales mineros. La explicación de las diversas formas estaba dada por el tipo de minerales asociados a la plata en los distintos lugares y la calidad de éstos. Aunque el uso y forma de los molinos se considera eran los mismos, en algunos reales mineros no se requería que la molienda fuera tan fina, como sí lo era en ciertos lugares como Guanajuato. “En algunas haciendas de la Nueva España, por ejemplo en Regla, no se conocen aún las tahonas, se contentan todavía con el uso



Figura 1. Molienda de minerales, Fototeca, INAH, México s/f



Figura 2. Mortero de metales, Agrícola, Georgius, *De Re Metallica*, Traducción de la 1ª. Edición latina de 1556 por Herbert Hoover, Nueva York, Dover Publications, 1950, Libro VIII, p. 284

7 MODESTO BARGALLÓ, *La amalgamación de los minerales de plata*, México, Fundidora de Monterrey, 40

8 THAD M. VAN BUEREN, “The poor man’s mill”, *Industrial Archeology*, Vol. 30, No. 2, 2004

9 MODESTO BARGALLÓ, *Op. Cit.*, Capítulo 11

de los mazos y la lama que sale se pasa por cedazos y tolvas...¹⁰ Esa afirmación tiene un grado importante de verdad en la medida en que se refiere a la calidad de los metales, mientras más finos los minerales, es decir más puros o con más cantidad de oro o plata con respecto a otros minerales, la fundición cumplía más efectivamente la labor de refinación. Pero si el oro o plata aparecía con mayor cantidad o residuos de otros metales, la amalgamación con mercurio cumplía mejor con el cometido de separarlos.

En parte esto explica, el porqué entre los registros sobre inventos y propuestas que recibían los gobiernos virreinales y posteriormente en el siglo XIX, si bien se encaminaban a lograr ahorros en los costos de las explotaciones mineras al tratar de mejorar el propio proceso de amalgamación, muchas otras, particularmente las de ciertas regiones, se enfocaron más a mejorar la molienda de minerales.

Pero también es cierto, que la mejora en este proceso era provechosa para todos los sistemas, ya que no sólo era la calidad de los metales, sino la finura con la que el metal entraba a otros procesos, como la fundición misma.

Como afirmaba Garcés y Eguía, autor uno de los manuales mineros más importantes, que dedicó su esfuerzo a comparar sistemas de refinación basado en sus conocimientos mineros y experiencia práctica en la región de Zacatecas,¹¹ donde el proceso de fundición mantuvo mayor importancia frente al de patio, se refería al de fundición como sigue:

Para que este efecto salga con toda la perfección posible, es necesario vencer varios obstáculos... la primera proviene de la matriz... los metales: ésta dificulta el buen éxito de la fundición de varios modelos, pues lo hace por lo grueso o por lo delgado de sus partes, o por falta de proporción fundible en sus bases constitutivas... Lo grueso se vence reduciendo las piedras al grado de molido conveniente, lo delgado lavando.¹²

De tal forma atribuía también un lugar importante a la molienda, previa a la fundición.

Desde el siglo XVI la finura en la molienda era indispensable y esta necesidad se reflejó en la búsqueda de medios para lograrla en los distintos aspectos de ese proceso

LOS IMPULSOS DE LOS MOLINOS, EL AGUA Y LA SANGRE

Al observar las formas que tomaron los molinos para la actividad minera a lo largo de los siglos coloniales y el siglo XIX, destacan tres elementos que intervinieron en su desarrollo: las formas de energía que adoptaron para dotarse de fuerza motriz, el ingenio de los individuos vinculados con la minería aplicado concretamente a la mejora de la molienda y el apoyo que tanto los gobiernos virreinales y nacionales pudieron ofrecer como medida de fomento a la minería.

Particularmente en los dos primeros siglos coloniales, el agua, en consistencia con el espíritu de los primeros conquistadores, fue uno de los elementos más importantes en la combinación de unidades productivas de minas y la elección para la ubicación de las plantas de molienda y refinación de minerales. Los caudales de los ríos cercanos a las minas fueron el principal recurso de energía, salida

10 HUMBOLDT, *Op. Cit.* p. 148

11 EDUARDO FLORES CLAIR hace una contextualización de la figura de Joseph Garcés y Eguía y sus aportaciones al proceso químico de la fundición y la aplicación del Tequesquite, en: "Los progresos de la fundición de metales argentíferos en la minería novohispana del siglo XVIII", en: *Dimensión Antropológica*, Año 13, Vol. 36, enero/abril, 2006

12 JOSÉ GARCÉS Y EGUÍA, *Nueva Teórica y Práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación...* México, Mariano Zúñiga Ontiveros, 1802

de residuos o desperdicios, e ingrediente indispensable en el proceso de refinación. Este fue también un incentivo para todo tipo de molienda, no sólo en la minería, ya que el agua se usó como fuente de energía para dar movimiento a las ruedas hidráulicas construidas también en los molinos de trigo, olivos, azúcar y otras actividades “industriales”. De tal modo que podían verse compartidas dichas ruedas y molinos por varias actividades localizadas en las inmediaciones de distintas poblaciones para cubrir las necesidades de alimentación y abasto en general.

Durante el siglo XVI y el XVII diversas fuentes de archivo muestran que las actividades relacionadas con la molienda mostraron un sesgo importante por asociar la explotación de minas con recursos acuíferos. En este período fueron frecuentes las solicitudes por parte de los mineros para poder obtener “heridos” de los ríos circundantes a talleres planeados para la molienda minera. Es decir, que se solicitaban permisos para hacer obras de incisión en los caudales y hacer una desviación de agua para su aprovechamiento en dichas actividades. De los ingenios de metales, como se les conoció en la época junto con los molinos de trigo, provenían el mayor número de solicitudes para obtener permisos para realizar estas obras. Durante estos dos siglos el registro de Mercedes Reales¹³ indica que el uso de ruedas hidráulicas, conectadas con máquinas dedicadas a triturar y reducir materiales, fue un recurso casi tan importante como aquellos establecimientos de molienda que recurrían a la fuerza motriz llamada de “sangre” o animal.

Muchas de las solicitudes de la primera época colonial coinciden con la primera etapa de “avance” minero, que se dirigió primeramente hacia la zona sur de México, en los caminos que se dirigían hacia los estados de Guerrero y Oaxaca.

Fueron muy comunes y frecuentes los casos como el del minero Pedro de Herrera, vecino de Cuzcatlán, que obtuvo merced real, autorizada después de las averiguaciones realizadas por el Alcalde Mayor de las minas de Taxco que le proveyó de:

un sitio y herido de molino para moler metales y asientos de las casas a orillas en términos del pueblo de Texpaningo a San Juan Coscatlán junto al camino real que iba por Mezcala al Puerto de Acapulco, en un llano donde iba un arroyo de agua en una rinconada y un cerro...¹⁴

Las solicitudes en ese momento se centraron más en la adquisición de esos derechos, aunque posteriormente fueron multiplicándose las que buscaban incorporar innovaciones en las fuentes de energía motriz que sustituían la tracción humana por la animal. Muy probablemente, la razón detrás de esto fueron los avances hacia el norte donde los yacimientos minerales, se asociaban a condiciones de aridez mayor que las que se conocían en las regiones del sur y quizás en épocas posteriores por la progresiva expansión de la ganadería en ciertas regiones del país como el Bajío que mantuvo una correlación muy estrecha con el desarrollo de la minería.

En el siglo XVI por ejemplo, de acuerdo con Sempat Assadourian, la molienda de minerales en Zacatecas dependió completamente de la fuerza motriz de sangre en los establecimientos que operaban en ese Real, con una desventaja grande frente a los molinos hidráulicos que además de ser más baratos, ofrecían la posibilidad de una molienda más constante y uniforme¹⁵

Hasta el momento se desconoce si existen elementos suficientes para apoyar una explicación de tipo económica o meramente geográfica que combinara la existencia de depósitos de agua cercanos a las minas, pero se sabe que hacia fines del siglo XVI como lo consigna un estudio al respecto, de los

13 AGN, *General de Parte* Vols. 2-5, Mercedes Reales varios volúmenes.

14 AGN, *Indiferente Virreinal*, Mercedes, Exp.11

15 Carlos Sempat Assadourian, *Zacatecas conquista y transformación en el siglo XVI, México*, el Colegio de México, 2008, pp. 147-148

establecimientos que se sabe usaban el método de patio en reales mineros del centro del país existían 406 molinos mineros de los cuales 167 usaban fuerza hidráulica.¹⁶

Con el paso del tiempo, las solicitudes para introducir innovaciones a la molienda de minerales comenzaron a considerar otro tipo de factores con un enfoque ya no exclusivamente relacionado con el tipo de fuerza motriz, sino con la adaptación de principios mecánicos que mejoraban tiempos y ahorros en materia prima. Muy posiblemente porque muchas de las explotaciones mineras en el centro y norte de México con abundantes yacimientos minerales no necesariamente contaron con recursos acuíferos y optaron por el uso de molinos de sangre. Es decir, molinos que usaron como fuerza de tracción, la fuerza humana o de bestias de carga como bueyes o mulas. Esta última forma fue más común de acuerdo a las descripciones que he logrado analizar.

Una revisión de los registros relacionados con peticiones de permisos relacionados con la molienda en épocas posteriores muestran este cambio y se nota que las mejoras a la molienda combinaron cada vez más la búsqueda de métodos de ahorro de fuerza motriz con aquellas que dieron más énfasis al propio proceso mecánico.

Por otro lado, la vía gubernamental jugó de siempre un papel importante en la minería como fuente económica principal de la Corona por lo que la minería estuvo sometida a regulaciones que, controladas por la misma, implicaban la necesidad del uso de mercedes para poder acceder tanto al territorio, como a los recursos existentes en ellos. Por lo que, así como se requirió el aval real para iniciar una explotación minera a través de los denuncios, se requería igualmente una merced para poder usar recursos como el agua, e incluso la realización de obras sobre, o a partir de esos recursos. Además particularmente en el período final de la colonia, con la creación de fuertes instituciones mineras como el Tribunal de Minería, las mejoras e innovaciones técnicas a esta actividad se convirtieron en objeto mayor de reconocimiento y recompensa ya que las innovaciones podían ser premiadas por “privilegios” o pagos por el uso de dichas innovaciones.

En realidad es difícil evaluar el impacto que tuvieron muchos de los “inventos” o propuestas de mejoras en los procesos mineros en particular de la molienda que aparecen en los registros de solicitudes de mercedes o concesiones de privilegios. La difusión real de éstos sólo podría medirse a través del número de establecimientos mineros que lo adoptaron. Pero de por sí difícil es conocer tan sólo el número de establecimientos activos en determinada época.

LOS INVENTOS DE LA MOLIENDA

Junto con la solicitud de mercedes de agua, aunque la fuerza motriz continuó siendo una fuente de innovación, poco a poco fueron multiplicándose los registros de inventos y mejoras al proceso de la molienda en el interior de los establecimientos o talleres. Hacia fines del XVII ya era más común ver propuestas como las de Cristóbal Caballero de 1689. El experimento de este minero tenía como cometido el que

se produzcan más platas, se beneficien los metales, como para que se ahorre el gasto, en molino de agua o de mulas y de lo que tardaba en ambas moliendas se ejecute y ahorre más de la mitad del gasto”. La novedad que prometía consistía en utilizar doce almadanetas (o mazos) conectadas, a través de la cual reportaría “tan crecidas utilidades como están reconocidas¹⁷

16 JOSÉ IGNACIO URQUIOLA PERMISÁN, *Agua para los ingenios*, San Luis Potosí, México, El Colegio de San Luis, 2004, p. XIX

17 AGN *Minería* 630 exp. 25

y aseguraba que el mecanismo pensado para vincular estas almadanetas, permitiría que se prescindiera de la fuerza motriz del agua o de mulas, proponiendo que una persona operara dicha máquina. Difícilmente la descripción que ofreció como prueba en su solicitud de la merced nos aclara cómo funcionaría y en qué grado, pero fue uno de los muchos ejemplos entre los intentos por crear novedades, modificar y mejorar las máquinas de moler metales.

Casi un siglo más tarde Miguel Ruiz de Allende y Diego Sánchez de Guanajuato alegaban en 1772 en el mismo sentido que los mineros del XVII a favor de una mejor molienda donde en la técnica usada entonces decían:

se tiene un mortero mucho mayor y de tan corto peso que no exceden de dos arrobas sus almadanetas, para arrastrarlas en 24 horas del día natural son precisas y necesarias veinticuatro mulas y apenas consiguen moler en toda una semana doscientos quintales, y nosotros ofrecemos con el expresado arte moler multiplicado con menos costos.¹⁸

La descripción de su invento no quedó en los registros del Tribunal accesibles en el Archivo General de la Nación, pero claro fue el énfasis dado a la molienda para incrementar la productividad de la minería.

De igual manera otros intentos posteriores como el de Antonio Zozay y Zárate unos años después contemplaban mejoras en los mecanismos en cada una de las tahonas,

con un manejo muy distinto a la vieja pero tan fácil que puede un hombre moverla sin excesivo trabajo y como quiera que son las mulas ociosas en él se pueden poner dos tahonas en el sitio que ocupaban... A la tahona común si se le agregara una vara más al espegue o palanca donde van unidas las mulas.

Su invento planteaba la modificación del funcionamiento de las palancas para poder unir dos tahonas al mismo tiempo.¹⁹

En otro ejemplo del año 1778 el privilegio otorgado a Pedro de Mendoza por su “máquina o rueda de moler metales” para su uso en Guanajuato y otros sitios mineros²⁰ confiaba en un aumento en el tamaño del peso que se ejercería sobre los metales para molerlos.

LA MOLIENDA Y EL REPASO

Los inventos que se dirigieron a la molienda de minerales de lo que puede llamarse la primera fase, es decir la trituración y pulverización funcionaron para distintos métodos de refinación. Sin embargo, poco a poco el uso extensivo de la amalgamación realizada por medio del sistema de patio, mostró que lo que se ha definido como el repaso fue considerado casi sin distinción también como la molienda. Este proceso era a través del cual en una superficie también circular, pero al aire libre se colocaban tanto los minerales pulverizados en la primera etapa e incorporaban la sal, el magistral y el mercurio para obtener la plata, lo que requería de un proceso de apisonamiento, repaso o molienda—como también se le llamó—, para lograr las lamas, y a la que se dirigieron muchas de las iniciativas de innovación tecnológica.

18 AGN *Hacienda*, 455.

19 AGN *Minería*, 073, 226.

20 AGN *General de parte* 60.

Entre las solicitudes para obtener reconocimiento por las invenciones aplicadas al método amalgamación, es muy notorio cómo estas iniciativas aparte de referirse al proceso de alternación de incorporación de los insumos, de las cantidades y de la destreza del azoguero²¹, mayoritariamente todas se refieren al proceso mediante el cual, “se muelen” o revuelven todos los ingredientes usados en ese proceso.

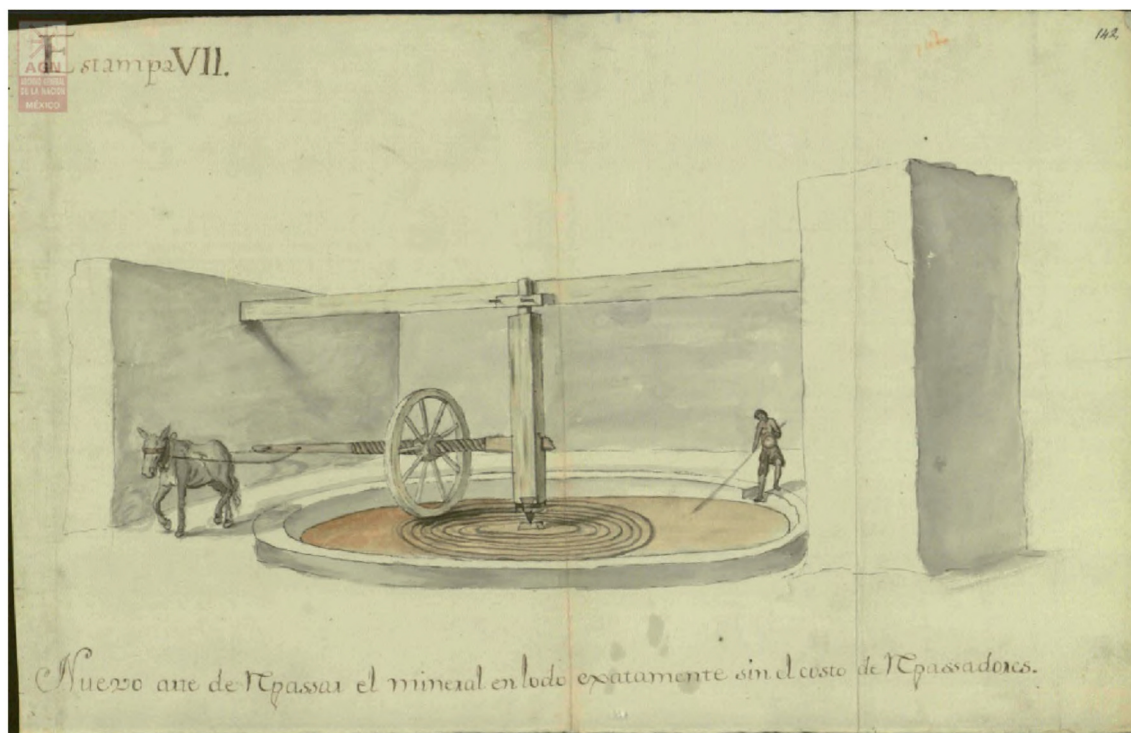


Figura 3. Estampa VII. Nuevo arte de repasar el mineral en lodo exactamente sin el costo de los repasadores, 1773. Joaquín Velázquez de León, MAPILU, AGN, México

José Nuñez Serra por ejemplo, proponía en 1793 una nueva forma de beneficiar, señalando cambios en las cantidades de sal y otros insumos al momento de beneficiar, pero sobre todo, uno de sus puntos fundamentales era “una máquina para moler metales que en estas tierras por mucho costo que tenga, serán cincuenta pesos, que muele en día y noche ciento veinte y ciento treinta quintales”²²

El de Timoteo Paniagua aproximadamente del mismo período proponía la incorporación de sogas al movimiento de las lamas que reportaría mejoras en este proceso de molienda en la fase del repaso y mayor aglutinación.²³ Poco tiempo más tarde un proyecto proveniente de Comayagua en el entonces Reyno de Guatemala obtuvo la atención del Tribunal de Minería, por un lapso de más de 3 años donde proponía la construcción de una máquina para la molienda cuyo proceso mejoraba la calidad de de los ingredientes revueltos en el proceso de amalgamación.

La ilustración que se muestra procede de esa iniciativa.

21 ALMA PARRA, *Op. Cit.*

22 AGN 073, 130.

23 AGN 073, 076.

Aunque estas solicitudes provenían de todos los reales mineros algunos sitios en especial como Guanajuato eran más numerosas, donde por el tipo y calidad de sus minerales era necesario separar la plata y el oro de otros metales con los que venían asociados en gran cantidad, mostró un interés particular por mejorar la molienda y el Tribunal de Minería recibió muchas solicitudes de reconocimiento a mejoras propuestas de esa localidad. Ejemplo de esto era la iniciativa del año 1787 de Joaquín Pacheco que proponía un método de trituración y molienda con ahorros notables.²⁴

En general, las solicitudes presentadas ante el Tribunal de Minería en ese campo se multiplicaron y aunque detrás existía seguramente un propósito auténtico de incorporar mejoras a la molienda y a la minería en general, es posible ver que muchos de los “inventos” eran presentados por mineros u operarios mineros que trabajaban a escalas muy pequeñas y que habiendo logrado pequeños avances en sus respectivos establecimientos, pocas veces lograban reproducir sus experimentos a satisfacción del Tribunal. Para ellos posiblemente era también una posible fuente de ingresos en caso de obtener el privilegio.

Por esta razón es difícil medir el impacto o difusión que tuvieron los avances técnicos en esa área. Y, realmente son pocos los casos que si se pueden documentar para ciertas regiones como el del invento de Joseph Conejo, que funcionó para sustituir el uso de fuerza humana por animal en el proceso de repaso de minerales.²⁵ Joseph Conejo logró hacer valer su privilegio en distintas haciendas mineras no sólo de Guanajuato, sino que incluso enfrentó litigios por el uso de sus métodos sin pagar el privilegio por ellos, como el que sostuvo en Durango.²⁶

Aunque la mayor parte de las iniciativas de innovación referidas a la molienda hacia fines del XVIII tendieron más a incorporar mejoras en las formas de operar en los talleres y a modificar las dimensiones de los instrumentos con los que se molía, todavía hubo aquellos como el de Antonio de Alzate que intentó persuadir a las mentes del Tribunal de Minería de los beneficios de usos alternativos de fuerza motriz.

Frente a los molinos impulsados por agua o sangre, Alzate sugirió la posibilidad del uso del viento, 1776 quien considerando que el gasto de la molienda tanto con base en molinos de sangre y la escasez de fuentes acuíferas, los molinos de viento podrían ser una alternativa.

...notorio que en el Reyno escasean los manantiales y por eso en muchas jurisdicciones las arenas tienen demasiado precio, por falta de establecimientos o molinos en ellas”.

El proyecto le fue cuestionado por diferentes razones y en su defensa argumentó que:

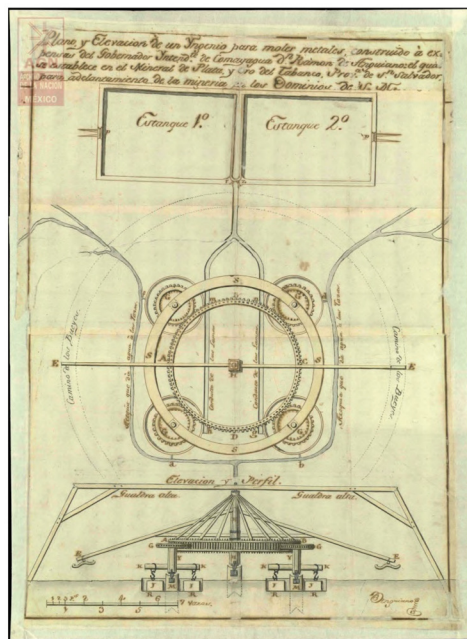


Figura 4. Ingenio para moler.s/f, Ramón de Anguiano, MAPILU, AGN, México.

24 Citado en ALMA PARRA, *Op. Cit.* AHG, *Minería*, 1787.

25 ALMA PARRA, *Op. Cit.* En Guanajuato fueron muchos los establecimientos mineros que pagaron a Conejo por el privilegio de usar su invento.

26 AGN.

A primera vista se presenta una grave dificultad por que como el molino está dispuesto de manera que luego que corre algún viento se mueve, y no siempre es ocasión de moler; parece y debía ser, que las piedras o muelas se destruirían en breve por el continuo y exagerado movimiento pero esto se remedia con la disposición de la palanca, porque con el elevar por su medio la muela superior; puede dejarse el molino a la acción del viento con la seguridad de que no parecerán las piedras... que esa nueva disposición se puede de apropiar a sacar aguas de las minas... muchos reales de minas experimentan vientos, como en el Real de Monte, en el cerro, que por continuos y fuertes vientos es conocido por cerro ventoso; y con esto se me proponía podría ser útil...Las ventajas de mi mortero a primera vista se presentan, respecto al que se acostumbra por lo que también coloqué un modelo, su fácil construcción notoria, y el uso que he hecho de la aplicación de la palanca... parece no puede admitir oposición el movimiento de los mazos, es más perpendicular que en los corrientes, porque es estos la mima leva les imprime un movimiento horizontal y hace que broten demasiado, y en el presentado se ve que cae en precisamente verticales, y por eso deben moler los metales en menor tiempo, he propuesto las quatro levas de diferente fabrica para que se verifique por los que las examinaron cual es la mejor"... las que tengo hechas parece se logra por lo menos un cincuenta por ciento más con el mortero²⁷

Como muchas de las iniciativas de la época, la mayoría de las propuestas no prosperaron, a todas ellas se les exigía una prueba de haber sido llevadas a cabo y un periodo de experimentación. Los requerimientos de inversión frecuentemente fueron los impedimentos más importantes y los "inventores" desistían con facilidad.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

El resultado de esta revisión general sobre el proceso de la molienda de minerales es una aproximación a ciertas ideas por pulir y profundizar sobre los cambios observados desde el siglo XVI al XIX. Particularmente el último tercio del siglo XVIII y el principio del siglo XIX fueron testigos de numerosas iniciativas que procuraban incrementar la productividad de la minería en distintos ámbitos y fases desde la extracción de minerales e incluso hasta el proceso de fabricación de monedas, que era en última instancia, el final de un ciclo productivo de la minería. Sin embargo, la revisión de la molienda como centro fundamental de la producción minera, tal y como la transmitieron en sus documentos los mineros de las distintas épocas, nos ha permitido observar varios puntos.

La molienda permitió introducir principios industriales, tanto en el proceso de moler los metales, así como en los pasos y maquinaria usada como fuerza motriz en este campo, permitieron ciertos logros productivos aunque con desigual éxito en diferentes regiones. También es un indicador del uso de la inventiva y la multiplicación de iniciativas que abarcaron distintas áreas que repercutieron en otras industrias.

Otro punto que sobresale de esta somera revisión sobre el tema, es el que se refiere al uso y conveniencia de diferentes aplicaciones tanto de maquinaria para moler, como de fuentes alternativas de energía, que convivieron en un lapso muy amplio de tiempo. Quedan estas líneas como una propuesta para una investigación más amplia, teniendo como marco el proceso de molienda y una evaluación más exhaustiva de su impacto.

Habría que revisar en la medida de lo posible región por región y el desarrollo y necesidades de cada una con respecto al tipo y calidad de minerales que trabajaba para poder determinar si esta se encontraba en el fondo del desarrollo no sólo de los métodos de molienda, sino de otros procesos

27 AGN, 076 VOL. 106 Sin título.

mineros. En realidad hasta ahora es muy poco lo que podemos reconstruir tanto de los documentos como de los restos arqueológicos para imaginarnos las formas más antiguas de cómo se realizaba la molienda y el beneficio de minerales. Contamos con estos sólo a partir del siglo XVIII con la conservación de algunos edificios de algunas zonas mineras. Particularmente porque sabemos que durante el siglo XIX se siguieron proponiendo mejoras y cambios en los distintos procesos que sólo tuvieron un cambio radical hasta la introducción de distintos métodos de refinación y la expansión de la electricidad y la molienda por medio de los molinos de pisones más modernos.

De manera gráfica por otro lado, queda claro que un establecimiento “moderno” para moler metales que perduró con algunos cambios hasta fines del siglo XIX fue una sección de una hacienda de beneficio cuyas partes principales eran: galeras que agrupaban una serie de tahonas o arrastres por un lado y terrenos dispuestos para amalgamar, en donde también se molían o revolvían los metales. La cantidad de arrastres, así como la buena disposición de dichos elementos en una hacienda de beneficio determinaban la importancia de ésta.

Las ilustraciones, planos y proyectos que se conocen, nos dicen –desafortunadamente– poco de la forma en que se llevaban a cabo estas labores en épocas anteriores, podemos tomar como buenas las imágenes del siglo XIX que nos ilustran sobre este proceso que en mucho tiempo conservaron muchas de sus características. Destacan entre ellas las realizadas por Elizabeth Ward en 1827.²⁸



Figura 5. Arrastra, Elizabeth Ward, en Ward, H.G, *Mexico in 1827*, 2da. Edición, Londres, Henry Colburn, 1829, Vol. II, p. 194

28 Henry G. Ward, *Mexico in 1827*, London, Henry Colburn, 2nd. Edition, 1829.



Figura 6. Galera, Hacienda de Salgado, Elizabeth Ward, en Ward, H.G, Mexico in 1827, 2da. Edición, Londres, Henry Colburn, 1829, Vol. II, p. 196



Figura 7. Patio, Elizabeth Ward, en Ward, H.G, Mexico in 1827, 2da. Edición, Londres, Henry Colburn, 1829, Vol. II, p. 198.