

# El molino chileno de minerales, un aporte tecnológico de la minería andina al mundo<sup>1</sup>

*Inés Herrera Canales,  
INAH, México*

## INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años he tenido el interés de investigar porqué un molino de minerales, entre muchos otros que se inventaron en América y en el mundo a través de los tiempos, sigue usándose para estos mismos fines en varias partes del planeta. Que pasó de construirse en piedra a metal; de moverse a mano a hacerlo con la fuerza animal, del vapor, con la electricidad y diesel. De usarse en los Andes Centrales de Sudamérica a aplicarse en la explotación y amalgamación del oro en California y Australia al inicio de los años 1850. De usarse sin restricciones legales en América a ser patentado como propio por un empresario en Australia en el siglo XIX y probablemente en los años siguientes modificado técnicamente y vuelto a patentar en otros lugares. Para llegar en la actualidad a venderse vía Internet por empresas chinas que garantizan la excelencia del molino chileno para pulverizar metales.

En esta ponencia recojo algunas ideas preliminares respecto a la historia del molino chileno de minerales como son la búsqueda de su origen en el ámbito precolombino y de dominio español y su peregrinación en los campos mineros de California y Australia, para acabar con algunos datos de la venta de molinos chilenos en el siglo XXI por Internet.

## DE MOLIENDA PRECOLOMBINA A LA DEL DOMINIO COLONIAL

Para investigar el origen del molino chileno de minerales es importante un preámbulo con el fin de dar algunos antecedentes de la historia de la minería prehispánica en el continente americano y de los aportes tecnológicos de los conquistadores españoles a la explotación minera que dio como resultado la minería colonial, en la que se utilizaron diversos molinos de minerales, nuevas tecnologías de refinación y novedosas fuentes de energía para potencializar su uso y la capacidad de producción minera, ahora destinada al mercado, rompiendo así el esquema productivo preexistente.

Aunque la historiografía acerca de la minería prehispánica es aún poco abundante sabemos por algunos estudios históricos y arqueológicos sobre el estado de desarrollo de la minería precolombina americana y las diferencias existentes entre Norte y Centro América y Sudamérica. Una caracterís-

---

1 Ponencia presentada en el IV Congresso A Prata Na Iberoamérica, Museu Nacional de Soares dos Reis, Porto, Portugal, 4 al 6 de septiembre de 2013.

Una importante diferencia fue la gran diferencia que existió entre el desarrollo de la minería del norte y centro de América y la Sudamericana donde sólo se empezó a practicar la metalurgia a partir del siglo IX d.C. En Sudamérica sin embargo fue muy anterior a esta fecha; en el Alto Perú (actual Perú, Bolivia y norte de Argentina) se supone que fue alrededor del 800 a.C. mientras que en México, Guatemala, Belice, El Salvador y parte norte de Honduras, alrededor del 700 a 900 d.C.

Otro hecho destacado en la historia minera precolombina es la influencia que la metalurgia andina tuvo en las costas occidentales de Mesoamérica desde Sinaloa hasta Chiapas y el desarrollo intenso de las explotaciones de cobre, oro y plata en los actuales estados de Michoacán y Oaxaca.

Aunque existe un desfase tecnológico entre norte y sur América es importante agregar que si bien en Mesoamérica no hubo actividades intensas y diseminadas de molienda de piedras minerales, sus habitantes destacaron por su habilidad para el manejo de la piedra caliza y otro tipo de rocas para escultura, arquitectura y objetos de la vida cotidiana. Hecho que los españoles hábilmente aprovecharon empleando a los canteros y las piedras esculpidas para construir sus molinos de trigo, de batanes para lana y de minerales, que pronto introdujeron en América.

Fue en el área andina donde se ha encontrado una mayor diversidad de instrumentos líticos de aprovechamiento y molienda de piedras minerales y que se distribuyeron ampliamente dado el alto grado de desarrollo que tuvo la minería prehispánica en esta área. Son básicamente morteros (la piedra fija donde se pone el mineral) y percutores, roca con la que se muele. Los nombres originales provienen generalmente del quechua: tacana, (mortero que se usa con un machacador), cananas (mortero móvil), maray, quimbalete, etc. De estos el más conocido y difundido en Sudamérica fue el maray.



*Figura 1. Un maray olvidado en un camino de terracería, imagen de La Salada, Antofagasta, Chile, 2010.*

El maray era una roca de gran tamaño que, apoyada sobre otra roca de superficie alisada o batán, era movida por balanceo y trituraba el mineral, algunos autores suponen que estos molinos también



servían para laminar el oro u otros metales nobles. Hubo muchas variantes y terminaciones de la piedra en las diversas regiones andinas de acuerdo al ingenio humano que los españoles aprovecharon y mejoraron, por ejemplo reemplazaron o farraron algunos percutores con hierro para intensificar su efecto y prolongar su uso.

Los conquistadores incorporaron a la molienda un molino de origen fenicio usado en Europa, muy simple y de bajo costo, en el que aprovecharon las piedras locales y que requería poca inversión, este fue la **arrastra**, que algunos autores llaman tahona, atahona o rastra aludiendo a la piedra moledora que se arrastra por el suelo. La fuerza para impulsarla fue la humana o de animales como mulas o caballos y mas tarde la del agua, en los sitios donde encontraron abundantes recursos hídricos. También introdujeron el molino de rodezno, de pisones o almadanetas y el trapiche<sup>2</sup>.

El trapiche era parecido al molino de aceitunas usado en España y en todo el Mediterráneo para extraer aceite, constaba de una o mas rodaderas o ruedas labradas en piedra que se movían con la energía del trabajo humano o animal (caballo, yegua, mula). Un autor argentino dice que este trapiche llegó a ser conocido mas tarde como ingenio, **molino chileno** o *Edge Mill* o *Muller Mill* mismo que resultó muy provechoso para moler oro por la finura de su molienda y por ser útil para la amalgamación porque puede ponerse el azogue conjuntamente. Dice Bernabé Cobo en 1653 refiriéndose a este molino:

*“el oro de las minas nunca se halla en ellas puro en pequeños pedazos o pepitas, sino penetrado e incorporado en las piedras, sin que se pueda sacar dellas sino después de molidas y hechas harina, mezclando el metal así molido con el azogue, que abrazandose con el oro, lo aparta de la escoria”*

La actividad minera implantada por los españoles en la época colonial exigió una producción alta de metales preciosos destinados a la exportación y comercialización por lo que los volúmenes de minerales explotados crecieron y los molinos mejoraron su tecnología e incrementaron su capacidad de molienda. En este cambio fueron importantes la introducción de nuevos materiales a los equipos como el hierro y el acero, el uso de la energía hidráulica y el beneficio por amalgamación con mercurio, que en el caso del oro se realizó a veces con algún tipo de molino.

## EL MOLINO CHILENO SEGÚN FUENTES CHILENAS

La historiografía minera chilena ha demostrado que durante la época colonial hubo una amplia difusión de los trapiches mineros o molinos mineros, esencialmente hidráulicos, para moler el mineral de oro y en menor medida de plata y cobre. Esta técnica se prolongó hasta el siglo XIX y experimentó importantes transformaciones a lo largo de los siglos.

Para los autores chilenos Waldo Cuadra y Marco Arenas que estudian la historia del oro en Chile desde los tiempos prehispánicos a 1810 el origen del trapiche o molino de minerales correspondería a una transferencia tecnológica hidráulica española iniciada con la conquista y colonia de los territorios de America que se aplicó a la molienda de trigo y de minerales. El desarrollo de este tipo de maquinaria se vio favorecida por los abundantes recursos de agua existentes en Chile Central.

---

<sup>2</sup> Trapiche: prensa para moler o triturar uvas, aceitunas, manzanas y caña de azúcar y extraer sus jugos. Es conocido mayormente por su uso en los ingenios azucareros. Este nombre también se aplica en Sudamérica a ciertos molinos de piedras minerales, es así como se usará en este texto.

La minería chilena que se había concentrado desde la Conquista en la explotación de oro de aluvión, se reorientó a fines del siglo XVII a la minería aurífera subterránea e introdujo el uso intensivo y extensivo de la molienda en trapiches, técnica que también se aplicó en los minerales de plata y cobre.

Fue en el siglo XVIII cuando el uso del trapiche minero se amplió y se construyeron plantas de molinos mineros (ingenios) generalmente en las cercanías de las minas, que dieron servicio a otros propietarios de minas de la localidad para maquilar sus minerales.

El número de trapiches creció en el siglo XVIII y llegó a sumar según una fuente 142 en 1813, a esta cifra habría que agregarse los de Illapel, el distrito minero más importante por el número de trapiches, del cual no se levantó información en esa fecha, pero que en 1808 llegaba a más del medio centenar. Si sumamos ambos haría un total de cerca de 190 máquinas. Otro asiento importante de molinos era Petorca con 21 máquinas. Todos en la llamada Región del Norte Chico y algunos en Chile Central.

Agregan Cuadra y Arenas que estas maquinarias se continuaron usando en todo el siglo XIX aunque sus materiales de construcción se reemplazaron por el hierro y el acero y la energía propulsora pasó de la hidráulica a la eléctrica, pasando a ser conocido en el mundo minero como “*chilean mill*” o molino chileno.

Opinan también dichos autores que los molinos fueron considerados en Chile como de origen local por su amplia utilización en todo el territorio y su permanencia.

Otras referencias a los molinos mineros se encuentran en el diario de viaje de Amadée Francois Frezier ingeniero militar francés (1682-1773) quien estuvo en Chile y Perú entre 1712 y 1713 donde además de describir las fortificaciones, misiones, puertos, costumbres, vestidos, diversiones, etc. de estos territorios se refirió a los molinos mineros que encontró en Perú y Chile y los clasificó en trapiches mineros, para la pequeña y mediana minería, e ingenios reales o de mazos a los que les atribuyó una gran eficiencia y capacidad de molienda.



Figura 2. Trapiche o molino minero en Perú siglo XVIII.  
Dibujo de Amadée Francois Frezier en *Relación del viaje por el Mar del Sur*,



En Tiltil, Chile, halló 5 trapiches que según él “estaban contruidos casi del mismo modo que los que se utilizan en Francia para pisar manzanas”. Nos proporciona sus características, explica su funcionamiento a través de la fuerza hidráulica, y utilización en la molienda y amalgamación del mineral con mercurio para separar el oro de los residuos explicando que ya realizado el proceso de molienda-refinación el oro queda al fondo de la piedra base.

Años después otro autor chileno, el jesuita Juan Ignacio Molina, reitera que el “trapiche “es de un mecanismo tan sencillo como el de los molinos de aceite”.

Al parecer este tipo de molino fue común en Chile, sobretodo en los ingenios para moler y refinar el oro en el periodo colonial y siglo XIX.

## LA FIEBRE DEL ORO CALIFORNIANA Y EL APORTE MINERO CHILENO

Las noticias de la fiebre del oro en la Alta California se extendieron rápidamente por todo el continente americano y atrajeron a todo tipo de personas que esperaban enriquecerse con los placeres. Entre estos personajes estuvieron también mineros, algunos de gran experiencia, como los mexicanos y sudamericanos, que desde la época colonial habían participado de la minería, sector económico pujante en dicha época y en el siglo XIX.

La primera fase de la explotación aurífera de California fue la del oro de aluvión pero cuando se agotaron estos placeres empezó la minería subterránea o de cuarzo (*Quartz Mining*) en la que algunos de los migrantes mineros estaban preparados. Explorar territorios en busca de vetas, cortar la roca, extraer mineral, moler las piedras y amalgamar el mineral, eran faenas habituales para todos ellos. Pero también reconocer las rocas apropiadas para construir molinos de minerales.

Los mineros chilenos llegaron temprano a las minas californianas, muchos a fines de 1848, junto con aventureros menos experimentados. Eran mineros profesionales experimentados en excavar túneles y tiros que reunieron dinero para viajar en la cubierta de los barcos y/o en las cabinas, o se emplearon con ricos empresarios que pagaron su pasaje, o se contrataban en los barcos como marineros, camareros y hasta músicos con el fin de pagar con servicio su boleto. Probablemente enseñaron a otros mineros menos experimentados a hacer túneles, usar las bateas para el recoger oro y seleccionar los sitios mas promisorios donde se acumulaba el oro. Como conocían técnicas mineras, probaban las arenas auríferas en cuernos de vaca o de bueyes, y cuando necesitaron moler el mineral usaron el “*chili mill*”, una supuesta mejora del método de arrastre usado en México al que agregaron una rueda de piedra. Para esto se necesitaba que fueran también expertos canteros.

Estos mineros compitieron con los mineros mexicanos que migraron a California. Los chilenos de las minas se concentraron en campamentos (Little Chiles, Chiligulch, cerca de Mokelumne Hill) También pueblos como Sonora, Murphys, Hornitos y Hangtown tenían grandes contingentes de chilenos, que no se reflejaron en los censos porque evitaron ser contados.

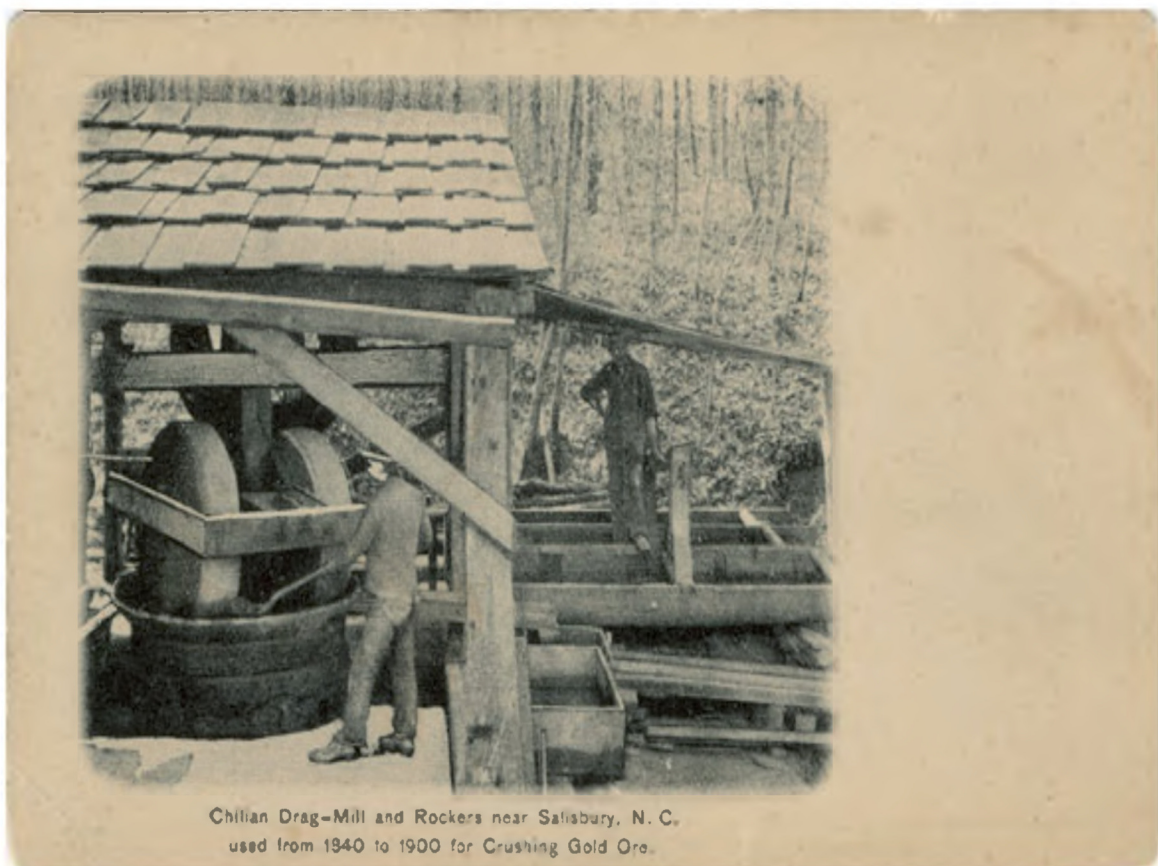
Dice Hutchings and Rosfield en 1858 en *The Miners Own Book* in San Francisco que una de las primeras técnicas de molienda que se aplicaron fue la de la Arrastra Mexicana, que fue también la mas útil e importante. De construcción rústica, fácil de usarse y el método mas efectivo de ahorrar oro. Era muy simple: una base de piedra circular con una pared alrededor, al centro un poste de madera y hasta arriba una horquilla o brazo, otra vara de madera se colocaba horizontalmente y ahí se sostenían una o mas piedras grandes que arrastradas por las mulas molían el cuarzo con un movimiento circular alrededor del molino. Allí se echaba también el mercurio para hacer la amalgama. El oro, que es mas pesado, quedaba abajo. Poco antes de terminar la molienda se agregaba agua dentro

de la arrastra para convertir el material en lodo mismo que se sacaba rápidamente. La única mejora que se hizo a la arrastra en California fue utilizar energía de vapor para mover las piedras.

El molino que se usaba en Chile (de ahí su nombre) y que se aplicó en San Francisco, era igual de simple en su construcción que la arrastra pero con paredes algo mas altas y mas regular y en vez de "Dragon Stones" tenía una gran rueda unida al palo horizontal que se usaba para moler. Dentro de este molino corría constantemente un fluido de agua que era echado fuera en cada revolución de la rueda. El oro se separaba de la piedra mineral por medio del mercurio y se recogía del fondo del molino al igual que en la rastra.

Este molino estuvo mas acorde con la explotación de la minería de cuarzo y mejor adaptada a los requerimientos locales por lo que con el tiempo se perfeccionó y se convirtió en un molino chileno mejorado que consistió en 2 ruedas pesadas de fierro, de 3 a 5 pies de diámetro, y de 10 a 15 pulgadas de espesor, que giraban sobre su eje moviéndose constantemente en una base circular de fierro de 3 pies de profundidad donde los lodos se convertían en polvo. Aquí también se ponía el mercurio y se recuperaba la amalgama con agua.

Al parecer este instrumento se usó en minas medianas porque en las grandes minas se usaron generalmente *Stamps Mills* que trabajaban grandes volúmenes de mineral y requerían también mucha energía para moverlas, en las pequeñas los mineros usaban molinos toscos parecidos a los morteros.



*Figura 3. Molino chileno de minerales en Rowan County, North Caroline, Estados Unidos, 1840-1900.*



## MOLINO CHILENO Y FIEBRE DEL ORO EN AUSTRALIA, 1851

La fiebre del oro en Victoria, Australia, se inició en 1851 y no necesitó de tecnología sofisticada ni maquinarias. Los equipos y herramientas (palas, bateas, cernidores, martillos, etc.) vinieron principalmente de la misma Australia y de modelos usados en California, Estados Unidos. Muchos mineros chilenos y otro tipo de migrantes habían salido también de San Francisco y de Chile otra vez en busca de la fácil riqueza de los placeres auríferos. Ambos auges estuvieron muy cercanos en el tiempo y la actividad no requirió en un comienzo trabajadores muy expertos, ni tampoco herramientas ni equipos sofisticados.

Dado el tipo de minería superficial, los diseños de los implementos fueron hechos a semejanza de los usados en la fiebre del oro de San Francisco en 1849. También desde California llegaron ingenieros y trabajadores cornish, americanos y del resto del mundo a la nueva aventura.

La fiebre del oro duró poco para algunos de los mineros migrantes quienes empezaron a explorar minas de oro subterráneas. Esto cambió la forma de trabajo y los equipos. Se requería una nueva tecnología mas complicada para explotar las minas y tratar las rocas duras que contenían oro. Se intentó hacerlo con los molinos que trituraban la arcilla de los aluviones (*horse puddler mill*) y con un molino muy simple llamado “muñeca” sin mucho éxito por la dureza de la roca. No existía en Australia experiencia en esta clase de minería. Hacia 1854 un alemán que había estado en California introdujo el molino de almadanetas (*stamp mill*) en Bendigo con algunas modificaciones y adaptaciones satisfactorias.

Ese mismo año un norteamericano introdujo en Ballarat (Black Hill) donde nadie había intentado moler roca de cuarzo, **un molino chileno** que requería 10 caballos de fuerza para operar. Dice Christopher J. David que el nombre molino chileno o *chilean mill* provenía de California donde ese molino se usaba en forma intensiva.



Figura 4. Molino chileno en Ballarat, Australia, de mediados del siglo XIX.

Aprovechando ese experimento, otras personas (Potts and Sayce) crearon con algunas modificaciones una máquina semejante al **molino chileno** y lo patentaron localmente, mismo que se construyó en la fundición de Dow and Co y se usó en el distrito minero de Bendigo. Apparently estos molinos se utilizaron un tiempo corto para moler rocas, pero luego se convirtieron en amalgamadoras de polvo de oro con mercurio y secundariamente en molinos asociados al exitoso *stamp mill*.

Dice el mismo autor que el *chilean mill* no llegó a ser tan popular por ser muy baja su producción y porque quienes tenían suficientes recursos prefirieron una maquinaria más moderna.

Aunque esta afirmación habría que comprobarse porque desde la segunda mitad del siglo XIX al siglo XXI aún existen los molinos chilenos para moler rocas, pulverizar y amalgamar oro en la mediana y pequeña minería, manteniendo viva dos herencias americanas: el molino chileno y el sistema de amalgamación de minerales con mercurio.

## LOS “MOLINOS CHILENOS” ACTUALES

En la actualidad existen varias empresas industriales dedicadas a la fabricación de maquinaria aparatos de molienda para la minería: molinos chilenos, molinos a bolas y a martillo, planchas amalgamadoras y otros implementos para pequeña y mediana minería y especialmente para oro. Entre otros están la SBM, fabricante profesional de trituradoras y pulverizadores en China, quien las exporta a todo el mundo, y la Shanghai Xuanshi Machinery Co., Ltd otro gran productor y comercializador chino de maquinaria de trituración para la minería.

He encontrado otras referencia al uso de estos molinos en minas medianas de Ecuador, Brasil, Colombia, etc. incluso algunos estudios acerca de la efectividad de este molino en tesis contemporáneas de Ingeniería de Minas, donde evalúan su uso y sus posibles modificaciones.

En 2010 en un estudio sobre estrategias para reducir la contaminación en Portovelo-Zaruma, Ecuador, se describen los métodos de refinación del oro y se señala que los artesanos y pequeños mineros utilizan “*Chilean mill processing centers*” donde el mineral se muele, concentra y amalgama o “Chachas Centers” (*barrels* o toneles) donde todo el mineral se amalgama.

Estos datos demuestran la pervivencia del molino chileno a través del tiempo y plantean un desafío: explicar cómo y porqué se mantuvo esta técnica de molienda por varios siglos, porque siguen juntos molienda y amalgamación del oro en este instrumento, que transformaciones experimentó, quienes la “patentizaron” y dónde, quienes lo utilizaron, quienes lo fabricaron en los siglos XIX, XX y XXI, etc. A estas interrogantes se sumarán otras a medida que revisemos y analicemos las fuentes documentales sobre el tema.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANGIORAMA, Carlos y BECERRA, M. Florencia. “Antiguas evidencias de minería y metalurgia en Pozuelos, Santo Domingo y Coyahuayma (Puna de Jujuy, Argentina)”, *Boletín del Museo chileno de arte precolombino*. Vol. 15, No1, 2010.
- BUEREN THAD, M. Van, “The poor Man!s Mill a Rich Vernacular Legacy”, *Industrial Archaeology*, 30(2): 5-23, 2004.
- COBO, Bernabé, *Obras del P. Bernabé Cobo*, Biblioteca de Autores Españoles, Madrid, Atlas: 1956.



- CUADRA, C. Waldo y MARCO ARENA, C., *El oro de Chile, desde los tiempos prehispánicos (900 a.C.) hasta nuestra independencia (1810)*. Santiago, Chile, LOM Ediciones, 2001.
- DAVEY, Christopher J. "The Origins of Victorian Mining Technology, 1851-1900", *The Artifact*, 1996, vol. 19,
- EGAÑA, Juan. *Censo de 1813*, Santiago, Archivo Nacional de Chile, 1953.
- EGAÑA, Juan. *Informe anual al Real tribunal de Minería*, Santiago, Publicaciones de la Exposición Internacional de Minería de 1894.
- FREZIER AMADÉE, Francois. *Relación del viaje por el Mar del Sur*, Perú, Biblioteca Ayacucho, Caracas, Venezuela, 1982.
- GLUZMAN, Geraldine. "Minería y metalurgia en la antigua gobernación del Tucumán (siglos XVI-XVII)", *Memoria Americana*, 15, Año 2007.
- GRINBERG DORA, M.K. de, "La minería prehispánica y colonial sudamericana a través de las relaciones geográficas del Perú", *Si somos Americanos*, Iquique, Chile, 2003.
- GRINBERG DORA, M.K. de, *Los señores del metal. Minería y metalurgia en Mesoamérica*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes y Pangea, 1990.
- KUND-SANG, Leon y WONG, Jorge. "Situación actual de la mediana minería en el Ecuador", *Tesis para optar a Ingeniero de Minas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral*, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Guayaquil, 1999
- LANGENSCHIEDT, Adolfo. "Bosquejo de la minería prehispánica", *Quipu*, vol.2, No1, enero-abril 1985, pp. 27-57.
- LÓPEZ CARLOS, U., *Chilenos in California: A Study of the 1850, 1852, and 1860 Censuses*, Palo Alto, R and E Research Associates, 1973 - 87 páginas
- LORANDINI, Ana María; SALAZAR-SOLER, Cármen y WCHTEL, Nathan (compiladores), *Los Andes cincuenta años después (1953-2003). Homenaje a John Murra*, Lima, Perú, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2003.
- MEDEROS MARTÍN, Alfredo y ESCRIBANO COBO, Gabriel. "El comercio de los molinos rotatorios romanos en el Mediterráneo y litoral atlántico norteafricano", *Archivo de Prehistoria Levantina (vol XXIV)*, Valencia 2001.
- MILLÁN AUGUSTO, U., *Historia de la minería del oro en Chile*, Santiago, Editorial Universitaria, 2001
- Minería y metalurgia colonial en el Reyno de Chile*, Santiago, Gastón Fernández Montero Editor, 2000.
- MOLINA, Juan Ignacio, *Compendio de la Historia geográfica, natural y civil del Reino de Chile*. Santiago, Colección de Historiadores de Chile y documentos relativos a la historia nacional. Tomo XI, Imprenta del ferrocarril, 1878.
- NIGRIS, Mario R. De, *Los molinos mineros andinos*, [www.academia.edu](http://www.academia.edu)
- NOEJOVICH, Hector O., Carmen Salazar Soler, Margarita Suárez, Luis M. Glave, Miriam Salas, *Compendio de Historia Económica del Perú*, Lima, IEP y Banco Central de la Reserva del Perú, 2009. Tomo 2.
- PÉREZ ROSALES, *Recuerdos del pasado*, VITANET, Biblioteca virtual, 2003.
- PINTO VALLEJOS, Julio, *Episodios de Historia Minera, estudios de Historia social y económica de la minería chilena siglos XVIII-XIX*, Santiago, Editorial de la Universidad de Santiago, 1997.

- Riches for All. The California Gold Rush and the World*, Edited by Kenneth N. Owens, University of Nebraska Press, 2002.
- RODMAN WILSON, Paul, *Mining Frontiers of the Far West, 1848-1880*. A revised Expanded Edition by Elliott West, Albuquerque, University of New Mexico Press, 2001.
- URIBE SALAS, José Alfredo “Minería de cobre en el México Prehispánico: un acercamiento historiográfico”, *Revista de Indias*, 1996, vol LVI, No207, pp. 297-332.
- VELASQUEZ-LOPEZ, PC; M.M. VEIGA, K. y HALL, K. (2010). “Mercury balance in amalgamation in artisanal and small scale gold mining: Identifying strategies for reducing environmental pollution in Portovelo-Zaruma, Southern Ecuador”. *Journal of Cleaner Production*. Volume 18, Issue 3. Pp. 226-232.
- VICUÑA MACKENNA, Benjamín, *La edad del oro en Chile*, Santiago, Imprenta Cervantes, 1881.