



Exploración geológica preliminar del Depósito Mineralógico del Cerro Huakajchi Chico en Bolivia

Preliminary Geological Exploration of the Mineralogical Deposit of Cerro Huakajchi Chico in Bolivia

Luis Rueda

juan_rueda@hotmail.com

Universidad Autónoma Tomás Frías, Bolivia

Artículo recibido febrero 2018 | Arbitrado en marzo 2018 | Publicado en mayo de 2018

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue realizar sondeos de perforación a diamantina en relación a sondaje HCD-004. El área de estudio se localiza en la provincia Tomás Frías del departamento de Potosí. La campaña de prospección geoquímica, dio como resultado anomalías en Zn, Pb y Ag que corresponden a una estructura oxidada tipo stockwork emplazada en una ignimbrita (0,141 % de Zn, 0,149 % de Pb y 4,2 ppm de Ag). Se analizó la presencia de Sn por el método AAS Espectrofotometría de Absorción atómica - Fire Assays. Los sondajes HCD-005 y HCD-006 siguieron anomalías geoquímicas y la traza de la estructura que controla la brecha hidrotermal cortada en el pozo de la primera fase, en ambos pozos la recuperación fue superior al 95 % que se considera buena. Se procedió a realizar una estimación del recurso mineralógico el peso específico determinado fue de 2,58 gr/cc obteniéndose un tonelaje total de 1.947.841,82 Tn con valores de 0,34 % de Zn y 0,075 % de Pb.

Palabras clave: Cerro Huakajchi Chico; exploración geológica; depósito mineralógico

ABSTRACT

The objective of the work was to conduct diamond drilling in relation to HCD-004 drilling. The study area is located in the Tomás Frías province of the department of Potosí. The geochemical prospecting campaign resulted in anomalies in Zn, Pb and Ag that correspond to an oxidized stockwork type structure located in an ignimbrite (0.141% Zn, 0.149% Pb and 4.2 ppm Ag). The presence of Sn was analyzed by the AAS method Atomic Absorption Spectrophotometry - Fire Assays. The HCD-005 and HCD-006 probes followed geochemical anomalies and the trace of the structure that controls the hydrothermal gap cut in the well of the first phase, in both wells the recovery was greater than 95% that is considered good. An estimation of the mineralogical resource was carried out, the specific weight determined was 2.58 gr / cc, obtaining a total tonnage of 1,947,841.82 Tn with values of 0.34% of Zn and 0.075% of Pb.

Key words: Hill Huakajchi Chico; geological exploration; mineralogical deposit



INTRODUCCIÓN

La minería, como actividad económica del sector primario de los países del mundo, para Martínez (2013) y Harman (1992) se encuentra representada por la extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos. Por su parte, Fernández (2004) afirma que la actividad minera presenta aspectos directos, como la ocupación de mano de obra, e indirectos como los servicios y comercios locales; los propietarios de la tierra ocupada donde se realizan las explotaciones mineras; el impacto ambiental, esencialmente sobre las personas y los ingresos que reciben las provincias o la nación por regalías.

Así, los estudios de Prado (2005) y Millán (2006) manifiestan que, dependiendo del tipo de mineral a extraer, la actividad se divide en minería metálica y no metálica. La primera es empleada como materias primas básicas para la fabricación de una variedad de productos industriales. Siguiendo a Torres (2014) y a Herrera y Pla (2006) la minería no metálica o también denominada de cantera son usados como materiales en la construcción, entre otros.

Para Lankton (1991) distintas organizaciones, como el Banco Mundial, discurren que la minería es uno de los indicadores básicos de las posibilidades de desarrollo económico de una localidad, región o país. Ésta se considera como una de las actividades más antiguas de la humanidad, ya que desde tiempos de la prehistoria el hombre ha usado diversos minerales para la fabricación de herramientas y armas. Con el paso de los siglos, expresa Kuschick (2009) pasa a ser una importante industria, que ha creado una serie de técnicas, estudios y análisis físico-químicos con el objetivo de mejorar la exploración y explotación de los yacimientos.

La minería actual se compone de varias etapas, desde el descubrimiento del yacimiento, pasando por la explotación, hasta finalmente el cierre y post cierre de la mina. La primera fase es el descubrimiento del yacimiento que se realiza mediante la prospección y la exploración, cuyo objetivo es conocer y definir la extensión, ubicación y el valor del mineral (Herrera, 2008).

A partir de los cálculos estadísticos y matemáticos, señala Aluja (2001) se estima el tamaño y el grado del depósito que se utiliza para crear el estudio de prefactibilidad, que determina de manera teórica la economía del depósito, la inversión inicial y los posibles riesgos claves en una inversión minera. Al respecto, Arce et al. (2009) y Guiza (2013) argumentan que las compañías o empresas mineras son las encargadas de llevarla a cabo como industria, cuya competencia depende de la producción de mineral extraído y de su calidad y cantidad. Para entenderla mejor, la actividad minera puede dividirse en grande, mediana y pequeña minería, no obstante, en algunos países existe una cuarta categoría, la artesanal.

Para regular la industria minera, los gobiernos nacionales de todo el mundo y las instituciones financieras internacionales han creado una serie de reformas legislativas, que buscan la armonía y la estabilidad del sector productivo. Éstas están enfocadas en el cuidado del medio ambiente y en la seguridad de los mineros. Sin embargo, las violaciones a estas normas en el último tiempo han provocado diversos desastres en varias naciones del mundo.

Los países que llevan la vanguardia en cuanto a minería podemos mencionar a Canadá, con una legislación minera bastante accesible y como mayor productor de



metales preciosos. Seguido por Australia y Estados Unidos. Sin embargo, no hay que dejar de lado el avance logrado de China, ya que en los últimos años encabeza la lista de inversionistas en diversos países del mundo, con el propósito de asegurar los recursos a futuro (Murguía, 2019). Por otra parte, Ruz (2015) y Lagos (2002) señalan que Sudamérica, considerado dentro de la minería mundial como un importante productor y exportador de minerales y metales, afianzado con una minería dinámica y nuevas tecnologías, busca modernizar aspectos como lo económico, ambiental y social, con una rentabilidad privada posiblemente atractiva, y con una potencial mayor recaudación de impuestos por parte de los Estados.

Bolivia, como país desde tiempos de la colonia, considera a la minería como la mayor industria extractiva, donde a lo largo de la historia han sido explotados el oro, plata, plomo, zinc, estaño, etc. Un referente mineralógico importante es la Cordillera Oriental que, para Vargas (1989) se considera como una de las más grandes provincias mineralógicas del mundo. Específicamente, el departamento de Potosí fue el primer distrito minero de la región andina, dentro del territorio que actualmente constituye Bolivia, siendo San Antonio de López la primera población minera de renombre.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está situada en la faja estannífera de Bolivia, al Oeste del Complejo Volcánico del Kari y en el extremo Sur del Cerro Rico de Potosí, estando a una distancia de 6 km al Sur de la ciudad capital; políticamente se encuentra en el municipio de Potosí siendo parte de la Provincia Tomas Frías del mencionado departamento. Topográfica-

mente el área se encuentra a una altura entre 4240 y 4520 mnm (Rueda, 2018).

El acceso al área de trabajo se realiza por las siguientes carreteras: Carretera Panamericana La Paz-Oruro-Potosí (asfaltada) 559 km, desde la ciudad de Potosí al puesto de peaje a Tarija (5 km asfaltado) – área de trabajo (1 km de tierra); todas las rutas son transitables durante todo el año además existen rutas alternas ripiadas de segundo orden que vinculan distintos sectores del área de estudio.

Geología Regional

El área de estudio se sitúa en la parte central de la Cordillera Oriental que constituye una región montañosa poligénica, constituida por rocas de edad Ordovícica, Cretácica y Cuaternaria, compuesta por lutitas, limolitas, calizas, areniscas, pizarras y cuarcitas.

Schneider y Halls regionalmente identificaron tres fases de desarrollo magmático y de mineralización. La primera fase relacionada con la intrusión del complejo granodiorítico Kumurana hace 25 M.a. en el extremo sur de la caldera volcánica del Kari. La segunda fase hace 20 M.a., permite la formación de la caldera del Kari, junto a las tobas de Agua Dulce y una tercera fase hace 12 M.a. vinculada a la intrusión del stock Cerro Rico, en la parte noroccidental de la caldera, aprovechando una zona de debilidad.

Geología Local

Geológicamente en el área se encuentran unidades de los periodos Ordovícico, Cretácico, Terciario y Cuaternario. La parte oriental del área de trabajo está cubierta por una unidad de ignimbritas de tonalidades grisáceas claras, las cuales están alteradas en su parte basal y descansan sobre un basamento pelítico Ordovícico inferior. La unidad ignimbrítica



aflora en toda la extensión del cerro Huakajchi Chico. En el sector Este del cerro Huakajchi Chico, localmente se observa una brecha volcánica cloritizada, silicificada y oxidada, éstas se encuentran en forma de diques cortando a las ignimbritas.

El cuerpo presenta una ligera inclinación hacia el Suroeste y se halla rodeado irregularmente por tobas líticas grises con clastos sedimentarios paleozoicos; en el sector Oeste se observan brechas volcánicas en contacto con las dacítas. A nivel local, el basamento lo constituyen sedimentos ordovícicos y cretácicos cortados por este domo riodacítico y por diques propilitizados, existiéndose en toda el área depósitos cuaternarios coluviales, aluviales y fluviales.

Estratigrafía

a) Sistema Ordovícico

El Ordovícico, de edad no diferenciada, está representado por rocas sedimentarias pelíticas de ambiente reductor y algunos bancos de cuarcitas de poca potencia, aflorando al Sur del área de estudio subyaciendo a unidades cretácicas y a afloramientos terciarios. La secuencia comienza con una unidad basal consistente de una secuencia monótona de lutitas gris oscuras del Ordovícico que afloran en una ventana en el flanco Sur del cerro Huakajchi Chico, mientras que hacia el tope se tienen areniscas y cuarcitas cuya potencia llega aproximadamente a unos 10 m, estando expuestas en el lado occidental del cerro Huakajchi Grande.

Las cuarcitas que se encuentran en el flanco occidental del cerro Huakajchi Grande presentan una ligera oxidación con presencia de limonita. Las lutitas, en sus niveles intermedios, presentan alternancia de bancos de areniscas de 30 a 50 cm de espesor.

b) Sistema Cretácico

En el área de estudio los afloramientos de este periodo corresponden a sedimentitas de las formaciones típicas del Cretácico, entre las que se encuentran sedimentos de areniscas de la Formación La Puerta, sedimentos limo-líticos de tono rojizo violáceo de la Formación Aroifilla y sedimentos calcáreos de tonos claros de la Formación El Molino. Al Sur del domo Huakajchi Grande, las sedimentitas del Ordovícico infrayacen en discordancia angular a rocas arenosas y arcillosas las cuales, por sus características litológicas, corresponden a unidades básicas del Cretácico.

El contacto con el domo no es visible por estar cubierto por tobas líticas y material coluvial. En el sector Sureste, las rocas paleozoicas presentan alteraciones ligeras a moderadas (argilización y sericitización) e infrayacen a las ignimbritas propilitizadas del cerro Huakajchi Chico. En dirección Este, están cubiertas por brechas argilizadas y oxidadas; hacia el Sur afloran delgados niveles lenticulares de rocas calcáreas pertenecientes a la Formación El Molino.

c) Sistema Terciario

El sistema terciario está representado por unidades volcánicas efusivas e hipobisales de diferentes litologías representados por depósitos piroclásticos (ignimbritas y tobas), domos, brechas de falla y brechas volcánicas.

Estas rocas ocupan casi toda el área de trabajo, suprayaciendo discordantemente a sedimentos ordovícicos; estos depósitos piroclásticos consisten de fragmentos heterogéneos de tonalidad gris clara localmente gris-verdosa, presentando



fenocristales de feldespatos euhedrales de hasta 4 mm, mica negra (biotita) idiomórfica además de cuarzo de origen magmático todo cementado por una matrix afanítica levemente alterada.

Estas ignimbritas tienen una asociación de fragmentos líticos ordovícicos (lutitas laminadas de bordes angulosos a subredondeados y cuarcitas gris claras) con dacitas silicificadas de grano medio. En la secuencia suprayacente, estas tobas soldadas del cerro Huakajchi Chico contiene clastos líticos de roca sedimentaria (cuarcitas, areniscas y lutitas) y en menor cantidad clastos volcánicos de composición dacítica a riódacítica. Los clastos son habitualmente subangulosos de variadas dimensiones (≤ 10 cm).

En el cerro Huakajchi Chico la estructura de las ignimbritas son comúnmente masivas, con clastos predominantemente cuarcíticos en una matrix con alteración argílica moderada a débil; mientras que en el cerro Huakajchi Grande presentan una estructura con dirección de flujo; la ignimbrita del Huakajchi tendría $11,85 \pm 0,05$ Ma. En varios sectores del área de estudio existe una zonación de alteración hidrotermal externa (propilítica y argílica); la alteración propilítica es de débil a moderada coincidiendo con varios lineamientos de dirección NE a SO; teniendo una tonalidad verduzca por la presencia de epidota y/o clorita, afectando principalmente la base de las ignimbritas y a gran parte de las brechas de falla y en menor grado a las brechas volcánicas.

En otros sectores la alteración argílica es de débil a moderada siendo acompañada por una silicificación de la toba dacítica (muy notorio en la parte Sur del área). Los fracturamientos regionales tienen una dirección general con tendencia al Norte (en un rango de 35° que va de $N5^\circ O$ a $N30^\circ E$) las mismas cortan los masivos

rocosos del área teniendo buzamientos altos entre 70° a 85° a veces verticales (90°) con inclinación tanto al Este como al Oeste.

d) Domo

En el sector Noroeste del área, se encuentra un domo riódacítico, abarcando una superficie aproximada de 87 hectáreas constituyéndose principalmente en la parte Oeste de la cima del cerro Huakajchi Grande; este domo presenta una coloración grisácea a marrón claro, teniendo grano medio a grueso y una textura porfídica (presencia de fenocristales de cuarzo magmático con bordes subredondeados y feldespatos alcalinos y/o potásicos de hasta 2 cm. de largo) en una matrix de tonalidad clara y textura afanítica. Las ignimbritas subyacen al domo riódacítico porfídico habiendo desarrollado hacia el Suroeste una chimenea de brecha, la misma se encuentra silicificada y cuyos clastos son paleozoicos de origen sedimentario.

e) Chimenea de brecha "Breccia Pipes"

Se encuentra en la parte occidental del cerro Huakajchi Grande, se extiende sobre una superficie de aproximadamente 600 m² teniendo una posición vertical, siendo un cuerpo cilíndrico de sección ovoide en planta y teniendo su diámetro menor de unos 25 m; los fragmentos de esta brecha van desde algunos cm hasta 1 m siendo angulosos a subredondeados, teniendo una coloración marrón verduzca y notándose una alteración hidrotermal tipo filica débil. Esta chimenea de brecha estaría asociada al emplazamiento del domo riódacítico en su borde occidental. La matrix del cuerpo tubular exhibe una coloración gris verdosa cuya estructura es brechoide y su textura porfídica de grano



medio a grueso, teniendo una composición con marcada tendencia ácida y conformada por fenocristales de cuarzo además de feldespatos moderadamente argilizados.

f) Brechas volcánicas

Afloran en el sector oriental del área y se presentan infrayacentes a las ignimbritas del cerro Huakajchi Chico. Estas unidades están constituidas por clastos poligénicos angulosos a subredondeados de variada granulometría (≤ 10 cm); siendo la principal característica la presencia de clastos riolacíticos alterados de coloración marrón-verdusca con una matrix compacta de tonos claros, presentan una alteración argílica de bajo grado además de una silicificación débil a moderada.

g) Cuaternario

• Depósitos coluvio-glaciares

Estos depósitos cuaternarios conformados por bloques, gravas, arenas y arcillas, se encuentran en el área de estudio rellenando paleorelieves, terrazas, escarpes de pendiente moderada y taludes.

• Depósitos aluviales

Estos depósitos que corresponden a material detrítico (cantos, gravas y arenas de grano grueso), se presentan como acumulaciones en las terrazas presentes en los márgenes de los valles fluviales de la zona.

• Depósitos fluviales

Constituidos por un material mejor seleccionado (guijarros, arenas, limos y arcillas), se encuentran en los lechos de los ríos y quebradas; formando a veces llanuras de inundación producto de la erosión y deposición fluvial, que en algunos sectores sirvieron para el desarrollo de bofedales.

• Geología Estructural

En el mapa geológico se pueden contemplar los principales lineamientos y estructuras tectónicas identificadas en el terreno, los mismos se complementan con la geología local del área de estudio; es así que se pudo evidenciar los siguientes aspectos:

- a) Existe un sistema principal de fallas y lineamientos locales de posición NNE-SSO (entre 2° a 30° de azimuth) teniendo buzamientos generalmente de altos ángulos hacia el Este como al Oeste afectando casi toda el área objeto de estudio (Fotografía N° 9); en un recorrido por la parte Oeste del cerro Huakajchi Grande se evidenció que, dentro las ignimbritas, estos lineamientos y fallas presentan buzamientos casi verticales (entre 70° a 85° al NO) posiblemente por efecto del emplazamiento tangencial del domo indicando un solevantamiento posterior.
- b) En la parte central del área, una serie de lineamientos y fallas casi transversales a las anteriores, coinciden con alteraciones de baja intensidad de la zona, teniendo una dirección azimuthal de 300° aproximadamente; aparentemente ciertos elementos de estas fallas presentan desfases horizontales dextrales. La falla del Socavón Pilar, que tiene un rumbo N 15° E y un buzamiento de 54° SE, se encuentra desplazada por este tipo de fallas.
- c) En la parte occidental del cerro Huakajchi Chico, estas fallas transversales tienen una dirección azimuthal de 60° cortando a los lineamientos principales de posición NNE-SSO. En la parte occidental del área, un lineamiento regional de orientación Norte-Sur cruza la parte central hasta llegar



a la parte más alta del cerro Huakajchi Grande, atravesando las formaciones sedimentarias paleozoicas y mesozoicas. Las fracturas sin movimiento aparente (diaclasas) se presentan en diferentes litologías, con frecuencias variables y juegos de diaclasas entre 1/m hasta 4/m teniendo la dirección de estas una tendencia NNE-SSO (entre 5° a 35°) y ONO-ESE (80° a 110°).

h) Mineralogía y alteración hidrotermal

En superficie existen indicios de mineralización primaria que se manifiestan por medio de disseminaciones esporádicas además de halos de alteraciones hidrotermales presentes en la zona. Aunque no ha sido posible evidenciar cuerpos mineralizados a excepción de aquellos que se encuentran en algunos desarrollos mineros subterráneos en los cuales se pudo evidenciar algunas estructuras de potencia variable, pueda que, por las disseminaciones presentes en superficie, a profundidad la mineralización se enriquezca en elementos como el Pb, Zn y Ag.

La alteración argílica moderada a intermedia (que de las 2 encontradas en el área, es la de mayor grado considerando la zonación hidrotermal), tiene un grado de afectación débil a moderado sobre las brechas e ignimbritas del cerro Huakajchi Chico. Esta zonación hidrotermal puede que a profundidad se incremente pudiendo haber alteraciones cuarzo-sericíticas u otras de mayor grado, las mismas tienen mayor probabilidad de emplazar mineralizaciones con características para ser aprovechadas económicamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prospección geoquímica estratégica planificada fue realizada en un área más

reducida respecto a la primera fase, enfocándose sobre todo en la parte Sur del cerro Huakajchi Chico habiendo tomado también algunas muestras en el cerro Huakajchi Grande con el objetivo de establecer la existencia de mineralizaciones de importancia económica o señales de emplazamientos importantes de minerales de Zn, Pb, Ag u otros.

Muestreo

Las muestras fueron obtenidas mediante canaletas de 20 x 15 cm (ancho x profundidad), en su mayoría en estructuras geológicas (lineamientos, fallas, brechas, stockworks, diques y apófisis de afloramientos de brechas volcánicas) con indicios de albergar algún tipo de mineralización (por ejemplo, zonaciones de alteraciones hidrotermales presentes en el área), ya que no se identificaron estructuras vetiformes mineralizadas en toda el área de estudio.

Análisis y límites de detección geoquímicos

Las muestras fueron preparadas y analizadas en el laboratorio ALS Bolivia Ltda. De la ciudad de Oruro, por el método ME-ICP61 AES (33 elementos) +Sn (Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy “espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente”), digestión casi total con cuatro (4) ácidos. El método se refiere a que la muestra se digiere en una mezcla de ácidos nítrico, perclórico y fluorhídrico al que se añade ácido perclórico para ayudar a la oxidación de la muestra y para reducir la posibilidad de pérdida mecánica de la muestra a medida que la solución se evapora a sales húmedas.

Por otra parte, en lugar del oro, que, por su estilo de mineralización y porque en los análisis geoquímicos de la primera fase



no se reportaron valores por encima del límite de detección, se hizo analizar la presencia de Sn por el método AAS.

Perforación de pozos a diamantina

En la primera fase del proyecto, en los resultados de la perforación del pozo HCD-004 se llegó a cortar una brecha hidrotermal mineralizada con sulfuros de Zn y Pb entre los 195,73 m y los 200,5 m y cuyas leyes, después del análisis geoquímico, dieron valores promedio de 0.036% de Pb, 1.09 % de Zn y 0.045 % de Ag.

El levantamiento geofísico realizado en el área, no priorizó la perforación de este pozo (HCD- 004) pero los resultados del mapeo y muestreo geológico-minero de superficie (en donde estructuras con vislumbres de mineralización fueron identificadas y muestreadas dando valores anómalos interesantes), hicieron que sí se tome en cuenta la ejecución de este taladro como última alternativa, logrando cortar la estructura mineralizada anteriormente mencionada.

Tomando en cuenta todas las consideraciones anteriores, se propuso un programa de perforación de pozos exploratorios para interceptar principalmente el cuerpo mineralizado interceptado con el taladro HCD-004 (blancos geoquímicos).

En la etapa de perforación, los 3 pozos propuestos inicialmente; se realizaron de la siguiente manera: dos sondajes se perforaron siguiendo anomalías geoquímicas y el tercero se ejecutó siguiendo una anomalía geofísica.

CONCLUSIONES

En la zona existen áreas anómalas con interesantes valores de plata, zinc y plomo (Ver anexo 3), por lo que realizar un remuestreo ayudarían a delimitar estructuras puntuales de interés mineralógico.

La estructura brechosa hidrotermal presenta disseminaciones de sulfuros interceptada en los tres pozos HCD-004, HCD-005 Y HCD-006, tiene una orientación N 7°O y una inclinación subvertical con un buzamiento al Oeste.

Con el taladro HCD-004 se interceptó un tramo con una ley media de Zn (0.24%) de Zn, a una profundidad de entre 195.4 a 205.8m.

También con el taladro HCD-005 se interceptó un solo tramo con valores interesantes de Zn de hasta 0,41 % y una vez cuantificado se determinó un tramo de 6,24 m ancho real (entre los 187 y 194 m) con una ley media de 0,22 % de Zn.

Así con el taladro HCD-006 se interceptó 2 tramos de interés con valores de Zn de hasta 4,9 % en el primer tramo y valores de hasta 0,69 % de Zn en el segundo. Se cuantificó el primer tramo (entre los 28 y 44 m) determinando un ancho real de 11,42 m con una ley media de 0,23 % de Zn mientras que la cuantificación del segundo tramo dio como resultados un ancho real de 5,36 m con una ley de 0,24 % de Zn (entre los 232 y 239 m).

Por último, los recursos calculados dan en total de 1,947.841,82 Tn con una ley de 0.34 % de Zn y 0.075 % de Pb. Donde 1,668.157,62 Tn son recursos inferidos y 279.684,20 Tn de recursos indicados.

REFERENCIAS

- Aluja, T. (2001). La minería de datos, entre la estadística y la inteligencia artificial. *Qüestiió: quaderns d'estadística i investigació operativa*, 25(3), 479-498
- Arce, V. A., Dávila, D. L., Santibañez, L. P., y Celis, M. C. (2009). Contexto de la responsabilidad social minera y la gobernabilidad. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Inge*



- nería Geológica, Minera, Metalur-gica y Geográfica*, 12(23), 59-66
- Fernández, T. (2004). Reflexiones sobre la actividad minera. Bariloche: Ecoportal
- Güiza, L. (2013). La pequeña minería en Colombia: una actividad no tan pequeña. *Dyna*, 80(181), 109-117
- Hartman, H. L. (1992). *SME mining engineering handbook* (Vol. 2). S. G. Britton (Ed.). Denver: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration
- Herrera, J., Pla Ortiz de Urbina, F. (2006). Métodos de minería a cielo abierto
- Herrera, H. (2008). Etapas en la vida de un Proyecto Minero. Pascua: Barrik, Minería responsable Pascua
- Kuschick, I., Parejo-Coudert, R. (2009). *Etnografía de la zona minera vizcaína: fuentes orales y tradiciones musicales*. Diputación Foral de Bizkaia
- Lagos, G. E., Blanco, H., Torres, V., y Bustos, B. (2002). Hallazgos y Desafíos desde la Investigación. *Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente (CIPMA)*, Santiago, Chile. 38-48
- Lankton, L. (1993). *Cradle to grave: life, work, and death at the Lake Superior copper mines*. Oxford University Press
- Martínez Ortiz, A., y Aguilar Londoño, T. (2013). Estudio sobre los impactos socioeconómicos del sector minero en Colombia: encadenamientos sectoriales. *Nueva Serie-Cuadernos de Fedesarrollo*, 47
- Murguía, D. (2019). La competitividad del sector minero metalífero argentino en perspectiva: una comparación con Australia y Canadá. The competitiveness of the Argentine metal mining sector in perspective: a comparison with Australia and Canada. *Cuyonomics. Investigaciones en Economía Regional*, 1(3), 48-79.
- Millán, A. (2006). *La minería metálica en Chile en el siglo XX*. Editorial Universitaria
- Prado, O. A. (2005). *Situación y perspectivas de la minería metálica en Argentina* (Vol. 91). United Nations Publications
- Rueda, (2018). Exploración geológica preliminar del depósito mineralógico del Cerro Huakajchi Chico: Potosí: Universidad Autónoma "Tomás Frías"
- Ruz Meneses, N. M. (2015). Determinación de oportunidades de negocios para empresarios coreanos en la minería del cobre en Chile
- Torres, V. (2014). Grupos económicos y bonanza minera en el Perú. *Apuntes*, 41(75), 171-210
- Vargas, H. (1989). Estudio menarológico y paragenético del sistema de vetas Don Mauticio Yacimiento Cerro Rico de Potosí. La Paz: Universidad Autónoma San Andrés