

LOS RECURSOS NO METALICOS DEL ALTIPLANO CHILENO. UNA REVISION

GUILLERMO CHONG DIAZ

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLOGICAS, UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE
CASILLA 1280, ANTOFAGASTA, CHILE

RESUMEN

Se presenta una revisión, desde el punto de vista geológico, de los recursos No Metálicos en el Altiplano de Chile, incluyendo una revisión somera de los distintos tipos de depósitos y presentación de algunos antecedentes de tipo minero - comercial. Son establecidas precisiones respecto a los conceptos de No Metálicos y Altiplano. Algunos de estos recursos son conocidos y explotados desde hace más de un siglo, sin embargo, se está en un proceso de conocimiento de nuevos depósitos. El avance industrial, el descubrimiento de menas hasta ahora desconocidas en la región, el éxito de algunas empresas, el potencial de los depósitos y un interesante mercado doméstico, regional e internacional, conforman un atractivo panorama minero-comercial.

ABSTRACT

A geological revision of the Non-Metallic deposits in the Chilean Altiplano is presented. It is also included a slight revision of the different type deposits and a few commercial aspects are discussed as well as precisions about the Non-Metallic and the Altiplano concepts. Some of the described resources are known for more than a century, but new discoveries and industrial concepts are in progress. The industrial projection, the discovery of minerals unknown up to now in the region, the successful development of mining enterprises, the reserves, potencial and an interesting domestic, regional and international marketing define an attractive mining comercial future for the Non-Metallic ores.

INTRODUCCION

Una revisión de los recursos mineros No Metálicos en el Altiplano Chileno es un aspecto novedoso en el contexto geológico del país. Esto no implica un desconocimiento del tema, toda vez que varias menas de esta naturaleza son explotadas desde el siglo pasado. Sin embargo, la realidad, potencial, beneficio y mercado de algunos de estos minerales es un campo apenas explorado.

El presente trabajo está, necesariamente limitado en su enfoque ya que el tema es de amplio espectro. Descripción de yacimientos, exploración, prospección, beneficio y estudios de mercado representan un campo de investigación e industrial que recién está cobrando actualidad como un conjunto. Consecuentemente, se presenta aquí un resumen amplio sobre las características geológicas de estos recursos en el Altiplano Chileno, complementándolo con antecedentes y comentarios acerca de su potencialidad económica actual y futura.

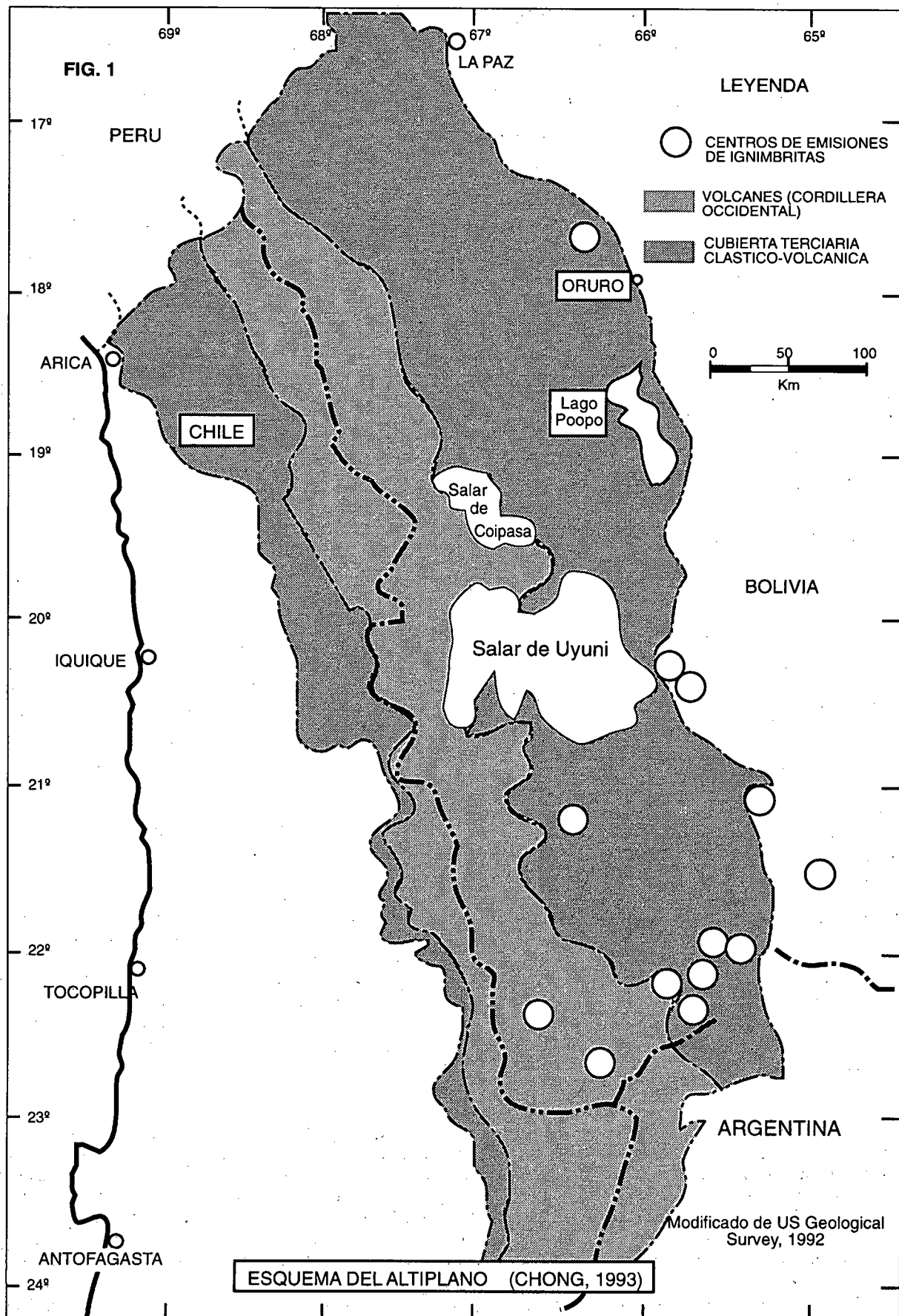
DEFINICION DE CONCEPTOS

Para enfrentar el tema con propiedad, estimamos necesario hacer algunas precisiones de los dos conceptos que son muy explícitos en el título de este trabajo: Altiplano y No Metálicos. Si bien se trata de términos que aparecen profusamente en la literatura especializada, ambos poseen amplia flexibilidad en su tratamiento e interpretación. Por esta razón se ha preferido describirlos de la manera como son empleados aquí.

No Metálicos: Actualmente, este término está siendo reemplazado, sistemáticamente, por el de Rocas y Minerales Industriales o, simplemente, por el de Minerales Industriales. Un mineral industrial es descrito como cualquier roca, mineral u otra sustancia de ocurrencia natural de valor económico, excluyendo las menas metálicas, combustibles minerales y piedras preciosas (Bates & Jackson, 1987). Sin embargo, la rigidez de esta definición ha ido perdiendo actualidad debido al acelerado avance de la industria, que cada vez tiene requerimientos más específicos y sofisticados. De acuerdo a esto, menas que califican perfectamente como "metálicas"; materiales que aceptan la definición de piedras preciosas, productos manufacturados y asociaciones de productos manufacturados y naturales, son descritos como Minerales y Rocas Industriales, en abierto desacuerdo con la definición planteada. Así, Bates in Lefond (1983), considera que el concepto de mineral industrial está bien definido, pero no así sus límites. En el presente trabajo adoptamos este criterio amplio de clasificación.

Altiplano: Este término es de uso amplio en aspectos geológicos, geográficos, sociales e incluso, en el lenguaje cotidiano. Como resulta lógico, ha sido principalmente descrito en Bolivia, mientras que en Argentina se emplea preferentemente el término Puna, y en Chile se habla, indistintamente, de Altiplano, Puna, Alta Cordillera e incluso Andes. Este importante rasgo continental, identificable por sus especiales características geológicas, geomorfológicas y climáticas, ha sido descrito (U.S. Geological Survey, 1992) como serie de cuencas altas y continuas ubicadas entre la Cordillera Oriental y Occidental, e incluyendo parte de éstas en su ensamble geológico. La característica principal es una serie de cuencas intramontañas de antearco que reciben sedimentos de cordones plegados y sobreescurridos, producto de acortamientos y engrosamientos de la corteza.

Esta unidad se extiende, aunque con algunas diferencias significativas, en territorio de Argentina, Chile y Perú (Figs.1 y 2). En este trabajo se entiende como Altiplano a una unidad geológico - morfológica, caracterizada por un basamento paleozoico -



mésozoico - cenozoico, sobre el cual se dispone una cubierta volcánica sedimentaria del Terciario Superior con pendiente regional hacia el Oeste. En esta cubierta se emplazan sistemas volcánicos del Terciario Superior al Holoceno. Estos volcanes constituyen parte de la Cordillera Occidental y sus cumbres más altas sirven de límite político con los países vecinos. El conjunto está severamente tectonizado, especialmente por fallas NS y EW, siendo las primeras las que interrumpen su continuidad hacia el Oeste. Esta unidad, distribuida en las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, tiene una vergencia hacia el Oeste que, a la latitud de Arica, hacen que prácticamente alcance hasta la costa. La altitud del "plateau" volcánico sedimentario es del orden de 4.000 - 4.500 m, mientras que las cumbres volcánicas superan, en su mayoría, los 5.000 m. Sus características son bastante diferentes a lo largo de su extensión Norte-Sur y donde se puede observar, en forma más completa y con todos sus elementos, es en la Segunda Región de Antofagasta (Fig. 2). De acuerdo a esta descripción es como en el presente trabajo se emplea el término Altiplano.

RECURSOS NO - METALICOS EN EL ALTIPLANO CHILENO

Estos recursos, en el Altiplano Chileno, son de amplia distribución y variedad y, con seguridad, su estudio geológico y exploración aumentarán significativamente su actual proyección económica. Algunas menas son conocidas desde larga data, como en los casos de Boro y Azufre.

La variedad y potencial de reservas están asociadas a diferentes procesos geológicos y sus materiales y rocas derivadas. Los procesos, ordenados por su importancia relativa, son el volcanismo, tanto el actual como el del Terciario Superior; formación de Salares y Lagos Andinos (en el sentido de Chong, 1988); los procesos de diagénesis en sedimentos lacustres y la alteración, meteorización u otros procesos geológicos de rocas del basamento.

Volcanismo: Los procesos volcánicos aportan, en forma directa, productos que constituyen rocas o minerales industriales, como es el caso de vidrios (perlita y obsidiana) y cenizas, o rocas (pómez, tobas, lavas). Las aguas termales generan depósitos de boratos, carbonatos, sulfatos, cloruros y otros elementos de importancia económica subordinada. Las fumarolas producen Azufre. A su vez, en forma indirecta, la alta gradiente geotérmica permite que las aguas meteóricas produzcan una lixiviación cuantitativa y cualitativamente mayor de las rocas del marco geológico. En este caso, las salmueras transportan y depositan diversos elementos en las cuencas lacustres y evaporíticas.

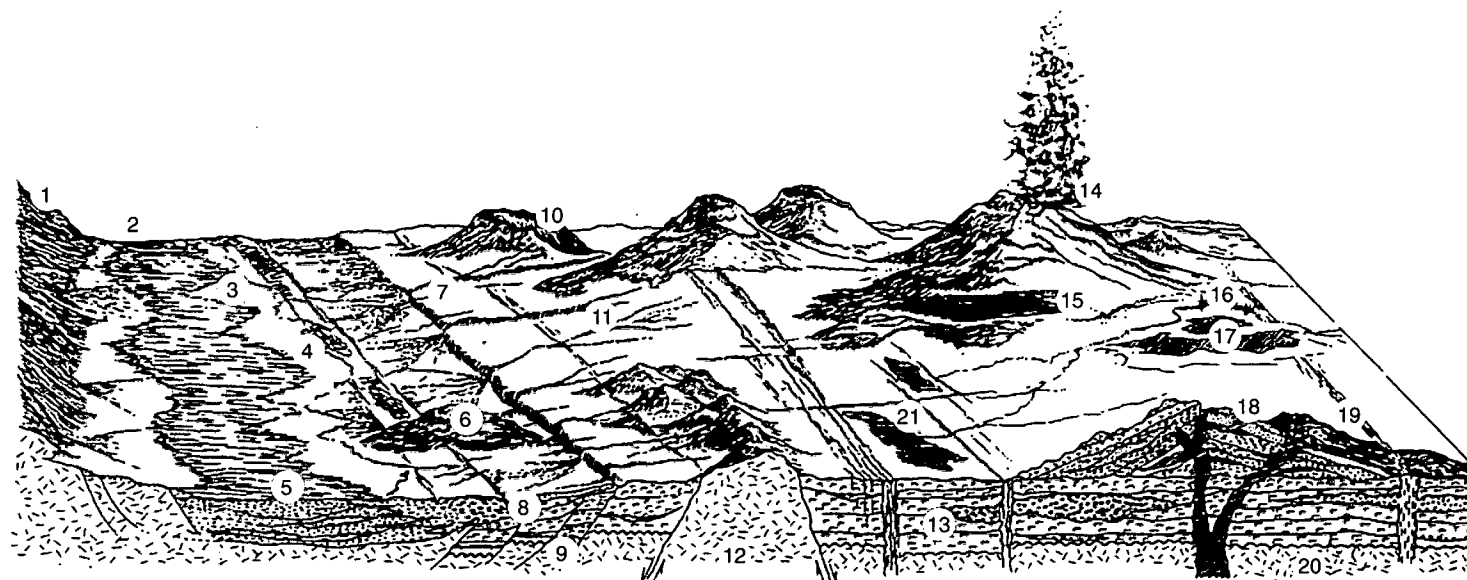
Salares y Lagos Andinos: En el Altiplano existen numerosas cuencas que tienen orígenes tanto tectónicos como debido a procesos volcánicos, como entrampamiento por coladas de lavas o formación de calderas. Estas cuencas, como niveles de base locales, y debido a condiciones geológicas y climáticas específicas, se han convertido, desde el Terciario hasta hoy, en lagos que, en muchos casos, han evolucionado, y evolucionan, a cuencas evaporíticas. Los aportes son tanto superficiales como subterráneos. Chong (1984, 1988) los define como Lagos y Salares Andinos basando la diferenciación en la razón de superficie inundada permanentemente y aquella que permanece con costras salinas. Esta diferencia es sólo de corte académico, puesto que durante el Invierno Altiplánico, conocido también como "Invierno Boliviano" o "Invierno Chileno" en los meses de Diciembre a Febrero, estas cuencas son inundadas por precipitaciones torrenciales.

La naturaleza del subsuelo, geotermalismo y volcanismo hacen que las aguas que llegan a estas cuencas sean esencialmente salobres y su evolución en las cuencas las convierte en salmueras. En ellas se enriquecen en diferentes iones, algunos de los cuales tienen un significado económico como es el caso de cloruros, carbonatos y sulfatos de Potasio, Litio, Sodio, Calcio y Magnesio.

Procesos diagenéticos en sedimentitas lacustres: Durante el Terciario Superior - Cuaternario, una característica constante de los procesos geológicos fue la formación de cuencas lacustres en ambientes volcánicos. Esta situación se tradujo en aportes combinados a las cuencas, de elementos terrígenos y volcánicos y la formación de diferentes tipos de sedimentitas biogénicas, químicas o clásticas. La posterior diagénesis incluye procesos que conducen a la formación de diversos elementos de valor económico como las dolomitas. Asimismo, se pueden producir efectos combinados en que interaccionan determinados sedimentos, la descomposición de algunos de ellos (vidrio volcánico, por ejemplo) y salmueras enriquecidas en elementos específicos. En este esquema, por ejemplo, Asher - Bolinder *in* US Geological Survey (1992) describe la posible formación de hectorita y/o smectita a partir de la intervención combinada de vidrio volcánico, salmueras enriquecidas en Litio, sedimentos lacustres enriquecidos en Calcio y Magnesio. A través de procesos como los descritos se han formado, en el Altiplano Chileno, depósitos de arcillas y diatomitas.

Alteración, meteorización u otros procesos geológicos de rocas del basamento: En rocas del basamento que infrayace a la cubierta volcánica-sedimentaria altiplánica, se pueden observar numerosas zonas de alteración hidrotermal. Procesos posteriores de meteorización, en climas áridos a semi-áridos, determinan que algunos de los minerales de alteración sean transformados en otros derivados y de importancia económica. Este es el caso, por ejemplo, de la transformación de alunita en "alunógenos" como los sulfatos de Aluminio y Magnesio. También puede presentarse el caso de rocas densamente silicificadas que son potenciales menas de sílice. Se ha mencionado, en rocas antiguas del basamento, como los Esquistos de Belén, la formación de variedades de asbestos (crisotilo) como producto de metamorfismo (Ruiz y otros, 1965).

FIG. 2



GUILLERMO CHONG DIAZ / 1993.

ESQUEMA DEL ALTIPLANO CHILENO ENTRE LOS 22° - 24° SUR

1) BORDE ORIENTAL PRECORDILLERANO. 2) CUENCAS PREANDINAS (SALARES). 3) ZONACION DE SALARES, SECTORES CON PLAYA-LAKER. 4) VERTIENTES CON DEPOSITACIONES DE TRAVERTINO. 5) SALARES INCLUYENDO INTERCALACIONES DE ROCAS VOLCANICAS (ALTAS CONCENTRACIONES SALINAS: L1, K, MG. 6) DOMOS VOLCANICOS. 7) VALLES PROFUNDOS. 9) ALGUNOS VOLCANES CONTROLADOS POR FALLES. 10) VOLCANES ANTIGUOS ERODADOS (MIOCENO). ZONAS DE ALTERACION. 11) DRENAGES CON PENDIENTES REGIONAL AL OESTE, PERO CON VARIACIONES EN EL "PLATEAU". 12) BLOQUES DEL BASAMENTO SOLEVANTADOS TECTONICAMENTE. 13) "PLATAFORMA" O "PLATEAU DEL Terciario inferior (ROCAS VOLCANICAS Y SEDIMENTARIAS CONTINENTALES). 14) FUMAROLAS Y ACTIVIDAD VOLCANICA (AZUFRE). 15) SALARES O LAGOS SALINOS EN CUENCAS VOLCANICAS (CALDERAS O ENTRAMPAMIENTOS POR LAVAS). YACIMIENTOS DE BORATOS Y SULFATOS. (16) AGUAS TERMALES EN SALARES. 17) CUENCAS INCLUYENDO LAGOS Y SALARES. 18) ESTRATO-VOLCANES PLIOCENO-Holoceno. 19) SISTEMAS REGIONALES DE FALLAS N S, ALGUNAS CONTROLANDO EMPLAZAMIENTOS DE VOLCANES CORTADOS POR FALLA. ALGUNAS FALLAS INVERSAS SUBORDINADAS. 20) BASAMENTO P2 - M2 - CZ.

ANTECEDENTES DE RECURSOS NO METALICOS EN EL ALTIPLANO CHILENO

Las alternativas para referirse a los recursos No Metálicos en esta región, son variadas. Se puede, por ejemplo, optar por una simple enumeración o listado, ordenarlos de acuerdo a sus proyecciones económicas, o clasificarlos por su origen geológico o sus usos. En este caso se presenta un cuadro con el listado de los No Metálicos que se transan en el mercado internacional, destacando aquellos conocidos en el Altiplano Chileno. Posteriormente, se hace una descripción muy general de los distintos depósitos. Finalmente, se discuten, brevemente, algunas alternativas económicas.

Rocas y Minerales Industriales (= No Metálicos)*	
<u>Alunita</u> <u>Arcillas</u> <u>Arenas y Gravas</u> Asbestos <u>Azufre</u> Bario (Minerales de) Bauxita (Materiales de) Bituminosos (Materiales) <u>Boro y Boratos</u> Bromo Cal <u>Calizas y dolomitas</u> Carbonato de sodio Cromita Diamantes <u>Diatomitas</u> Estaurolita Estroncio Feldespatos Fluorespato y Criolita Glauconita Grafito Kainita y Minerales Asociados <u>Litio (Materiales de)</u> Magnesita y Materiales Asociados	<u>Manganeso</u> Meerscham, Micas Nefelina (Sienita de) Nitrógeno (Compuestos de) Olivino <u>Perlit</u> Pirofilita <u>Pómez y Cenizas</u> Potasa (Potasio) Rocas dimensionadas Rocas fosfáticas <u>Sal</u> <u>Sílice</u> <u>Sulfato de sodio</u> Talco Tierras Raras y Torio Titanio Trípoli Vermiculita Wollastonita <u>Yeso y Anhidrita</u> Yodo Zeolitas Zirconio y Hafmio

*Las menas destacadas con negrita y subrayadas corresponden a aquellas que se conocen o se estiman están presentes en el Altiplano Chileno, incluso aunque no tengan una calidad reconocida de yacimiento.

Alunita: En la zona altiplánica existen numerosas zonas de alteración hidrotermal emplazadas en rocas del basamento. En algunos casos la alunita, un sulfato doble de Potasio y Aluminio $[K_2 Al_6 (OH)_{12} \cdot (SO_4)_4]$, asociada a natro-alunita (cuando el Potasio es parcialmente reemplazado por Sodio), es un mineral común en el ensamble de alteración. Debido a efectos de meteorización, en ambientes áridos a semi-áridos, en los cuales hay una intervención parcial de ácido sulfúrico, la alunita se transforma en "alunógeno" que es un sulfato hidratado simple de Aluminio.

Depósitos de este tipo se conocen principalmente en la parte alta del Valle de Lluta en los sectores conocidos como Sausine y Millune. Aquí el "alunógeno" aparece asociado con sulfatos de Magnesio y de Hierro y las reservas son significativas.

Arcillas: Estudios geológicos de orientación económica de las secuencias lacustres de la zona altiplánica, han demostrado una potencial importancia. Así, algunas variedades de arcillas corresponden a bentonita cálcica, constituida por minerales arcillosos del grupo de la montmorillonita. Estas han sido definidas por Difracción y Fluorescencia de Rayos X y análisis térmico diferencial. Se ha concluido que se trata de bentonitas cálcicas provenientes de la desvitrificación de cenizas y vidrio volcánico.

En el caso del Altiplano las arcillas se encuentran asociadas a sedimentitas lacustres y, especialmente a diatomitas. Su modo de yacimiento es el de horizontes desde decimétricos a métricos, horizontales, de colores verdes y amarillos en tonos claros, intercalados con limolitas, diatomitas, calizas, arenas, conglomerados y rocas volcánicas. Los depósitos se encuentran especialmente incluidos en el Miembro Chapuma de la Formación Huaylas (Salas y otros, 1966). Yacimientos importantes se conocen en la Quebrada de Huaylas y asociados a las diatomitas del yacimiento de Bocanegra. En el Valle de Lluta las características geológicas de la región son favorables para la exploración en búsqueda de nuevos yacimientos.

Arenas y Gravas: Sólo por incluirlo como un recurso presente, se menciona que en las numerosas y profundas quebradas que drenan el Altiplano, existen arenas y gravas que pueden ser empleadas como materiales de construcción.

Azufre: Con dos excepciones que sólo pueden nombrarse como inventario, el Azufre en Chile está relacionado con el volcanismo del Pleistoceno-Holoceno y la totalidad de los yacimientos se ubican en la zona altiplánica. De acuerdo a Corfo - Intec (1989) la naturaleza explosiva del volcanismo tardío es importante porque define una buena preparación de la roca para la circulación de los fluidos que formarán los yacimientos. Asimismo, estiman que la concentración de los depósitos en determinados sectores, está asociada a la naturaleza del basamento que, específicamente, incluiría rocas sedimentarias evaporíticas ricas en sulfatos. Finalmente, en el mismo trabajo, se considera que depósitos más antiguos, pero siempre en los mismos ciclos volcánicos, pueden ser removilizados para formar cuerpos de alta ley.

Los distritos azufreros suman más de treinta con distintas categorías de reservas, y se ubican entre las latitudes de Arica a Copiapó. Distritos importantes en la Primera Región son Tacora, Putre y Sillajuaya; en la Segunda Región, Acalquincha, Purico, Carcote, Plato de Sopa y, en la Tercera Región, Gorbea y Maricunga.

Boro y boratos: El Boro y los boratos como recurso económico se ubican exclusivamente en el norte de Chile agrupados en tres tipos de depósitos y dos alternativas de subproductos. La posibilidad de mayor importancia económica, comprobada y potencial se encuentra en los Salares Andinos. En estas cuencas evaporíticas existen reservas de gran volumen representadas por concentraciones de boratos de Calcio y Sodio (ulexita), que se presentan en horizontes desde decimétricos a métricos, en núcleos y diseminados en sedimentos. Su origen es volcánico en una estrecha asociación con actividad de fuentes termales.

Estos depósitos han sido explotados durante más de un siglo, pero en forma esporádica y, los de mayor importancia, nombrados de sur a norte, son los Salares de Surire, Ascotán, Quisquiri y Aguas Calientes.

Calizas y Dolomitas: Las calizas tienen una amplia distribución significativa en las sedimentitas lacustres de los lagos cuaternarios y terciarios del Altiplano, aunque no constituyen por sí un recurso económico. Como sucede en la mayoría de estos casos, el carbonato de Magnesio está presente en cantidades variables junto al carbonato de Calcio. Durante los procesos de diagénesis, la calcita y la aragonita suelen disolverse y migrar, mientras que se produce la precipitación del carbonato de Magnesio dando origen a las dolomitas. Otra posibilidad, poco común, es que la dolomita sea un precipitado original. Esto sucede exclusivamente durante la desecación de lagos someros.

En la zona del Valle de Azapa, a unos 20 km de Arica, emplazada en una secuencia riolítica terciaria, se presenta un importante lente de sedimentitas lacustres que incluye horizontes de dolomitas, junto a arcillas, diatomitas (?) y margas.

Diatomitas: Las diatomitas tienen un origen orgánico y se incluyen entre los sedimentos silíceos biogénicos. Corresponden a algas, unicelulares (Clase Bacillariophyceae), que tienen como característica específica que las paredes de sus células están constituidas por sílice del tipo ópalo. Esta sílice es una variedad hidratada cuyos contenidos de agua pueden variar en rangos de 4 a 8%. La concentración de masas formadas por las "frústulas" o caparazones de estos diminutos organismos forman grandes depósitos descritos a veces como Tierra de Diatomeas, Trípoli o Kieselguhr.

En el Altiplano existen diatomitas lacustres, asociadas a las secuencias volcánicas. Su formación está relacionada con la abundante sílice provista por los procesos volcánicos tan predominantes de esa región. Se las encuentra con diferentes grados de pureza y tamaño en yacimientos, desde altitudes de más de 4.000 m, hasta prácticamente en la costa, en salares y lagos actuales también se encuentran presentes. Las secuencias lacustres en que están insertas incluyen variedades de arcillas, margas, carbonatos y otros elementos sedimentarios poco conocidos, naturalmente asociados a la sedimentación lacustre y sus fuentes de aporte. Algunos yacimientos del Altiplano son de edad cuaternaria y a ellos deben agregarse los de formación actual. Otros depósitos corresponden al Terciario Superior.

Yacimientos de importancia se encuentran principalmente en la zona altiplánica de la Primera Región y algunos son actualmente explotados constituyendo la base de una sólida industria minera en Arica. Es el caso, por ejemplo, de los yacimientos Nevermann, inmediatamente fuera del radio urbano de Arica y Bocanegra, en el Valle de Lluta, a unos 50 km de la misma ciudad. En ambos casos se trata de depósitos de gran pureza (del orden de 85% de sílice en Bocanegra) y reservas importantes. Depósitos inexplorados de importancia se encuentran en las profundas quebradas que cortan el Altiplano, como Lluta, Azapa, Allane, Huaylas y otras. Comparados con estos depósitos, los ubicados y conocidos en la zona altiplánica de la Segunda Región, tienen un valor subordinado.

Las diatomitas constituyen uno de los recursos No Metálicos de mayor importancia económica de la zona altiplánica por su calidad, por su abundancia, y la proyección de su actual industrialización.

Litio, Potasio, Sal, Sulfato de Sodio, Yeso y Anhídrita: Estos elementos se describen en conjunto porque están asociados en las salmueras y costras salinas de los Salares Andinos.

El Litio y el Potasio están presentes en forma de trazas como cloruros, en las salmueras de los Salares Andinos y se estima que provienen de la lixiviación de rocas volcánicas ácidas. Su alta concentración en el Salar de Atacama, convierte a éste en el mayor depósito de estos elementos en salmueras, el mundo. Sin embargo, su presencia en el resto de los depósitos del Altiplano Chileno, no tiene un significado económico.

Elementos como sal, sulfato de Sodio, yeso y anhidrita aparecen en las costras de los salares, normalmente en los bordes y depositados en una zonación en función de su producto de solubilidad. A su vez, la sal está presente en las costras, pero mayoritariamente en las salmueras. Yeso y anhidrita también están presentes en secuencias lacustres. Estas sales no tienen significado económico actual con la probable excepción del sulfato de Sodio que puede beneficiarse como sub-producto o como mena, pero en este último caso, en salares muy específicos.

Ha sido mencionada la presencia de carbonato de Sodio (Salares de Huasco, Tara, Quisquiro, Pujsa y otros), sin embargo, no existe una información técnica confiable que avale esta posibilidad.

Manganeso: En diversos lugares del Altiplano de Arica como, por ejemplo, en la zona de Quebrada Huaylillas, existen cuerpos irregulares y vetiformes de Manganeso, principalmente pirolusita. También hay mineralización de Manganeso asociada a depositación volcánica en cuencas evaporíticas y lacustres. Estos recursos son muy poco conocidos en calidad y cantidad de reservas.

Perlita: La perlita es una variedad de vidrio volcánico ácido a intermedio que se caracteriza por su estructura ("de cebolla") y por incluir un contenido de agua variable entre 2 - 6%. Al ser calentada se expande hasta veinte veces su volumen.

Siendo la perlita de origen exclusivamente volcánico, su presencia en el Altiplano debería darse por descontada, sin embargo, no ha sido nunca descrita avalada por datos confiables. Recientemente se ha descubierto un depósito de especiales características en el sector de Pampa Colorada, unos 40 km al NNE de Arica, área del Paradero San Martín del F.C. Arica - La Paz. Consiste en un material homogéneo de granulometría de arena y con estructuras de depositación eólica (una paleoduna?). Este material ha sido sometido a test químicos y físicos de perlitas y los resultados estarían confirmando que se trata de este tipo de vidrio.

Pómez y Cenizas: Estos dos materiales, de origen exclusivamente volcánico, se encuentran ampliamente repartidos a lo largo y ancho del Altiplano Chileno, asociados al volcanismo actual y al del Terciario Superior. Sin embargo, esta distribución es errática y no existen antecedentes confiables o sistemáticos de exploración y/o prospección, que permitan establecer la calidad y cantidad de estos depósitos.

Piedras ornamentales y dimensionadas: La acción combinada de actividad volcánica y sedimentación lacustre determina la formación de diversas rocas que pueden usarse o ya han sido empleadas como dimensionadas y/u ornamentales. Las más conocidas son las tobas riolíticas usadas como material de construcción y recubrimientos, especialmente en la Segunda Región de Antofagasta (Toconao). Estas rocas se obtienen de las secuencias volcánicas del Terciario Superior. En este mismo esquema deben mencionarse las variedades de rocas carbonatadas bandeadas generadas en vertientes termales y conocidas como "travertinos". Un caso muy especial son las rocas sedimentarias químicas de origen lacustre constituidas por grandes cristales de aragonita y con muy vistosos colores anaranjados y amarillos en distintos tonos.

Las tobas riolíticas, usadas como piedras de construcción, se encuentran prácticamente en todo el Altiplano aunque con distintas calidades. Los travertinos son de distribución dispersa y esporádica y algunos depósitos interesantes se encuentran al este del Salar de Punta Negra, en la Segunda Región. Los depósitos de aragonita han sido descritos exclusivamente en la zona de Pinchal, en la Segunda Región de Antofagasta.

Sílice: En diversas zonas de alteración hidrotermal y yacimientos metálicos del Altiplano, la silicificación puede ser un proceso principal afectando, en muchos casos en forma perversiva, a las distintas rocas. Algunas de éstas pueden ser consideradas como fuentes de sílice, la que también se encuentra en variedades opalinas y calcedónicas asociada a sedimentitas lacustres. El potencial minero de este recurso es muy poco atractivo en el estado actual de su conocimiento.

PROYECCION MINERO - ECONOMICA DE LOS RECURSOS NO METALICOS DEL ALTIPLANO CHILENO

En los últimos veinte años en que se viene hablando en Chile del "despegue" de los No Metálicos, se han obtenido logros importantes. Muchos de ellos obedecen a circunstancias o a iniciativas aisladas más bien que a resultados de una política sistemática, aunque se hacen significativos esfuerzos para definirla y establecerla. En este aspecto, la zona altiplánica chilena juega un rol de fundamental importancia por la variedad, cantidad y calidad de sus reservas.

Como antecedentes para elaborar una política de esta naturaleza, se deben tener en cuenta debilidades y fortalezas de una minería de este tipo y en una región de tan especiales características.

Como debilidades se debe considerar el desconocimiento que se tiene de los distintos tipos de yacimientos y depósitos; la naturaleza propia de los No Metálicos cuyas especificaciones son muy exigentes y variadas, sumando la dificultad de su escaso valor agregado en la mayoría de los casos; la desventajosa ubicación unida a las dificultades operativas en altura y de accesos; falta de estudios sistemáticos de mercado tanto doméstico como regional e internacional y, en casos, el impacto ambiental.

En el caso de las fortalezas se deben tomar en cuenta la calidad, variedad y volumen de las reservas; la gran cantidad de usos y consecuente demanda, la posibilidad de poder establecer industrias mineras sobre la base de generar productos combinados usando otros No Metálicos de amplia distribución en el norte de Chile, e incluso en países limítrofes; la ubicación de los potenciales centros de producción que se ubican en un interesante radio de mercado regional sudamericano y las demandas que tendrán los grandes centros mineros que se están poniendo en marcha actualmente.

REFERENCIAS

Bates, R.L. y Jackson, J.A. (Editors) 1987. Glossary of Geology. Tercera Edición. Impreso por Thompson - Shore Inc., 778 p.

Chong Díaz, G., 1984. Die Salare in Nordchile - Geologie, Struktur und Geochemie. Geotektonische Forschungen 67,I-II: 1 - 146.

Chong Díaz, G., 1988. The Cenozoic saline deposits of the Chilean Andes between 18° 00' and 27° 00' South Latitude. Springer Verlag, Lecture Notes in Earth Sciences 17: 87 - 102.

INTEC-CORFO, 1989. Diagnóstico de la Minería No Metálica de Chile. Santiago, 1191 p.

Lefond, S. (Editor), 1983. Industrial Minerals and Rocks. Baltimore: Port City Press: 1446 p.

Ruíz, C., Aguirre, L., Corvalán, J., Klohn, C., Klohn, E. y Levi, B., 1965. Geología y Yacimientos Metalíferos de Chile. Santiago, Instituto de Investigaciones Geológicas, 305 p.

Salas, R., Kast, R., Montecinos, F. y Salas, R., 1966. Geología y Recursos Minerales del Departamento de Arica. Chile. Inst. Invest. Geológicas, Bol. 21: 1 - 114.

U.S. Geological Survey y Servicio Geológico de Bolivia, 1992. Geology and Mineral Resources of the Altiplano and Cordillera Occidental. Bolivia. U.S. Geological Survey Bulletin 1975: 1 - 362.