

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS
CARRERA DE ECONOMÍA**



TESIS DE GRADO

**REACTIVACIÓN ECONÓMICA DEL DEPARTAMENTO DE POTOSÍ
EN BASE AL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS EVAPORÍTICOS
DEL SALAR DE UYUNI**

POSTULANTE: ELIANA THELMA ALEJANDRO FLORES

**TUTOR: Lic. MÁX PEREZ MENDIETA
La Paz – Bolivia**

2008

CAPITULO I**MARCO METODOLÓGICO****1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA****1.1.1 Identificación Del Problema**

La caída de los precios de los principales minerales que exporta Bolivia a mediados de la década del ochenta hizo evidente la profunda crisis que origino el modelo estatal proteccionista vigente en el país.

A comienzos de la década de los ochenta la industria minera tenía una tasa de crecimiento negativa, originada por el bajo nivel de inversión industrial, creciente rezago tecnológico y de uso intensivo de mano de obra, limitado acceso al financiamiento, insuficiente capacidad empresarial y, en general baja competitividad que fue en gran medida encubierta por un periodo de altos precios de minerales y metales en el mercado internacional.

Dentro éste modelo proteccionista de Estado, el régimen de la propiedad minera respondía al objetivo fundamental de garantizar el acceso de la empresa estatal a los recursos mineros a fin de que pudiera cumplir sin limitaciones su rol de principal fuente de producción. Así, antes de 1986, la empresa estatal COMIBOL accedió de manera expedita a extensas áreas mineralizadas, casi el 70% estuvo sujeto al régimen de reserva fiscal, donde no se podían constituir derechos mineros privados bajo el código de minería entonces vigente. No obstante, el modelo de desarrollo albergaba en sí profundas contradicciones, por una parte COMIBOL se constituyó en un productor de alto costo debido a que absorbió altos niveles de empleo, al margen de la productividad, crecientes cargas sociales y concentró su esfuerzo tecnológico en incrementar sus niveles de recuperación desarrollando tecnologías caras como la flotación de casiterita o la volatilización.

En su fase más crítica la empresa minera estatal generó millonarios déficit que fueron una de las principales causas de los fuertes desequilibrios macroeconómicos que derivaron en el agudo proceso hiperinflacionario que soportó el país en la década del ochenta.

De ésta forma la caída de los precios internacionales origino una sustancial declinación, la reducción del valor de las exportaciones provocó una drástica caída en las recaudaciones por tributos mineros, de esta forma la minería fue perdiendo legitimidad en las regiones productoras de minerales, así empezó a cobrar vigencia la percepción de que ésta actividad solo dejaba secuelas de pobreza y contaminación.

Ante ésta situación se adopta en 1986, una política gradual de ajuste estructural dirigida a enfrentar los efectos negativos mas evidentes de la crisis minera, en esta coyuntura se considero que COMIBOL aún podía desempeñar un rol productivo, a condición de que procediese a reestructurarse para mejorar su competitividad e incorporar inversiones, diseñándose así el proyecto de rehabilitación del sector minero. Consiguientemente frente a la constatación del agotamiento e inviabilidad del modelo estatal proteccionista se planteó la necesidad de reformar estructuralmente el sector minero, se estableció un nuevo marco jurídico e institucional que promueva la atracción de inversiones, tecnología y capacidad

empresarial dentro de la economía de libre mercado. Los objetivos fundamentales de la reforma son:

- Eliminar la función productiva del Estado
- Establecer un nuevo marco jurídico e institucional sectorial a fin de promover la participación privada.

La reestructuración de COMIBOL significó la conversión de una empresa crónicamente deficitaria en otra encargada exclusivamente de administrar una cartera de contratos de riesgo compartido, arrendamiento y otros con el sector privado¹.

Por otra parte la minería es una actividad que tiene un alto grado de dependencia hacia factores externos, tales como los precios de mercado internacionales, los stocks y la venta de reservas, otro factor es que los precios de los insumos importados y la tecnología se hallan en ascenso, los precios de los productos básicos como los minerales permanecen constantes, lo que determina un intercambio desigual.

El panorama de la minería desde entonces es crítico, se suma a ello el poco o ningún interés por parte de las autoridades por investigar y profundizar otros recursos en minería como el de los minerales no metálicos.

Si bien, la parte Occidental de nuestro país se caracteriza por ser rica en recursos minerales metálicos y no metálicos, la política estatal intensiva en mano de obra, orientada a la exploración, explotación y comercialización de minerales metálicos sin incorporar a estos un valor agregado (característica de la minería tradicional) ha determinado que la participación económica de este sector en el Producto Interno Bruto y el aporte al TGN dependan netamente del comportamiento de los precios internacionales de los minerales exportados (estaño, zinc, etc.). Concernientemente, el sector minero tiende a convertirse en un rubro económico sin alternativas económicas que posibiliten incrementar el flujo de divisas hacia nuestro país y así poder generar la reactivación minera. En este sentido, como consecuencia de la saturación de los yacimientos minerales, la producción mineral es intensiva en la explotación de minerales metálicos de baja ley abundantes en vetas filonianas.

Este hecho, no permite orientar la política de producción hacia otros productos no metálicos como se indicó, la ulexita, materia prima para la producción de Ácido Bórico, cuya oferta no crece en la proporción de su demanda. Asimismo la poca diversificación de la exploración y explotación de nuestros yacimientos minerales no metálicos, particularmente el no interés del estado boliviano en el mineral no metálico ulexita, litio, etc., cuya reserva en el Salar de Uyuni es la más grande del mundo, provocan que éstos recursos, en el caso solo de la ulexita, sea explotado por otros países en desmedro de la economía regional del Departamento de Potosí. Por lo que podemos sintetizar de la siguiente forma, para poder realizar la formulación del problema:

- El propósito es demostrar que los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni, representa la respuesta económica de reactivación y crecimiento, a la crisis por la que atraviesa el departamento de Potosí.

¹ Fundación MEDMIN, descripción de la situación económica de la minería en Bolivia, 2000

- El medio para lograrlo debe ser a través del aprovechamiento integral de dichos recursos, mediante la producción de los principales minerales como el litio, boro magnesio y potasio, siendo en el caso del litio un recurso natural renovable de grandes propiedades.

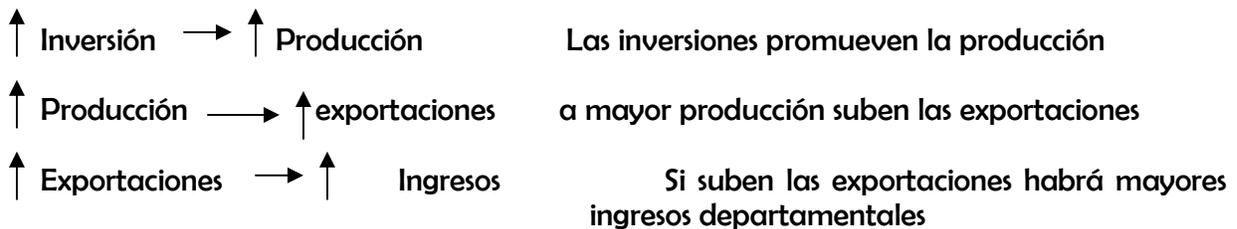
1.1.2 Formulación Del Problema

Con todo lo indicado, el problema objeto de estudio de investigación de la tesis se plantea:

¿Cuáles son los mecanismos pertinentes para el desarrollo productivo del Salar de Uyuni vinculados a la explotación de los recursos evaporíticos, en la perspectiva de coadyuvar en la reactivación económica de la región y por ende del departamento de Potosí ?

1.2 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis en la presente investigación, está formulada como una relación de tipo causal, considerando de esta forma las siguientes premisas económicas:



Como solucionar el problema? De acuerdo a las premisas, se plantea las siguientes hipótesis:

H₀: Con una política minero metalúrgica que logre canalizar recursos hacia la inversión, ó atracción de la inversión extranjera con dirección a la explotación y desarrollo de los recursos del Salar de Uyuni que según estudios realizados constituye la reserva geológica mas grande del mundo en particular del litio que por sus grandes cualidades, usos, aplicaciones y expectativas es una alternativa de fuente energética ecológica, (combustible nuclear, que no produce desechos radioactivos), con alto valor de mercado, puede ser la mejor respuesta económica a las pretensiones de reactivación de la economía minera de Potosí, coadyuvando al incremento en las exportaciones tradicionales, generando empleo e ingresos para el departamento.

H₁: La característica singular del Salar de Uyuni, fundamentalmente por la presencia de reservas de litio, boro, potasio y magnesio en el mundo, representa la solución a la aguda crisis económica por la que atraviesa el departamento de Potosí, mediante un sistema de Joint Venture entre COMIBOL en representación del Estado y cualquier transnacional decidida a invertir en la explotación, exportación y comercialización de dichos recursos, que por sus utilidades y cualidades son promisorios para un futuro.

1.2.1 Elección De Una Hipótesis

La hipótesis elegida es la H₀, puesto que, como el objetivo principal es la demostración que en la explotación de los recursos del Salar, está la solución a la reactivación de la minería tanto departamental, como nacional.

Por tanto operacionalizando las variables de la hipótesis, se puede definir como una relación causa-efecto entre una variable dependiente y varias variables independientes:

Variable dependiente:

Y_t : Generación de recursos para el Dpto. de Potosí (**GER Pt**)

Variables Independientes:

X_{1t} : Inversiones en la minería departamental (**Inv en min, IEM**)

X_{2t} = Producción de Ulexita del Salar de Uyuni (**Prod. Ulex. Salar Uyuni**)

X_{3t} : Volumen de producción principales minerales (**Vol prod principmin, VPM**)

X_{4t} : Exportaciones mineras (**Exp mineras, EM**)

GER Pt. = f (Inv en min, Prod. Ulex. Salar Uyuni, Vol prod principmin, Exp min.)

$$Y_t = f(X_{1t}, X_{2t}, X_{3t}, X_{4t})$$

Variables complementarias: Desarrollo de minerales no metálicos (**Des no met**)

Reservas existentes (**Res exist**)

Dt: Variable dicotómica

Ut: Variable aleatoria de perturbación

Donde la función de regresión poblacional es:

$$Y_t = B_0 + B_1 X_{1t} + B_2 X_{2t} + B_3 X_{3t} + B_4 X_{4t} + U_t$$

$$B_1 > 0, B_2 > 0, B_3 > 0, B_4 > 0$$

La función de regresión estimada será:

$$\hat{Y}_t = \hat{B}_0 + \hat{B}_1 X_{1t} + \hat{B}_2 X_{2t} + \hat{B}_3 X_{3t} + \hat{B}_4 X_{4t} + U_t$$

Adecuando las variables:

$$GERP_t = B_0 + B_1 IEM_t + B_2 PUSU_t + B_3 VPM_t + B_4 EM_t + U_t$$

1.3 DELIMITACIÓN

1.3.1 Delimitación del contenido

Área General: Sector Real de la Economía

Área Específica: Economía minera del Departamento de Potosí

Área Particular: Recursos evaporíticos del Salar de Uyuni

1.3.2 Delimitación temporo-espacial

El estudio, se delimitará en la evaluación del impacto de la inversión en la minería tradicional departamental en primera instancia, para luego hacer una comparación de lo que representaría la producción y explotación de la minería no tradicional de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni, en particular, en variables macroeconómicas como los ingresos departamentales, se toma como base información desde la gestión 1990 a 2005 del comportamiento de la minería en el departamento de Potosí.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo; Generales;

- Demostrar que la implantación de una política minero metalúrgica de Inversión orientada a la producción e industrialización del Salar de Uyuni, tendrá un impacto económico positivo en variables macroeconómicas: empleo e ingresos en la región sur oeste del departamento de Potosí, impulsando la actividad económica integral de dicha región.
- Impulsar con la investigación para que sirva de base para el logro de tecnologías aplicables y acordes con los recursos y su orden de prioridades, de esta forma obtener una racional y optima utilización de los recursos naturales, humanos y de capital.
- Demostrar con la elaboración de un modelo econométrico, que la producción minera del departamento de Potosí es fundamental para lograr la Reactivación Económica reflejada a través de la Generación de Recursos para el departamento, mediante Impuestos y Regalías Mineras.

1.4.2 Objetivo; Específicos;

- Cuantificar las reservas existentes en el Salar y en el resto del mundo, así como su participación en el mercado mundial.
- Cuantificar la oferta y demanda de los recursos del Salar, nacional y mundial.
- Determinar la demanda mundial insatisfecha.
- Analizar precios internacionales de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni
- Generación de empleo a todo nivel, básicamente la mano de obra no calificada, incentivando programas de capacitación y formación que posibiliten el logro de las metas programadas.
- Determinar la importancia nacional y estratégica de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni.
- Determinar la importancia económica de la producción e industrialización del Salar de Uyuni y sus alcances futuros.
- Investigar cuánta inversión se requiere para iniciar la tarea de explotación, industrialización y comercialización del Salar.
- Analizar los ingresos que generaría dicha explotación
- Plantear las tecnologías aplicables para la obtención del beneficio de litio, boro, potasio y magnesio.

- Determinar el monto de inversión requerido para la producción de ácido bórico a partir de la explotación de la ulexita.
- Determinar el impacto económico en los subsectores relacionados con la producción de ácido bórico.
- Promover al mas breve plazo el desarrollo regional con la instalación de la Industria Química Básica para el aprovechamiento INTEGRAL de los yacimientos del Salar de Uyuni
- Apoyo con los resultados de la tesis, para la decisión de elaboración de una política minera estatal y plan de reactivación del sector minero cuyo objetivo es el de lograr la reactivación económica y productiva, aprovechando la coyuntura favorable de precios de minerales en el mercado internacional.
- Empezar el desarrollo industrial de la ulexita, el litio, entre otros, orientado a la posibilidad de obtener ventajas comparativas en la generación de ingresos frescos, para su reinversión en el ámbito nacional; lo cual deberá impulsar el principio de fortalecimiento sucesivo de todos los complejos industriales que resulten técnica y económicamente viables.
- Dar una respuesta a la nacionalidad de que Bolivia sigue siendo país minero.

1.5 METODOLOGÍA

1.5.1 Tipo de Investigación

La investigación, delimita los hechos que conforman el problema de la investigación, debido a la experiencia potosina que plantea una necesaria reflexión en torno a las materias primas y la carencia de políticas de Estado respecto a su explotación. Recurso manido a este respecto es el señalar que el país, dada su proverbial pobreza y su aguda crisis económica, no está en condiciones de encarar por sí solo inversiones para la explotación e industrialización de las materias primas, lo que, por lo menos en anteriores gobiernos, fue el argumento para dar paso a contratos y concesiones no siempre transparentes y en su mayoría poco beneficiosos para el desarrollo de la región, las características demográficas, formas de conducta y actitudes de todo lo concerniente al universo de la investigación, establece comportamientos concretos del departamento de Potosí y sus autoridades, frente a sus necesidades. De esta forma, el estudio será *descriptivo* para identificar dichas características, formas de conducta y actitudes, estableciendo comportamientos concretos, para descubrir y comprobar la asociación entre las variables de la investigación, es decir: Generación de empleo y recursos para el departamento de Potosí (GER Pt), en función a la inversión necesaria y suficiente empleada en la minería actual, (Inv en min), que genere mayores Volúmenes de Productividad de Minerales (Vol prodmin, VPM), promoviendo de esta forma las exportaciones mineras (Exp mineras), así mismo el aporte del único recurso que se produce en el Salar de Uyuni como es el de la ulexita (PUSU).

$$GER Pt = f (Inv en min, Vol prod principmineral, Exp mineras, Prod. Ulex.S.U.)$$

$$Y_t = f(X_{1t}, X_{2t}, X_{3t}, X_{4t})$$

El desarrollo de los evaporíticos o minerales no metálicos (Des nomet) (variables complementarias), dependerá inevitablemente de las reservas, que de acuerdo a los

estudios de la Recherche Orstom de Francia cuenta con ingentes cantidades de reservas de dichos minerales evaporíticos en el salar (Res exist). Es decir, a nuevas y mejores inversiones en la minería de los no metálicos, mejores son las posibilidades de explotación y desarrollo de los recursos evaporíticos en el Salar de Uyuni, con la consiguiente generación de empleo y riqueza regional y nacional.

1.5.2 Método de la Investigación:

El método de la investigación es el de *Análisis y Síntesis*, cuyo proceso de conocimiento permitirá profundizar la realidad de la crisis del departamento de Potosí, debido a la depresión de la productividad minera y el estudio del impacto de la minería en la economía del Departamento, estableciendo las relaciones causa – efecto entre los elementos que impiden una oportuna y racional explotación de los recursos existentes en el Salar de Uyuni, impidiendo de esta forma la generación de recursos para el departamento de Potosí y para el país, empleo directo, etc. (análisis), así como una necesidad imperante de retomar el papel de las inversiones en este sector real de la economía, cuyo punto compone el objeto de la investigación, a partir de la interrelación de éstos elementos con el conjunto en la función que desempeña cada uno de ellos con referencia al problema de la investigación, esto es la síntesis, entonces el análisis y síntesis son procesos que se complementan en uno en el cual el análisis debe seguir a la síntesis.

En las fuentes de la información se utiliza la *observación no participante*, es decir obtener información directa del aspecto técnico de la producción, los alcances, límites y costos de operación de la implementación de plantas de procesamiento e industrialización de los recursos del Salar de Uyuni, o el análisis de una inversión extranjera mediante licitación internacional, así mismo la entrevista con el Sr. Grover Alejandro Gutiérrez (experto en análisis de políticas mineras), actual miembro de Directorio y Vicepresidente de Corporación Minera de Bolivia, quién dio mejores luces referente al papel que desempeña dicha entidad y la factibilidad positiva a la ejecución de ésta tesis para que sea un aporte real a la reactivación de la economía minera, así como un análisis profundo desde su punto de vista político – económico de la incidencia de los minerales no metálicos y recursos del salar.

CAPÍTULO II**MARCO TEÓRICO****2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SALAR DE UYUNI:**

La región sur del Departamento de Potosí, se constituye en una zona de singular interés tanto desde el punto de vista paisajístico como ecológico, para quienes desean disfrutar de la naturaleza manifestada en formas bastante peculiares, algunas de ellas únicas en su género. La ruta más empleada parte de la ciudad de Uyuni (3.665 m.s.n.m.), ubicada en el centro del Departamento de Potosí y se dirige hacia el Salar del mismo nombre en dirección noreste hasta llegar a Colchani, población dedicada a la explotación artesanal de la sal; desde este lugar se empieza a sentir la imponente presencia del desierto de sal más grande del mundo. El Salar de Uyuni tiene una superficie de aproximadamente 10.500 km², es decir un tercio de la superficie de Bélgica, diez veces la superficie de Hong Kong o una quinta parte más grande que la isla de Puerto Rico. Continúa hasta llegar a las cercanías del puesto militar de Colcha-K con destino a la población de San Juan, luego se sigue al punto de ingreso de la Reserva Nacional de Fauna Andina "Eduardo Avaroa".²

Está conformado por aproximadamente 11 capas con espesores que varían entre los 2 y 10 metros, la costra que se encuentra en la superficie tiene un espesor de 10 metros, se estima que la cantidad de sal (NaCl) que existe en el salar es de 64 mil millones de toneladas. Adicionalmente el Salar se constituye en una de las mayores reservas de Litio y cuenta con importantes cantidades de potasio, boro y magnesio.

2.1.1 Antecedentes Legales Sobre El Salar De Uyuni

Un análisis de las disposiciones legales concernientes al Salar de Uyuni, establece que el Estado Boliviano es propietario absoluto de los recursos del Salar de acuerdo al Artículo 136 de la Constitución Política del Estado, los artículos 1º y 6º del Código de Minería, el artículo 3º de la Ley de Reforma Agraria y el Artículo 111 del Código civil.³

A su vez, el salar es una Reserva Fiscal de acuerdo al Decreto ley N° 7148 del 7 de mayo de 1965. El Artículo 3º de éste decreto establece: "no se podrá hacer concesiones en el gran Salar de Uyuni, donde solo se permitirá la explotación en pequeña escala, de acuerdo al uso y costumbres del lugar".

El DS. 09240 y 11614 cubren porciones del Salar de Uyuni dentro de sus áreas declaradas Reservas Fiscales para la exploración que fue ejecutada por el Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL). Estos dos decretos no están específicamente dirigidos a la exploración del salar.

En noviembre de 1974, la Corporación de las Fuerzas Armadas para el Desarrollo Nacional (COFADENA), la Caja de Pensiones Militares, hoy la Corporación de Seguro Social Militar (COSSMIL), EL Comité de Desarrollo y Obras Publicas de Potosí, hoy la Corporación de Desarrollo de Potosí, la Corporación de Desarrollo de Oruro, y las cooperativas que explotan sal del salar agrupadas en la Federación Especial de Cooperativas Saleros Industriales del

² La Razón miércoles 30/03/2005

³ Fundemos: Fundación para la capacitación democrática. Proyecto del Salar de Uyuni, marzo de 1984.

Sur, conocido por lo general como la Central Regional de Cooperativas Industriales del Sur (CRECIS), suscribieron un convenio de Asociación, aprobado por Resolución Suprema N° 174395 para efectuar la planificación, estudios, Ejecución y financiamiento de proyectos relativos a la explotación industrial de los minerales no metálicos en el sur oeste del país.

En diciembre de 1975, se constituyó la Sociedad Mixta Química Básica Boliviana (QUIMBABOL), S.A.M., en base al Convenio de Asociación anterior, desarrollando sus actividades en el sur-oeste del territorio nacional bajo el amparo del DS. N° 13361 del 13 de febrero de 1976 y Resolución Suprema N° 181135 del 29 de junio 1976.

Por lo tanto, QUIMBABOL estaría legalmente organizada y autorizada para realizar labores, estudios y convenios para la exploración y explotación del Salar de Uyuni. Sin embargo, la capacidad tecno-administrativa de QUIMBABOL es deficiente y limitada.

La legislación minera vigente necesita de una revisión profunda en lo referente a sus disposiciones sobre minerales no metálicos, reformulando categorías y reglamentaciones específicas.

El sistema impositivo minero e industrial, no contempla disposiciones legales sobre el pago de regalías e impuestos por parte de los productores de sales no metálicas. No existiendo una ley sobre contratos de operaciones mixtas entre el Estado y otros, el contrato que se firmara se constituiría por sí en su propia ley.

Luego se creó la Ley # 719 promulgada por el presidente Hernán Siles Suazo el 15 de febrero de 1985 que establece que el Estado boliviano sólo podrá conceder el derecho a explotar los recursos evaporíticos del salar de Uyuni mediante licitación pública internacional. Se crea el Complejo Industrial de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni (CIRESU), que declara en su artículo 1º como “necesidad nacional la exploración, explotación, beneficio y comercialización de los recursos minerales metálicos y no metálicos, yacientes en la Cuenca Evaporítica del Salar de Uyuni.

Posteriormente las normativas legales como El Código de Minería y el D. S. # 21260 del 16 de mayo de 1986 establecía reserva fiscal de 2.3 millones de hectáreas. Actualmente y mediante Ley # 1854 del 31 de marzo de 1998 se llega a recortar esas reservas a solo 1.3 millones de hectáreas, es decir se reduce a solo la costra salina.

Finalmente el poder Ejecutivo aprobó la Ley 2564 de 9 de diciembre del 2003 declarando⁴:

1. Reserva Fiscal a la cuenca Evaporítica del Salar de Uyuni dentro del perímetro de una poligonal circundante que ocupa un área de 2,190,500 hectáreas, abrogando de ésta forma la Ley N° 1854 de 8 de abril de 1998 y el DS. 26574 de 3 de abril de 2002 que disponía un área de menos de un millón de hectáreas.
2. Se establece un nuevo perímetro para la Reserva Fiscal, sin afectar las concesiones comprendidas en el proyecto “San Cristóbal”.
3. Se instruyen al Poder Ejecutivo auditorías de diversa índole.

⁴ Antecedentes Legales del Salar de Uyuni, Informe de CIRESU al Ministerio de Minería y Metalurgia, 2006

4. Plantea diseño y ejecución de estrategias a cargo del Poder Ejecutivo, para el aprovechamiento de no metálicos en el Salar de Uyuni, de conformidad a la ley 719 (CIRESU).

Decreto Supremo N° 27326 de 27 de enero de 2004, que reglamenta el artículo 3º de la Ley N° 2564 relacionado a realización de las “auditorías técnica, jurídico legal, económica financiera, tributario, legislación sociolaboral, preservación ecológica y medioambiental”.

DS. N° 27590 de 23 de junio de 2004, prohíbe la exportación de no metálicos.

DS. N° 27589 de 23 de junio de 2004, dispone la revocatoria de la resolución constitutiva y la pérdida de concesiones mineras consignadas a favor de Non Metallic (inconstitucional).

DS. N° 28527 de 16 de diciembre de 2005 que abroga el DS. N° 27589 de 23 de junio de 2004, por no adecuarse al marco legal vigente.

2.1.2 Diagnostico Del Salar De Uyuni

Según los estudios realizados por el USGS, Servicio Geológico de los Estados Unidos junto con su similar de Bolivia, mediante servicios de ultramar, realizaron perforaciones identificando 3 capas de salmueras, donde están diluidos minerales no metálicos, descubrieron importantes concentraciones de litio, potasio, sodio y boro, metálicos alcalinos del grupo I de monovalentes, y también del grupo II térreos como el magnesio y calcio, los estudios calcularon un volumen de 9.5 millones de Ton. de litio, 110 millones de TM. de potasio y 3.2 millones de TM. de boro, disueltas en las salmueras, lo que dio lugar (en el caso del litio), a que el Estado en 1989 cumpliendo la ley, llamo a licitación internacional, adjudicándose la LITHCO, corporación que controla la producción y comercialización de litio en el mundo, el problema en nuestro país es que no existen los recursos suficientes para una investigación técnica mas profunda, asociado al acceso a los mercados internacionales.

Desde el punto de vista económico, se perdió el costo de oportunidad, la posibilidad de explorar y exportar el litio del Salar de Uyuni, el proyecto implicaba una inversión de \$100 millones, un ingreso anual para el país de \$43 millones, de los cuales \$24 millones de dólares eran para el departamento de Potosí.

Fueron los mismos actores políticos, que pusieron los obstáculos. El MNR que inició el proceso de que el Estado boliviano se asociara con la Lithco, la más grande de dos firmas que dominan en el mundo la tecnología del uso del litio⁵.

Primero el gobierno retrocedió ante exigencias de que se licite el proyecto. Ganó la Lithco, pero entre febrero -cuando se firmó el contrato de riesgo compartido- y mayo de 1992, la oposición política empezó una discusión bizantina en el Parlamento, luego en las calles con la COB, los mineros y los campesinos.

Todo por que existía la posibilidad de que en el Salar de Uyuni había 20 gramos de oro en cada metro cúbico de sal, razón por la cual no debíamos ser socios de la Lithco. Otro punto

⁵ Nueva Universidad, El Litio

fue el aumento de 3% en el IVA, exigido a una transnacional que ya había firmado contrato y a la que sin obtener un dólar de ganancia le pedían un incremento. La Lithco se fue a la Argentina, donde ni siquiera tuvo que ir por la vía de un joint venture, sino que le dieron una concesión pura y simple.

Es así que la presión de la huelga y la amenaza de un paro cívico lograron arrancar al gobierno la satisfacción de sus demandas. La movilización emprendida por el Comité Cívico de Potosí anuló las concesiones otorgadas a empresas, de capital chileno, que explotan minerales no metálicos en el Salar de Uyuni. Sin embargo, a diferencia de otras movilizaciones y amenazas, ésta obligó al gobierno a simplemente cumplir la ley. Sin embargo, las empresas Non Metallic y Copla obtuvieron concesiones para explotar ulexita, boro y otros minerales en el Salar de Uyuni sin contar con las auditorias ambientales —y sus respectivas licencias— previstas en la ley; además, el resultado de este trabajo es exportado directamente a Chile sin generar valor agregado en territorio nacional, pese a que la inversión en tecnología para este efecto es menos costosa que en otras áreas.

Actualmente las empresas explotadoras de materias primas que posee el salar de Uyuni en el departamento de Potosí, Bolivia, han dirigido sus miradas de codicia y ambición sobre los recursos no metálicos que encierran las entrañas de ese yacimiento salífero, el más grande en América Latina, el yacimiento, esta siendo explotado por firmas chilenas, cuyos propietarios en sociedad con personalidades políticas y financieras nacionales, han burlado de alguna manera, las disposiciones del Código de Minería y el D. S. # 21260 del 16 de mayo de 1986 que establecía reserva fiscal de 2.3 millones de hectáreas. Actualmente y mediante Ley # 1854 del 31 de marzo de 1998 se llega a recortar esas reservas a solo 1.3 millones de hectáreas. La pregunta salta inmediatamente ¿quien o quienes se beneficiaron con esa diferencia sustraída de la ley anterior? y ¿Cómo es posible que el Honorable Congreso Nacional no se haya dado cuenta de semejante atentado a los recursos evaporíticos en particular de la ulexita, el litio y otros?. Pero, anteriormente a esas dos normativas legales, existe la Ley # 719 promulgada por el presidente Hernán Siles Suazo el 15 de febrero de 1985 que establece que el Estado boliviano sólo podrá conceder el derecho a explotar los recursos evaporíticos del salar de Uyuni mediante licitación pública internacional, que no se cumplió en ningún caso, el ex senador Gonzalo Valda Cárdenas, en sociedad con David Moscoso de la empresa Non Metallic Minerals S.A. y otros socios de las empresas Quiborax y Soquimich de Chile, procedieron a solicitar adjudicaciones de esas reservas en la Superintendencia de Minas de la ciudad de Tupiza, sin que el titular de esa oficina tenga la validez legal para otorgar las concesiones solicitadas⁶.

El departamento de Potosí, mediante su Comité Cívico de Potosí (COMCIPO) ha iniciado una serie de actividades a fin de evitar que empresas extranjeras asentadas en esa área mineralizada continúen con la explotación de los recursos minerales que, como es del dominio público, fue declarado reserva fiscal. Los dirigentes cívicos presentaron la documentación pertinente en la que se establece que se cometieron trámites irregulares en el acceso a las concesiones mineras y, por tanto, la entrega de las licencias es nula de pleno derecho.

”Y aunque la estrategia del Comité Cívico de Potosí y su posterior resistencia a levantar las medidas de presión mientras no se “evidencie” la suspensión de trabajos de las empresas

⁶ Sergio Almaráz

cuestionadas han motivado no pocas sospechas sobre sus verdaderos objetivos, queda claro que una vez más se abre la posibilidad de plantear políticas coherentes para el aprovechamiento de los recursos naturales, que de todos modos deben servir para el desarrollo económico del país”.⁷

Este suceso plantea, una necesaria reflexión en torno a las materias primas y la carencia de políticas de Estado respecto a su explotación, el país, dada su proverbial pobreza y su aguda crisis económica, no está en condiciones de encarar por sí solo inversiones para la explotación e industrialización de las materias primas, esto, por lo menos en anteriores gobiernos, fue el argumento para dar paso a contratos y concesiones no siempre transparentes y en su mayoría poco beneficiosos para el desarrollo de la región.

Por otra parte, los grandes salares del altiplano, están listos para producir los yacimientos de evaporíticos, en el caso de la ulexita cuyas reservas probables alcanzan a 12 Millones de Toneladas en el Delta del Río Grande en un área de 55 Km cuadrados (boro nato calcita) con gran demanda en Brasil, Venezuela, Cuba, Estados Unidos, Europa y Japón; materia prima para detergentes y artículos de limpieza de uso personal (jabón, dentífricos, cremas, etc.) y para la limpieza de toda actividad industrial (soldaduras, vidrios, pintura, etc.).

El litio, es el metal mas liviano del universo, se encuentra compuesto por tres protones (elementos de peso) y tres electrones (elementos de energía). Por tener un solo electrón en la última capa es ideal para combinarse con otros elementos, de ahí que surgen las interesantes características de este metal.

Los usos actuales del litio son: en la industria del aluminio y en la fabricación de cerámicas, vidrios y grasas industriales que representan aproximadamente el 85% del consumo mundial, el restante 15% corresponde a compuestos químicos de litio, sistemas de aire acondicionado, caucho sintético, pilas, aleaciones y otros. Este alcalino generador de energía por fusión promete grandes ventajas, pues no producirá desechos radioactivos, genera también grandes cantidades de energía eléctrica, presentándose así como una buena opción para reemplazar a otras energías convencionales contaminantes. El litio no se vende ni se compra como metal puro sino que debe estar combinado con otro elemento químico en este caso el carbonato de litio que se cotiza en 5.92 \$us la libra. Existe una gran demanda de litio por su poder energético, sin embargo la demanda esta satisfecha por dos empresas que controlan la oferta y demanda, son la LITHCO y la FOOTE, quienes equilibran su producción, pero no todo esta perdido, tenemos una gran ventaja comparativa en cuanto a su explotación, cualitativamente la competitividad de los productores resulta muy distinta. Aún para posibles cupos de producción saturados, está un juego quienes elaboran el producto a más bajo costo.

Actualmente el Gobierno trabaja en un proyecto más grande. En principio ya se reactivó lo que fue el CIRESU⁸ y se dividió en dos comisiones que están buscando la forma de retomar el plan de explotación del Salar como una medida urgente para ayudar a salir de la pobreza a Potosí.

⁷ La Prensa 25 junio de 2004

⁸CIRESU es la instancia creada por ley en 1986, encargada de organizar y supervisar una explotación racional del Salar de Uyuni.

2.2 ANÁLISIS GENERAL DE LOS MINERALES NO METÁLICOS EN NUESTRO PAÍS

Después de la producción del hierro el nivel de aprovechamiento de los minerales no metálicos, constituye un factor muy importante en el progreso de cada país, pues son grandes fuentes productoras y ahorradoras de recursos económicos en general, oportunidad de trabajo, satisfacción de necesidades del ciudadano y fuente de recursos para el fisco. Nuestro país necesita una política intensiva en la producción, para ello precisa de buenos caminos y electricidad hidroeléctrica barata.

Centros de investigaciones, servicios científicos y universidades del país, se han preocupado ampliamente por minas metálicas. Sin embargo, este grado de evaluación está muy lejos de alcanzarse en la minería no metálica. La naturaleza misma de los minerales no metálicos, requiere de investigaciones básicas y aplicadas, principalmente de carácter geológico y tecnológico.⁹

No existe un programa regular de exploración y evaluación de yacimientos no metálicos a nivel nacional e incluso en algunos casos la etapa de exploración de un determinado recurso, no es seguido en forma inmediata en su evaluación, lo cual significa, que aún cuando se ha constatado la ocurrencia del recurso, su importancia económica real queda sin ser confirmada. Casos como éstos pueden citarse varios entre ellos las exploraciones de los salares por recursos de sales potásicas, litio, bórax; depósitos de calizas del altiplano, etc.

Existe un desconocimiento de la tecnología moderna necesaria para el tratamiento y beneficio de los recursos que hay en el país, ya sea para mejorar las prácticas tradicionales o para incorporar nuevas materias primas al sector productivo. Sin embargo, es necesario conocer las materias primas que tenemos y para qué son útiles, al mismo tiempo repudiar el no trabajarlas y el exportarlas a precios irrisorios. Pues los pocos recursos que se obtiene de contratos o arriendos a empresas foráneas es malgastada y nos sume en esfuerzos ínfimos por reactivar la minería estatal.

En síntesis, la experiencia de los bolivianos en no metálicos es casi nula, se ha escrito bastante, se han localizado yacimientos, pero no se ha experimentado en laboratorio y menos trabajado para producirlos. Por tanto hay un gran desinterés económico nacional, comparado con los países vecinos que trabajan no metálicos, incluso extrayéndolos de nuestros propios yacimientos. Para cubrir esta brecha, se debe comenzar a incentivar y/o desarrollar proyectos orientados a la producción de no metálicos, particularmente proyectos estatales que permitan la explotación de la ulexita, componente principal del Bórax cuya oferta mundial no cubre la demanda internacional, así como el litio, y los demás componentes del Salar de Uyuni.

2.3 PENSAMIENTO ECONÓMICO

2.3.1 Teoría Keynesiana de la Inversión

En la Teoría de la Inversión, planteada por Keynes, se denomina inversión a los gastos realizados por los empresarios en fabricas maquinarias y otras formas de bienes de

⁹ Análisis Extraído del Libro. "Minerales No Metálico, RI y G de B" de Salomón Rivas Valenzuela.

producción. La decisión de invertir surge de la expectativa de que tal inversión resultará lucrativa.

El aliciente para la inversión, según Keynes, está determinado por el análisis que realizan los empresarios acerca del beneficio que esperan obtener de la inversión en relación con el tipo de interés que deben pagar por los fondos prestados para tal inversión. El beneficio previsto de la nueva inversión se denomina "eficacia marginal del capital".

La inversión se realizará en tanto que el tipo de rendimiento esperado exceda al tipo de interés. Si el costo de construir un nuevo bien de capital (suponiendo que pagamos una tasa de interés por el préstamo solicitado para adquirirlo) es menor que el precio del mismo bien comprado en el mercado, será lucrativo construir uno nuevo.

El análisis macroeconómico de Keynes señala que, al comprar un determinado bien de capital el inversionista adquiere un flujo de rendimientos esperados en el futuro, el cual refleja el mayor o menor grado de optimismo del inversionista respecto del futuro. Estos rendimientos esperados se comparan con el costo del capital para estimar lo que Keynes denomina "eficiencia marginal del capital".

Si bien en la perspectiva Keynesiana son los ingresos esperados y no el costo del capital el principal determinante de la inversión, en la literatura neoclásica más reciente sobre la función de inversión se ha tendido a enfatizar el costo de usuario del capital en la determinación de la inversión. El énfasis en el costo del capital ofrece un interesante campo de políticas de inversión, particularmente de incentivos tributarios que reducen el costo efectivo del capital para el inversionista. La motivación empresarial obedece, fundamentalmente a las expectativas de los inversionistas sobre el estado futuro de la economía.

En una revisión reciente del modelo neoclásico de inversión, Marfán (1985) examina el efecto que distintos efectos tributarios poseen sobre la inversión. Para un volumen constante de recursos fiscales, los impuestos que aparecen como más efectivos para incentivar la inversión son la depreciación acelerada, el impuesto a las ganancias de capital y el crédito tributario a la inversión.

Desde el punto de vista de los países en desarrollo, caracterizados normalmente por un mayor grado de incertidumbre en la evolución económica y precariedad en la estructura institucional que permite resolver los conflictos económicos y sociales, la función de inversión tiene como propósito subrayar el rol de la motivación de los agentes económicos, y particularmente, la motivación empresarial en el proceso de crecimiento económico.

En este sentido Keynes (1936 p. 139) critica la teoría neoclásica que postula que la inversión se lleva a cabo hasta el punto en que la productividad marginal de capital iguala a la tasa de interés, argumentando que este postulado solo es válido en condiciones estáticas y de perfecta certidumbre¹⁰.

¹⁰ Teoría Keynesiana, 1936 p.139

De esta forma la inversión, también es un importante factor determinante del empleo, en una sociedad caracterizada por una gran desigualdad de la riqueza y la renta, la capacidad económica de la comunidad para consumir es limitada. Los ricos tienen más renta que la que desean consumir, y los pobres tienen tan poca renta que su capacidad de consumo está restringida. Como consecuencia de esta situación hay un exceso potencial de recursos superiores a los necesarios para producir bienes de consumo. Este exceso debe canalizarse, para poder ser utilizado totalmente, a la producción de bienes que no sean de consumo habitual. Esta producción, que excede lo que se consume habitualmente, es lo que Keynes llama inversión. La inversión comprende actividades tales como: construir nuevas fábricas, casas, ferrocarriles, maquinarias; y otros tipos de bienes que no han de ser consumidos con tanta rapidez como se producen.

La distinción entre consumo e inversión es fundamental para Keynes. Su teoría afirma que el empleo depende de la cantidad de inversión, o, lo que es lo mismo, el paro es originado por una insuficiencia de inversión. No sólo obtienen empleo los obreros encargados de la construcción de nuevas fábricas, casas, ferrocarriles, etc.; sino que los obreros, así empleados gastan su dinero en los productos de las fábricas ya construidas, pagan el alquiler de las casas ya construidas, viajan en ferrocarril, etc. En resumen, podemos decir que el empleo en la actividad de inversión ayuda a mantener la demanda de la producción existente de bienes de consumo y servicios.

2.3.4 Importancia de las Innovaciones Tecnológicas de Schumpeter

El análisis de Schumpeter, considera a la tecnología como un factor que está inmerso dentro de la producción, hoy en día, las ventajas comparativas de materia prima y otras propias de nuestro país, no son suficientes para la producción de bienes y servicios. En nuestro análisis referente a la producción de minerales no metálicos en el sur del país y los objetivos propuestos, nos ayuda de forma coherente la posición del empresario Schumpeter, ya que son los empresarios privados nacionales o extranjeros, los que tienen que asumir el rol de inversores para la exploración, explotación y comercialización de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni.

Por lo tanto, el concepto de innovaciones tecnológicas, es adecuado con los objetivos de maximización de la producción, ya que no es solo un concepto o enunciado, es algo más amplio, cuyo único elemento constante es la facultad de crear una situación privilegiada para el empresario y una libertad de acción de sus ganancias. En la medida que el empresario produzca junto a los adelantos tecnológicos, estará un paso más adelante que la competencia.

En un contexto global, una vez que el shock tecnológico es positivo y ha impactado en la economía, crece la productividad del trabajo y las empresas pueden incrementar o disminuir su demanda laboral. El producto sube, aún si el empleo no aumenta, simplemente por que el producto por trabajador, crece como resultado del shock tecnológico.

“Schumpeter se despreocupa de las fluctuaciones del nivel de precios, y enfoca el problema desde otro ángulo, lo que interesa no es el hecho de que el empresario sea un anticipador de ganancias, sino que su acción tiende a transformar el proceso productivo”.¹¹

La acción creadora del empresario sería el motor del progreso económico que se manifiesta a través de la introducción de innovaciones al proceso productivo. Observando el proceso económico desde el lado de la producción, Schumpeter se colocó en posición privilegiada para percibir la importancia del progreso tecnológico como factor dinámico de la economía capitalista. Su enfoque, por lo tanto es muy distinto del de los demás economistas neoclásicos, principalmente por ese cambio de perspectiva, la teoría es ante todo una teoría de la ganancia, dice por ejemplo, que no considera desarrollo económico el simple crecimiento de la economía que se manifiesta por el aumento de la población y la riqueza, también afirma que “producir es combinar las cosas y las fuerzas presentes bajo nuestro dominio, producir otra cosa o de otra forma es combinar de otra manera esas fuerzas y esas cosas. En la medida que se pueda realizar esa combinación, partiendo con el debido tiempo de la antigua, paso a paso y a través de una continua adaptación se producen una modificación y eventualmente un crecimiento, pero no existe ningún fenómeno, ni existirá desarrollo en el sentido que se ha dado a esta palabra”.

El análisis de Schumpeter y su visión emprendedora para el empresario y su adaptación a los cambios tecnológicos con su gran aporte a la producción siendo mas competitivos, resulta un gran aporte para la teoría económica y para lo ideal en la practica; sin embargo retomando el caso de nuestro país, uno de los aspectos estructurales que explica el bajo nivel de producción y la calidad de los productos es el referido, como lo indicamos, a la obsolescencia del aparato productivo nacional y a la falta de agresividad empresarial, la crisis afecto drásticamente a estas unidades, la reducción de la demanda agregada es una de las causas fundamentales, incidiendo por supuesto sobre producción, empleo y condiciones laborales; el gobierno no tuvo visión integral de los efectos, por esta razón no contemplo en la Ley de reactivación económica medidas acordes a esta situación.

2.3.5 Teoría Económica Neoliberal Vs. Economía Minera

Llama poderosamente la atención que, luego de 20 años de ajuste estructural, Bolivia continua en el marco del modelo primario exportador, cuyas características centrales son la manutención de la exportación de recursos naturales, inversión extranjera directa en recursos naturales y servicios, inversiones intensivas en capital, baja capacidad de absorción de empleo, bajos grados de incorporación de valor agregado y de articulación de la economía, apropiación y concentración transnacional del excedente económico y dispersión de la matriz productiva generadora de excedente económico.

Aproximándonos a explicar las razones podríamos señalar que el neoliberalismo adolece de una visión de largo plazo, los diferentes gobiernos y la política estuvieron asociados al corto plazo, condicionados por los compromisos asumidos con el FMI y el BM.

Reflexionando algunos aspectos conceptuales del Ajuste Estructural, los diseñadores de esta política y los gobernantes que la instrumentalizan mencionan la pertinencia de la subordinación de la política social hacia la política económica, es decir, el requerimiento de

¹¹ Teoría y Política del Desarrollo Económico, Celso Furtado, Pág. 48, Editorial Siglo XXI.

un crecimiento económico a un ritmo tal que genere excedentes, de tal manera que una parte se destine a la prosecución de la acumulación de capital y otra a subsanar los déficit sociales.

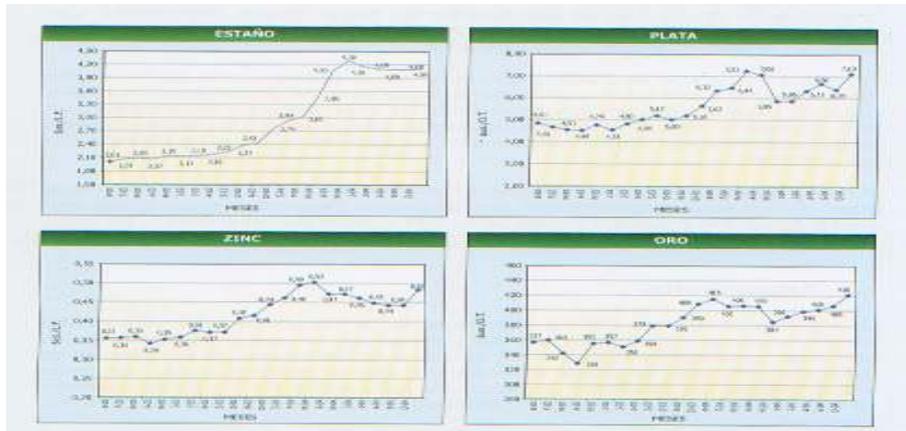
Como esta teoría del rebalse o chorreo en la practica están mostrando fuertes limitaciones, el grupo de los siete y los organismos multilaterales reconocen estas debilidades y además prevén que no existen posibilidades futuras para subsanar los problemas sociales porque el tipo de crecimiento que esta arrojando el ajuste estructural no produce los excedentes necesarios, la teoría implica sacrificar el presente para vivir mejor el futuro; sin embargo la realidad se construye de manera diferente a los planteamientos teóricos, el caso nacional de la economía minera, si bien presento un panorama de crecimiento económico éste no fue suficiente para asegurar la continuidad de la dinámica económica, menos para generar recursos que permitan solucionar la pobreza y la calidad de vida de la población.

En este sentido, y bajo este contexto, la industria minera mundial ha experimentado en los últimos años importantes transformaciones estructurales que han configurado un nuevo escenario que el país debe enfrentar. La reducción de las tasas de crecimiento de la demanda de minerales y metales, originada en largos periodos de recesión en las economías industrializadas, ha provocado una sostenida caída de los precios de los minerales en el largo plazo, en un contexto de mercado de capitales de riesgo cada vez más restringido.

Esta situación ha tenido particulares repercusiones en nuestro país; desde hace casi dos décadas el sector minero boliviano esta atravesando por una crisis (como se menciona anteriormente), originada tanto en factores externos, así como en factores internos (inestabilidad política, agotamiento de reservas, rezago tecnológico, manejo ineficiente de las empresas por excesiva injerencia política, etc.). Este proceso de declinación del sector minero ha ocasionado una paulatina y gradual desatención por parte del Estado a los asuntos mineros, generando una suerte de frustración en las regiones mineras y en los propios actores mineros.

Sin embargo, como se puede observar en los gráficos siguientes, a partir del año 2003 los precios de los principales metales que producimos ha experimentado una importante recuperación, lo que alienta la expectativa sobre el inicio de un nuevo ciclo minero. Esta situación plantea un escenario favorable para la industria minera que el país debe aprovechar eficientemente para la reactivación de este sector.

CUADRO Nº 1.7.51 EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE MINERALES



Es indudable que el sector minero tiene posibilidades de incrementar su contribución a la economía del país, pero fundamentalmente constituirse en el motor y actividad principal para lograr el desarrollo económico, social y regional del occidente boliviano, dada su alta capacidad de demanda agregada interna. No debe perderse de vista la perspectiva que plantea el actual proceso histórico que vive nuestro país, con una marcada tendencia hacia la descentralización y regionalización, no solo de la gestión administrativa, sino también de la gestión política y económica. En estas circunstancias, ante la evidente carencia de alternativas económicas viables en el corto plazo en el occidente y sur del país, es necesario brindar el mayor impulso posible a la minería y al desarrollo de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni, cuya actividad presenta ventajas comparativas que deben traducirse en ventajas competitivas, merced a la aplicación de políticas estatales coherentes y que cuenten con el mayor consenso posible.

Este enfoque da la posibilidad de impulsar el desarrollo de la minería en áreas ignoradas y olvidadas por el gobierno, como es el caso de los recursos del Salar, pero que están retomando su importancia ya que en la actualidad el Ministerio de Minería y Metalurgia, ha desarrollado un programa de Política Minera y Plan de Reactivación del Sector Minero denominado PRESEMIN, cuyo objetivo es el de desarrollar el potencial minero boliviano a través del incentivo a las actividades de prospección, exploración y explotación de minerales; concentración, fundición, refinación, comercialización e industrialización de minerales y metales en base a proyectos de pequeña, mediana y gran escala, económicamente competitivos, socialmente aceptados y en armonía con el medio ambiente, promoviendo encadenamientos con sectores de mayor valor agregado. Tiene dentro de sus principios, generar recursos económicos a nivel regional y central en los ámbitos público y privado para mejorar el nivel de vida de la población minera en particular; así mismo modernizar la estructura e infraestructura productiva del sector minero, en un marco de seguridad industrial.

Dentro de las acciones de política para la minería estatal, plantea:

- a) Replanteamiento de los objetivos estratégicos de COMIBOL; Sin afectar el rol de la Corporación Minera de Bolivia establecido en el Código de Minería, se replanteará los objetivos estratégicos, incorporando funciones de apoyo al desarrollo del sector que actualmente ejecuta.
- b) Reestructuración de COMIBOL

Dentro de las acciones de política para instituciones de apoyo a la minería; inciso g) plantea la reestructuración de CIRESU, Complejo Industrial de Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni, para hacerlo mas operativo y eficiente, fortaleciendo su capacidad técnica y económica, a fin de mejorar su desempeño en la definición y operatoria de las políticas sobre recursos minerales no metálicos y evaporíticos de los salares.

En este sentido, este estudio de aprovechamiento de dichos recursos, resulta un aporte objetivo y real, puesto que con la información recogida en la investigación se planificará un registro estadístico de los recursos con que cuenta la zona de los salares, proyectar la explotación del reservorio más grande de la región, por las riquezas que contienen sus soluciones y sus sedimentos. Posteriormente, será tarea de CIRESU, en su momento oportuno realizar una licitación nacional y/o internacional basada en los términos de referencia a prepararse.

En 1988, el Ministerio de Minería y Metalurgia y el Complejo Industrial de Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni (CIRESU) comenzaron negociaciones con Lithium Corporación of América (Lithco) subsidiaria de F.M.C. que actualmente explota el salar del Hombre Muerto en Argentina. En noviembre de 1989, se firmó un contrato inicial para realizar trabajos de exploración – explotación, pero en 1990 el contrato fue cancelado por el gobierno de Bolivia. En negociaciones posteriores, febrero de 1992, se firmo un nuevo contrato que fue aprobado por el congreso con algunas modificaciones pero que no fue aceptado por el F.M.C. – Lithco, la cual se retiró definitivamente del proyecto.

Actualmente existe interés de empresas chinas, por explorar el yacimiento. El litio es considerado el combustible nuclear del siglo, tiene propiedades físicas y químicas sorprendentes, con influencia en la fabricación de nuevos materiales con mejores características de resistencia y duración.

Para profundizar mas respecto a lo que pasó con la suspensión indefinida de la producción de litio, con la empresa norteamericana LITHCO, se analiza lo ocurrido en 1990, desde el punto de vista descriptivo, en Anexos B.

CAPITULO III**ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE LOS RECURSOS EVAPORÍTICOS DEL SALAR DE UYUNI****3.1 MINERALES NO METÁLICOS, DEFINICIÓN**

Estos yacimientos son poco conocidos y explotados por su bajo valor de comercialización, sin embargo algunos adquieren relativa importancia como materia prima de industrias importantes, como los yacimientos de caliza, yeso, arcilla que sirven para la fabricación de cemento, magnesita para la fabricación de refractarios, arcilla para la cerámica roja y el litio para nuevos tipos de baterías sin embargo no se han realizado exploraciones, como tampoco existen inventarios para determinar con precisión la existencia y reservas de minerales no metálicos en las regiones.

Inicialmente, al pensar en no metálicos, denominados también minerales industriales, viene a la mente productos de primera necesidad como por ejemplo, en la construcción de viviendas con materiales que están al alcance (piedra, arena y tierra, cemento, estuco, vidrios) y muchos otros insumos, que pueden ser producidos en nuestro país; sin embargo son importados como ser: sanitarios, azulejos, cables, aisladores y accesorios eléctricos.

De forma general se puede decir que los minerales no-metálicos, incluso las rocas industriales son materia prima para la actividad de la construcción para varias industrias, a saber: construcciones, cerámica, alimentos, vidrio, papel, productos químicos, esmaltes, plásticos, goma, refractarios, abrasivos, sales detergentes, medicinas, etc. Se enfatiza el conocimiento de no metales con el deseo de industrializarlos, para el bienestar de nuestro pueblo e impulsar el desarrollo industrial del país¹².

Las tendencias mundiales indican que los siguientes no metales: sal, magnesita, boratos (bórax), asbestos, caolín, caliza, arcilla, carbonato de litio, azufre, fosfatos; tendrán una mayor importancia estratégica, en un sinnúmero de industrias que los utilizan como materia prima esencial.

Después de la producción del hierro el nivel de aprovechamiento de los minerales no metálicos, constituye un factor muy importante en el progreso de cada país, pues son grandes fuentes productoras y ahorradoras de recursos económicos en general, oportunidad de trabajo, satisfacción de necesidades del ciudadano y fuente de recursos para el estado.

El estudio de los Recursos Naturales del Sudoeste Boliviano comenzó a realizarse desde hace muchos años, en forma muy aislada y esporádica, por instituciones nacionales como COMIBOL, YPFB, ENDE, GEOBOL, etc., dichos estudios no condujeron, hasta el momento, a la realización de ningún plan global de explotación de los ingentes yacimientos de esta zona, principalmente no metálicos. Entre los yacimientos no-metálicos que desde el año 1970 entraron en la palestra del ámbito minero boliviano, se encuentran los salares del Departamento de Potosí, a ellos nos referimos como principal objeto de estudio en el presente trabajo de tesis.

¹² Apuntes Recursos Energéticos, Lic. Max Pérez

3.2 LOS RECURSOS DEL SALAR

Los salares del Altiplano Boliviano y en especial del Salar de Uyuni, comenzaron a ser estudiados por científicos y técnicos nacionales, desde el 4 de abril de 1974 (suscripción del Convenio Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia “UMSA” – Office de la Recherche Scientifique Outre Mer, Francia “ORSTOM”) en forma multidisciplinaria con los siguientes objetivos iniciales:

1. Estudios de Cuencas Evaporíticas
2. Geoquímica de los Salares
3. Génesis de los Salares
4. Determinación de concentraciones de elementos susceptibles a ser explotados económicamente.

Según los estudios realizados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos junto con su similar de Bolivia descubrieron importantes concentraciones de litio, potasio y magnesio, las reservas provisionales estudiadas muestran que existe un volumen de 9.5 millones de Ton. de litio, 110 millones de TM. de potasio y 3.2 millones de TM. de boro¹³.

De los minerales citados anteriormente, los boratos se constituyen como los químicos de gran importancia ya que a partir de su explotación se obtiene el ácido bórico, el cual tiene como cualidad principal el de servir en una amplia gama de aplicaciones.

3.2.1 El litio

3.2.1.1 Antecedentes

El litio fue descubierto en 1867 por el sueco Johan August Arfwenson en un análisis minero, sin embargo, el primer químico que logro obtenerlo fue Dhabi, por vía electrolítica. Hacia 1855 lo estudiaron definitivamente Bursen y Malthiesen.

3.2.1.2 Definición

El litio es un metal, es el mas liviano del universo, se encuentra compuesto por tres protones (elementos de peso) y tres electrones (elementos de energía). Por tener un solo electrón en la última capa es ideal para combinarse con otros elementos, de ahí que surgen las interesantes características de este metal.

La palabra Litio proviene del griego “litheos” que significa petreo y se lo asigno por creerse, por entonces que solo se hallaba presente en el reino animal¹⁴.

3.2.1.3 Ubicación

Macrolocalización: Departamento de Potosí

Microlocalización: Salar de Uyuni

El litio es el resultado de la evaporación de dos lagos: el Michin y el tauca, se extiende a lo ancho de 10582 km. cuadrados. El salar de Uyuni y el salar de Coipasa son abarcados

¹³ Salvemos el salar de Uyuni, Enrique Bachinelo, Ex Senador y periodista boliviano que reside en San Francisco 09 May 2003

¹⁴ Apuntes Recursos Energéticos, Lic. Max Pérez Mendieta

por cuatro espacios administrativos políticos provinciales, dos situados al sur del departamento de Oruro y dos ubicados al norte del departamento de Potosí. Ambos salares alcanzan a sumar 12800 km. cuadrados; un 24% de la expansión territorial de las cuatro provincias que son Atahualpa, Ladislao Cabrera, Daniel Campos y Nor Lípez; las mismas que adicionan alrededor de 54077 km² de geografía altiplánica; dichas provincias son habitadas por 45080 habitantes, de acuerdo a estimaciones demográficas para el año 1990.

La zona de concesión a la Lithium se encuentra dentro del área de influencia de Villa Martín, entre los 35 km. al este, 30 Km al norte, la concesión abarcaba los 600 km², en cuya interioridad se cuenta con una reserva calculada de 430.000 toneladas métricas de litio. Por otra parte demarcado la veta lítica, se sitúan dos “bolsones” de ulexita, a 25km y 35km al nor este de Villa Martín. Se trata de una reserva gigantesca de litio, dormida a seis metros de profundidad cubierta por el salar. La reserva geológica está rodeada por asentamientos poblacionales.

3.2.1.4 Características

Desde algunos años atrás, el litio es constante tema de preocupación en nuestro país, vertiéndose una serie de conjeturas y especulaciones en cuanto a su forma de aprovechamiento y beneficio a partir de las salmueras del Salar de Uyuni.

En la actualidad el litio, en sus formas asociadas de carbonato (Li₂CO₃) e hidróxido (LiOH), es de interés fundamental y decisivo para el funcionamiento de una buena parte de la industria. Los últimos años se ha caracterizado por el ascenso constante de su demanda, dado el uso generalizado que ha adquirido gracias a sus propiedades físico-químicas y a la versatilidad de sus aplicaciones. Tales van desde el uso en funciones y aleaciones, hasta la elaboración y síntesis de productos farmacéuticos. El litio tendrá como proyección, dos aplicaciones importantes, el uso en baterías y la fusión nuclear.

El litio puede obtenerse a partir de minerales (pegmatitas, ignimbritas, amblygonita, etc.); en este caso el mineral tiene que ser sometido a trituración, molienda, tostación, y lixiviación para recién llegar al estado de salmuera. El contenido de litio aproxima el 1.5%. Dicho mineral, en la actualidad es explotado en distintos sitios del mundo, mucho mas sencillo y barato es la obtención del litio a partir de salmueras, como es el caso del Salar de Uyuni. Se podría comparar la obtención de litio a partir de minerales, con la obtención del estaño filoniano, y la del estaño aluvial a la obtención del litio a partir de salmueras.

3.2.1.5 El litio como combustible nuclear¹⁵

Después de 1905, del principio de equivalencia establecido por Albert Einstein, sobre la producción de energía como resultado de una reacción que se traduce en una disminución de cierta cantidad de masa, muchas reacciones nucleares exoenergéticas se han producido. De las reacciones nucleares estudiadas, fueron dos las que presentan interés desde el punto de vista de su aplicación y explotación de su energía: la reacción de *fisión*, energía liberada al romperse un núcleo pesado; la reacción de *fusión*, combinación de núcleos ligeros y que liberan gran cantidad de energía.

¹⁵ Nueva Universidad, El Litio 1990

LA FISIÓN, es utilizada en las centrales nucleares, donde la función básica es aprovechar la energía que se libera en la fisión en forma de calor para producir energía eléctrica. En el mundo existe en funcionamiento 429 Centrales Electro nucleares, que representa el 17% de la producción total de energía eléctrica a nivel mundial. Esta forma de obtención de energía sobre todo en los países industrializados es cada vez más resistida por los riesgos que representa, sobre todo en la polución radiactiva que se acumulan anualmente y que no se sabe donde almacenarlos para su desactivación. La oposición para instalar nuevas Centrales Electro nucleares han obligado a países tales como EEUU. La ERSS, Inglaterra, Francia y otros a cambiar sus programas energéticos. En los países menos desarrollados, la energía electro nuclear tiene un crecimiento muy lento. Frente a este estado de cosas, los países capitalistas, se ven obligados a buscar aceleradamente otras alternativas de obtención de energía eléctrica que reemplace a los reactores de fisión. La reacción que promete reemplazar a la fisión es la fusión termonuclear controlada.

LA FUSIÓN, es energía que se libera juntando núcleos ligeros. Las investigaciones sobre esta reacción comenzaron por los años 50 en EEUU, URSS e Inglaterra. En 1958 fue puesta en evidencia. De 1960 a 1970 se desarrollaron nuevas bases y conocimientos fundamentales sobre todo de la física del plasma y de la física del láser. La diferencia entre la fisión y la fusión, es que la reacción de fusión *No produce desechos radiactivos.*

El litio produce combustible para la fusión termonuclear, producirá energía eléctrica. Está demostrado que la fusión controlada es posible y que superados los problemas técnicos para tener algunos reactores termonucleares funcionando, generaran demanda por el litio, así como el aumento en su precio de cotización será cada vez mas alto, por que se trata de un combustible nuclear que No produce desechos radiactivos y que generará energía eléctrica en grandes cantidades, por lo que será la solución a la demanda de energía en el mundo.

3.2.2 Boro

3.2.2.1 Definición

La formación masiva de boratos debe su origen a la actividad volcánica neoterciaria ácida, por la que ésta formación sólo puede ocurrir si las exhalaciones de los gases enriquecen un lago aislado y éste ofrece mayor concentración al secarse.

En algunas de las ocurrencias, la roca eruptiva puede estar a mayor profundidad y no formar afloramientos. Esta transición desde la deposición de la roca eruptiva a arcilla, ocurre con una fase intermedia de láminas finas de magma. El espesor total de arcillas puede ser de 20 a 100 metros, pudiendo contener una o varias capas horizontales de boratos, las cuales tienden a estar sobre los estratos de arcilla. Los boratos son intercalas sin genéticas en un sistema sedimentario, sin razón para asumir una subsiguiente mineralización. En extensión horizontal el mineral es uniforme por distancias considerables.

El primer mineral de boro conocido fue la Ulexita ($\text{Na Ca B}_5 \text{O}_{9,8} \text{H}_2\text{O}$), que por lo general tiene la forma de fibras de flujo y redondeado. A la ulexita por lo general se encuentran asociados otros boratos entre los que se destaca como el más importante la Colemanita.

Los compuestos de boro mejor conocidos son los derivados del Ácido Bórico H_3BO_3 y su anhídrido B_2O_3 . Se conocen pocas sales sencillas derivadas del Ácido Bórico o del Ácido Metabórico, ya que la mayor parte de las sales naturales y sintéticas, derivan de los ácidos poli bóricos de mayor complejidad, Por ejemplo el bórax deriva del Ácido Tetraborico $H_2B_4O_7$, encontrándose en la naturaleza en los minerales Kernita y como bórax nativo.

3.2.2.2 Antecedentes

Por los datos históricos se sabe que en el siglos XVI Europa importaba bórax del Asia Central. El Elemento boro fue aislado en 1808 por Gay Lussac y Thenard, quienes redujeron el óxido de boro, B_2O_3 , calentándolo con potasio en un tubo de hierro. En el año anterior (1807), Humphry Davy había obtenido una masa combustible de color oscuro, por electrólisis del ácido bórico húmedo. Después, por un procedimiento análogo al de Gay-Lussac y Thenard, obtuvo el mismo producto, al cual llamó *boron*¹⁶.

3.2.2.3 Propiedades Físicas Y Químicas

El boro, B, número atómico 5, peso atómico 10,82, pertenece al grupo III del sistema periódico, en el que se encuentra el aluminio. El boro es el único elemento del grupo III que no tiene carácter metálico. Tiene tres electrones de valencia y es el único elemento no-metálico con menos de 4 electrones en su capa exterior. Esto es consecuencia del tamaño muy pequeño de sus átomos.

El boro se presenta en dos formas:

- a) La forma cristalina: Es un sólido negro, brillante, quebradizo, de pureza extraordinaria. La estructura de los cristales no se ha determinado; sin embargo, se cree que probablemente sea una gigante red compacta tridimensional de átomos de boro fuertemente ligados unos a otros.
- b) La variedad de boro amorfa: Es un polvo amarillo verdoso y es menos densa que la variedad cristalina.

El boro es inodoro e insípido. Es una mezcla de, por lo menos, dos isótopos con números de masa 10 y 11. El boro no se encuentra en la naturaleza en su estado libre, pero se presenta en forma de boratos y de ácido bórico. El boro es insoluble en agua, en los alcoholes, éteres y soluciones de álcalis cáusticos. Es soluble en los ácidos nítrico y sulfúrico y en muchos metales fundidos, como el aluminio, calcio, cobre, hierro y magnesio.

El boro se prepara por reducción del óxido, de los boratos o de los haluros de boro. Sin embargo, es muy difícil producir boro de una pureza elevada en cantidades apreciables, de modo que el elemento puro se usa todavía muy poco.

El boro no se afecta por el aire a las temperaturas ordinarias, pero a temperaturas elevadas forma el nitruro, BN, y el óxido, B_2O_3 . Los compuestos formados a temperaturas muy elevadas son, en general, muy estables. El boro reacciona con el flúor a las temperaturas ordinarias, y con el cloro, el bromo y el azufre calentado. No reacciona con el Hidrógeno, aunque se caliente al rojo.

¹⁶ UMSA, Diagnostico y Perspectivas de Industrialización de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni 1990, Jose Antonio Omoya, Ing Industrial

3.2.3 Potasio

3.2.3.1 Antecedentes

El potasio metálico fue preparado por primera vez por H. Davy en 1807, por electrólisis del KOH fundido. Es similar al sodio, pero más reactivo, no se emplea mucho, comercialmente no se prepara por electrólisis del KCL fundido debido a que el potasio ataca los electrodos y tiende a mantenerse disperso en sal fundida.

3.2.3.2 Propiedades Físicas y Químicas

El potasio pertenece al grupo I de la tabla periódica de los elementos. Posee un solo electrón en una orbita "s" más allá de la capa central electrónica. El potasio tiene una densidad de 0.86 g/cm^3 , número atómico 19 y peso atómico 39.098. Punto de fusión 63.7°C y grado de ebullición 760°C . Posee un calor específico de $0.1728 \text{ cal/g a } 0^\circ\text{C}$.

Como todos los elementos del grupo I, el potasio es fuertemente electropositivo, por lo que tiene gran poder de reactividad frente a los agentes químicos. El potasio con agua a 25°C se inflama. Con el oxígeno o aire seco el potasio forma súper óxido (KO_2), también llamado bióxido de potasio, que se emplea en los sistemas de soporte vital. Debe almacenarse bajo un gas no reactivo, como el nitrógeno. Con el hidrógeno el potasio no reacciona.

3.2.4 Magnesio

El magnesio con N^o atómico 12, peso atómico 24, 32 está en el grupo II del sistema periódico, entre el berilio y el calcio.

El magnesio metálico tiene un color blanco de plata, una densidad aproximada de 1.74, es el material metálico estructural más ligero. Para aplicaciones en ingeniería se alea con 1 ó varios elementos de un grupo que comprende el zinc, el aluminio, magnesio, circonio y el cerio, para producir aleaciones que tienen algunas de las más elevadas razones resistencia – peso, entre los materiales metálicos estructurales.

3.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA:

Es de gran importancia para el país que se inicie la explotación de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni por los siguientes aspectos:

1. El ingreso al mercado internacional modifica la estructura de explotación del país, en las condiciones de la nueva división internacional del trabajo.
2. El desarrollo de las capacidades productivas instaladas y el ingreso al mercado, mejorarán la posición negociadora de Bolivia a nivel internacional; además podrán inviabilizar el ingreso de otros competidores, desplazando a actuales productores, con costos de producción más bajos.
3. La transferencia y asimilación tecnológicas son procesos que madurarán en un tiempo relativamente prolongado.
4. Por razones geoestratégicas es necesario desarrollar una zona muy rica en recursos minerales, que actualmente están deprimidas.

La participación de una transnacional en la exploración y explotación de estos recursos será positivo, siempre y cuando se asegure la participación nacional en la empresa, lo que permitirá garantizar un acceso real a la tecnología, su transferencia y su asimilación, capacitación de la contratación nacional en todos los niveles, así como tener la opción a obtener un cupo en el mercado internacional de dichos minerales, finalmente participar en las ganancias y no solo beneficiarse con la tributación.

3.4 PROPIEDADES BENÉFICAS:

3.4.1 Litio

El litio que es el metal mas liviano del grupo de los metales alcalinos, con propiedades físicas y químicas sorprendentes, han revolucionado por sus efectos positivos sobre los metales tradicionales, cambios substanciales que en el futuro tendrán gran influencia en la fabricación de nuevos materiales con mejores características de duración, en la manufactura de importantes elementos para el desarrollo industrial, orientado a las necesidades y exigencias de este siglo XXI.

Los usos principales actuales del litio, son en la industria del aluminio y en la fabricación de cerámicas, vidrios y grasas industriales, que representan aproximadamente el 85% del consumo mundial, el restante 15% corresponde a compuestos químicos de litio, sistemas de aire acondicionado y de deshumidificación, caucho sintético, pilas aleaciones y otros. Las aleaciones de aluminio-litio, tienen excelentes propiedades mecánicas para la fabricación de naves aéreas, por lo que su demanda es creciente.

El litio en el proceso electrolítico de obtención del aluminio a partir de minerales de criolita, permite bajar el punto de fusión, lográndose un importante ahorro de energía eléctrica, con el consiguiente efecto de reducir la emisión de flúor, que es un gas muy corrosivo que influye mucho en los costos de producción de las plantas de aluminio.

En la fabricación de cerámicas y vidrios, el litio mejora las propiedades de colada del material fundido, reduciendo o anulando el coeficiente de dilatación térmica, por cuyo efecto, permite obtener piezas muy resistentes a los cambios bruscos de temperatura.

Las grasas lubricantes que emplean jabones de litio, tienen buena resistencia al agua y conservan sus propiedades lubricantes en un amplio rango de temperaturas (0 a 150 °C); se usan en todo tipo de tiempo y se usan ampliamente en automóviles, camiones, trenes, aerotransportes y en los equipos pesados usados en la industria y en la minería.

En la fabricación del caucho sintético, se emplean grandes cantidades de órgano-litio y butil-litio como catalizadores. El metil-litio, se usa también como catalizador en la fabricación de vitaminas A y D y en la obtención de varios analgésicos; así mismo el fenil-litio, se usa en la fabricación de hormonas y vitaminas.

Otro uso importante del litio, es en la fabricación de pilas, que son dispositivos para transformar la energía química en energía eléctrica, donde el litio por ser el metal mas liviano y tener el potencial de oxidación mas alto de todos los elementos, trabaja como ánodo de la pila con gran eficiencia y ventajas de funcionamiento perfecto a bajas temperaturas, cuyo tiempo de almacenamiento varia entre dos a diez veces el de las pilas convencionales; en comparación con las pilas de óxido de plata que duran un año, las de litio duran hasta cinco años.

Para principios de este siglo XXI, se vislumbran tres mercados potenciales muy importantes para el litio, cuyos estudios están en pleno proceso de investigación para el desarrollo industrial; se refieren concretamente, a las aleaciones de aluminio-litio, las baterías recargables y los reactores de fusión nuclear.

El mercado mas inmediato y con proyecciones promisorias, constituyen las aleaciones livianas de aluminio-litio, para la fabricación de naves aeroespaciales. La ventaja lograda con las aleaciones livianas aluminio-litio, ha inquietado favorablemente a los fabricantes de aviones, así por ejemplo, la Boeng utiliza importantes cantidades de dichas aleaciones en la construcción de sus aviones, con un consumo estimado en mas de 200 toneladas de litio por año, solo en este rubro.

Para las baterías secundarias o recargables, las investigaciones tienden a producir unidades con alta capacidad para su empleo masivo en vehículos de propulsión eléctrica y en acumuladores de gran potencia para nivelación de carga. Se estima que la producción industrial de estas baterías secundarias, se concrete formalmente en el presente siglo.

Para la segunda década de este siglo XXI, se espera que se materialicen las instalaciones de las plantas nucleares de fusión, con el uso de importantes cantidades de litio metálico. Los resultados obtenidos de las investigaciones efectuadas tanto en EEUU, Europa Occidental, URSS Y Japón, ratifican que los reactores de fusión nuclear de primera generación, como el denominado "Tokamak", se desarrollarán en base de la reacción controlada de Deuterio y Tritio para que los núcleos de estos isótopos mas pesados del hidrogeno, que llevan cargas positivas puedan fusionarse, se requiere altas temperaturas en un periodo corto de tiempo. Para la reacción de fusión Deuterio-tritio, la cantidad mínima de energía que debe proporcionarse, es del orden de 10.000 electronvoltios (10 KeV).

Esta energía calculada en forma de calor en °C, es del orden de 116 millones de grados durante un tiempo que se ha estimado en 10 segundos para permitir la reacción de fusión.

El departamento de energía de EE.UU., informó que en el año 2015, entraría en funcionamiento un reactor demostrativo de fusión. Se espera que en el 2020, el 10% de la energía nuclear seria de fusión, en el año 2030 el 50% y el año 2040 el 100%.

Si se cumplen dichas predicciones, de un total mundial de 4500 GW en energía nuclear, 1700 GW serían de reactores de fusión. El consumo de litio acumulativo para satisfacer la demanda de energía por los reactores de fusión proyectada hasta el año 2040, serían:

- Para refrigerantes y manto reflectante de litio (inventario, consumo por una sola vez)	1.700.000 Tons.
- Para generar tritio (como combustible)	60.000 Tons.
- Para reemplazo de pérdidas en el inventario	<u>190.000 Tons.</u>
Total de litio	1.950.000 Tons.

Si se resuelven los problemas tecnológicos para la fusión nuclear, el litio se convertiría en una de las principales fuentes de energía. Así mismo si se resuelven los problemas técnicos de las baterías de litio, estos usos potenciales serán mucho más importantes que los usos actuales combinados.

Otro de los usos que tiene el Litio, es el que se utiliza como desoxidante y para extraer los gases no deseados durante la fabricación de fundiciones no ferrosas. El vapor del litio se usa para evitar que el dióxido de carbono y el oxígeno formen una capa de óxido en los hornos durante el tratamiento térmico del acero. Entre los compuestos importantes del litio están el hidróxido, utilizado para eliminar el dióxido de carbono en los sistemas de ventilación de naves espaciales y submarinos, y el hidruro, utilizado para inflar salvavidas; su equivalente de hidrógeno pesado (deuterio), se utiliza para fabricar la bomba de hidrógeno. Las baterías destinadas a vehículos eléctricos incorporan sulfuro de litio-hierro, los marcapasos utilizan baterías de litio-yodo, etc. etc. Como vemos es un metal más que estratégico y sólo se encuentra en nuestro país Bolivia y en un par de países más en todo el mundo.

Como se puede ver, actualmente el litio es utilizado en la industria farmacéutica, plásticos y gomas, baterías, refrigeración, aire acondicionado, grasas lubricantes, cerámicos y vidrios, productos agrícolas, piletas, spa, etc, etc.

3.4.2 Boro

3.4.2.1 Productos Comerciales de Boro

El boro puro es de difícil obtención, por lo que sus compuestos son los más empleados. En general, la mayoría de los productos comerciales en base a boro parten principalmente de dos fuentes: El tetraborato de sodio o bórax refinado y, el ácido bórico.

El boro elemental se usa principalmente en la industria de los metales. Reacciona fuertemente a temperaturas elevadas, especialmente con los elementos oxígeno, nitrógeno, el boro se usa como desoxidante en reacciones metalúrgicas. También se usa para refinar el grano de las piezas de aluminio fundidas y para facilitar el tratamiento térmico del hierro maleable.

El boro aumenta la templabilidad de los aceros cuando se emplea en cantidades muy pequeñas, nunca mayores de 0.003%. El término "templabilidad" se refiere a la profundidad en la que se endurece el acero cuando en caliente se sumerge en agua u otro líquido.

Para un mejor estudio, se va a dividir en tres grupos los compuestos que se emplean para el uso en base a boro comercialmente, de los mismos se detalla el segundo:

- Bórax Refinado
- Acido Bórico
- Otros

3.4.2.2 El Acido Bórico.

Fórmula química H_3BO_3 , se presenta cristalizando en escamas brillantes en un sistema triclinico, con coloración blanca tenue y brillo vitreo de madre perla, posee una textura suave al tacto y de sabor dulzón. La densidad del ácido bórico es de 1.815, funde alrededor de 800 grados centígrados, poco soluble en agua fría.

3.4.2.3 Usos del Acido Bórico

El ácido bórico generalmente se obtiene partiendo del bórax.

El ácido bórico refinado se emplea en condensadores electrolíticos, antisépticos y cosméticos, colas y pastas. Sirve en la industria de esmaltes vidriado, en vidrios de boro silicatos; dando mayor resistencia al calor al material químico (tubos de ensayo, matraces, etc.). También se emplea en el campo del cuero.

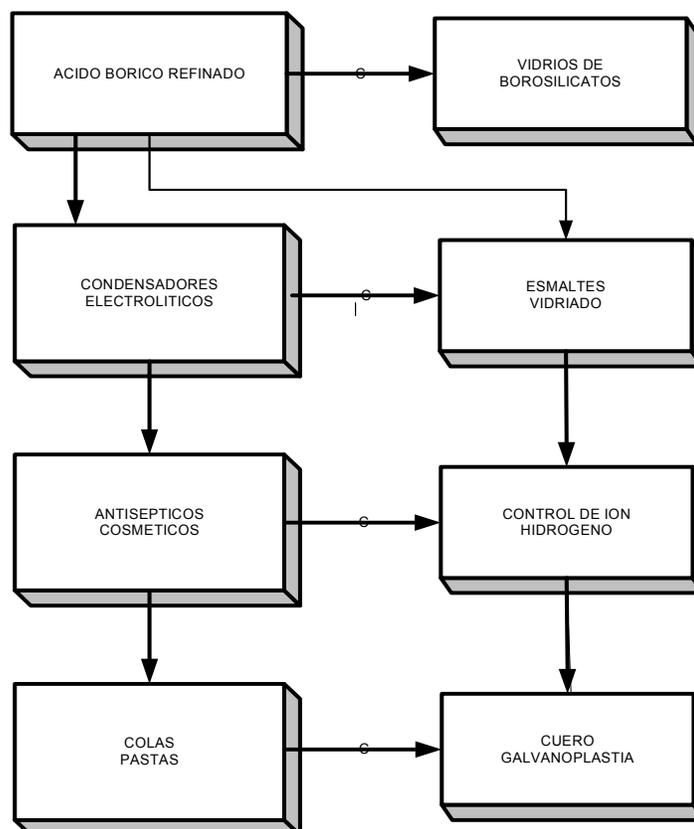
3.4.2.4 Producción De Acido Bórico¹⁷ (ver figura no. 2.4.2.4.1)

La producción de Acido Bórico no es nueva, y por mas que la explotación moderna de los yacimientos de boro para la elaboración de este producto se remonta al año 1865.

En realidad, el proceso productivo sufrió pocos cambios, su desarrollo en los últimos años no ha tenido muchas innovaciones, las cuales han incidido más sobre la maquinaria y equipo utilizados, así como la automatización del proceso.

A continuación se explica la producción del Acido Bórico desde la obtención de la materia prima en los yacimientos, hasta la conclusión del producto, listo para el mercado.

Figura Nº 3.4.2.3.1
Usos del Acido Bórico



Fuente: Libro "Tecnología Técnica" de Kirk

¹⁷ Información extraída del Libro "tecnología Química" de Kirk

3.4.2.5 Obtención Y Preparación de la Materia Prima

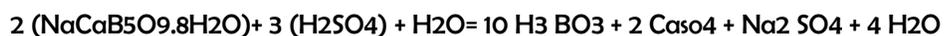
Demarcación del paquete mineralizado:

Esta operación consiste en determinar los límites de los cuerpos mineralizados, y la potencia en los yacimientos positivos, mediante la apertura de pozos exploratorios, distribuidos a distancias comprendidas entre 1.000, 500 y 100 mts. Dependiendo de la densidad del yacimiento, y la extensión del área del mismo, la profundidad de cada pozo varía de acuerdo al tipo de yacimiento, con un promedio de 1 mt, y en algunos casos alcanzando los 2 mt. Esta operación resulta de gran importancia para el aprovechamiento adecuado del yacimiento, así como para obtener un mejor rendimiento volumétrico del recurso.

Extracción del Mineral

Una vez delimitado el paquete mineralizado, se procede a la extracción del mineral, considerando el volumen requerido y el tipo de producción a realizar.

Esta operación se realiza al igual que la desintegración alcalina, con mineral no seco y sin calcinar. Asimismo, tiene por objeto el transformar la ulexita en Ácido Bórico, mediante la siguiente reacción.



Los parámetros de trabajo, tiempo y temperatura de extracción, varían de acuerdo al tipo de mineral y las condiciones atmosféricas en las que se trabaja. En este caso particular estos parámetros se determinaron experimentalmente, estableciendo que el tiempo de extracción es de 3.25 a 3.5 horas y la temperatura a la cual se trabaja es de 82 °C. a 85 °C. El nivel de extracción de B₂O₃ en esta etapa se encuentra alrededor de 95%.

Cristalización

La relación temperatura-solubilidad para el ácido bórico, permite alcanzar la sobresaturación por enfriamiento.

Los parámetros de trabajo, temperatura inicial, temperatura final, concentración final de las aguas madres, tienen los siguientes valores:

Temperatura inicial de la solución 65-68 °C.

Temperatura inicial de cristalización 55-58 °C.

Temperatura final de la solución 15-16 °C.

Concentración inicial 12.4 (gr Sóluto/100 gr sol.)

Concentración Final de aguas madres (4.4 gr de Sóluto/100 gr de Sóluto)

Balace de materia prima y materiales¹⁸

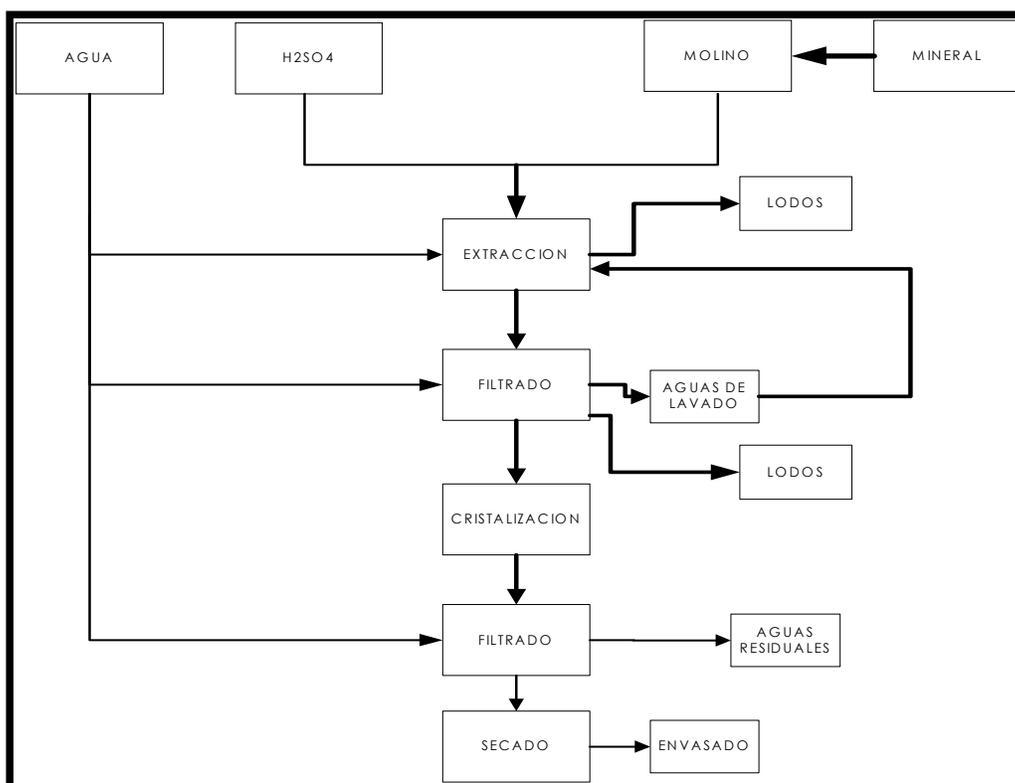
La formulación de un balance de materia prima y materiales es de vital importancia, ya que a través de este es posible encontrar la cantidad necesaria de materia prima e insumos para la elaboración del producto final. Con base en esos datos poder calcular la

¹⁸ Tecnología Química-Técnica de Kirk

capacidad de todas y cada una de las máquinas que intervienen en el proceso de producción.

De esta manera, al realizar el Balance Básico Teórico del Ácido Bórico se determina que para la producción de un kilogramo de Ácido Bórico a partir del mineral ulexita, es necesario 0.4333 Kg. de Ácido Sulfúrico. Sin embargo, considerando que éste rendimiento es teórico, en la práctica la cantidad necesaria de Ácido Sulfúrico es mayor (Según los estudios realizados por Jacobb Engineering este valor podría subir a 0.700 Kg. de Ácido Sulfúrico).

Figura No 3.4.2.4.1
Producción de Acido Bórico



Fuente: Juan Antonio Omoya 1990

3.4.3 Potasio

El principal compuesto en base al potasio para uso comercial es el cloruro de potasio (KCL), seguido por el sulfato de potasio (K_2SO_4), hidróxido de potasio (KOH), carbonato de potasio (K_2CO_2), nitrato de potasio (KNO_3), etc.

Dentro de los usos del potasio y sus compuestos, son varios y para diversos fines, sin embargo se los puede clasificar en dos grupos, de los cuales el primero abarca mas del 90% del consumo total de potasio a nivel mundial.

- a) Usos en fertilizantes
- b) Usos industriales

- a) Las plantas absorben el potasio del suelo en forma selectiva, actúan como concentradores de potasio y despojan al suelo de potasio. Este debe ser reemplazado con el empleo de fertilizantes en base a potasio; de acuerdo tanto a tipo de tierra, como a la vegetación existente en ella.

Más del 90% de las sales de potasio extraídas entran en el campo de los fertilizantes, sobre todo como fertilizantes mezclados, uno de los principales componentes de potasio con fines de uso agrícola es el cloruro de potasio (KCL), conocido en el campo de fertilizantes como muriato de potasio. Se obtiene tanto de minerales como de salmueras.

El sulfato de potasio (K_2SO_4) es otro de los fertilizantes que se usa bastante en el uso agrícola, con 50 a 52% de contenido de K_2O . el sulfato de potasio se prefiere para su empleo en cultivos de tabaco y cítricos, especialmente.

El hidróxido de potasio (KOH), también llamada potasa cáustica, se obtiene por electrólisis del KCL, se emplea para fabricación de fertilizantes líquidos y plaguicidas.

El nitrato de potasio (KNO_3), se obtiene por lo general, por la doble descomposición entre $NaNO_3$ y KCL o por la adición de ácido cítrico a KCL con calentamiento. El nitrato de potasio es casi competitivo con el sulfato de potasio en el uso de plantaciones de tabaco que son afectados en forma negativa por cloruro del suelo.

En el futuro el uso de los compuestos de potasio como fertilizantes va a crecer aún más, debido principalmente al agotamiento de la riqueza de las tierras agrícolas, por lo que éste uso agrícola será el principal tipo de empleo del potasio.

- b) Los usos industriales son variados, aunque no de gran magnitud. El bisulfato de potasio ($K_2(SO_4)_2$) se prepara fácilmente a partir de K_2SO_4 por reacción con ácido sulfúrico. Se trata de un material fuertemente ácido y se emplea como fundente para producir cerámicos.

El carbonato de potasio (K_2CO_3), también llamado cenizas de perlas, se obtiene por reacción entre la potasa cáustica y el dióxido de carbono. Es la fuente preferida de potasa para vidrio duro. También se emplea en alfarería, esmaltes y jabones para procesos de grabado, en el acabado del cuero y como absorbente de gases ácidos.

El bromuro de potasio (KBr) en la industria farmacéutica era llamado el sedante clásico, pero su uso en la actualidad es en las emulsiones fotográficas y en el fotograbado. Se prepara formando primero bromuro de hierro.

El yoduro de potasio (KI) es valioso en la fotografía, en alimentos para animales y humanos (especialmente sal yodada) y en preparaciones farmacéuticas.

El nitrato de potasio (KNO_3), se utiliza como constituyente de la pólvora y como combustible en las mechas de quemado lento.

El permanganato de potasio, es un reactivo favorito sin embargo es muy caro para usarse como oxidante comercial por lo que se fabrica muy poco, solo en uso farmacéutico es amplio.

3.4.4 Magnesio

El magnesio en sus diversos compuestos, está diseminado en la naturaleza, sus principales minerales son la dolomita, la magnesita y la carnalita. El cloruro de magnesio se encuentra en las salmueras naturales subterráneas y en el agua de mar. También obteniendo el hidróxido de magnesio de las salmueras se procesa para producir magnesio metálico. El magnesio no se usa mucho en forma no aleada, uno de los factores de gran importancia es la resistencia a la corrosión de las aleaciones de magnesio. Actualmente se produce en escala comercial aleaciones de magnesio de gran resistencia a la corrosión.

Entre las características que ofrecen interés comercial es el poco peso, la facilidad con que se trabajan a maquina y la adaptabilidad a muchos procesos de fabricación y montaje, además tienen buena conductividad térmica y eléctrica, estabilidad a los agentes atmosféricos y capacidad para resistir a los álcalis, ácido fluorhídrico y muchos compuestos químicos orgánicos entre ellos químicos, aldehídos, casi todos los alcoholes, fenoles, aminas, ésteres y la mayoría de los aceites. No presentan ningún peligro de toxicidad conocido. Las aleaciones de magnesio se encuentran en el comercio en casi todas las formas usuales para los metales, lingotes y techos, piezas fundidas en arena, en moldes permanentes y en matrices a presión, piezas forjadas, barras, varillas, tubos y formas especiales de extrusión, planchas, láminas y cintas, también las aleaciones de magnesio se utilizan mucho en la construcción de aeroplanos, maquinarias mercantiles, herramientas portátiles, aplicaciones que incluyen el hormigón y la obra de fábrica y otras.

Se estima que el futuro de los usos del magnesio y sus compuestos se amplíe en la industria en gran escala como implemento de aleaciones, especialmente por la reducción del peso y el aumento y compensación de la resistencia.

3.5 RESERVAS

Los estudios realizados sobre la cuenca del Salar de Uyuni, localizada en la zona altiplánica del sudoeste boliviano, obtuvieron resultados positivos, tanto en su composición química, como el inmenso valor económico, por la presencia de valiosas concentraciones de la salmuera, de metales de litio, boro, potasio, magnesio y otros de importancia altamente económica como el rubidio, cesio, francio e itrio.

Sin embargo, para el análisis de las salmueras del Salar de Uyuni se consideran dos zonas distintas: la costra de sal propiamente dicha con su salmuera intersticial y la desembocadura del Rio Grande en el Salar, cuya zona es de sedimentos deltaico-lacustres muy rica en boro y litio, cuyas salmueras tienen un quimismo diferente de las sales del Salar de Uyuni; el Rio Grande se infiltra y alimenta las capas subterráneas en los sedimentos deltaico-lacustres.

En 1981, se dieron a conocer los primeros datos sobre la estimación de reservas de la salmueras de la costra de sal:

Litio	3.5 millones de toneladas
Potasio	110 millones de toneladas
Boro	3.2 millones de toneladas

Un informe elaborado por el Dr. Francois Risacher de ORSTOM, en convenio con la UMSA-CIRESU, da cuenta sobre las reservas totales con perforaciones profundas de 121 metros (85 metros corresponden a 11 estratos de sal con salmuera intersticial y 36 metros corresponden a 11 estratos de sedimentos con salmuera intersticial de litio, boro, potasio y magnesio). Estableciendo que las reservas de la costra mas superficial sería contenidas en las salmueras del Salar de Uyuni, en las siguientes cantidades:

- LITIO	8.9	millones de toneladas
- BORO	7.7	“ “
- POTASIO	194	“ “
- MAGNESIO	211	“ “

De los resultados indicados, se infiere que el litio, constituye la mayor reserva del mundo. Complementariamente, en el Instituto de Investigaciones Químicas, Carrera de Ciencias Químicas de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la UMSA, han determinado la existencia de rubidio y cesio, aún en una cantidad preliminar de aproximadamente 200.000 toneladas, sin embargo son varios los factores que inciden en poner de lado estudios mas avanzados para estos dos elementos, debido al poco interes que tienen industrial y comercialmente, pues su mercado es casi desconocido, ademas de sus reducidas aplicaciones.

Las reservas en la salmuera de la desembocadura de Rio Grande, tiene dificultades en cuanto a su cuantificación, debido al desconocimiento de la profundidad total de la salmuera y de la variación de las concentraciones de los elementos respecto a la profundidad, F. Risacher y O. Ballivian, en su libro “Los Salares del Altiplano Boliviano”, dan una idea aproximada de estas reservas. Dividen la zona de estudio en tres zonas, según el comportamiento de las concentraciones de los tres principales elementos (Li, K, B), de acuerdo al espesor hipotético de la salmuera y a la concentración respecto a la profundidad variable de la napa, calculan que los valores de reservas en Litio, Potasio y Boro en la salmuera de Rio Grande está probablemente comprendido entre los siguientes valores extremos:

60.000 Ton. < Li >	600.000 Ton.
450.000 Ton. < K >	4.500.000 Ton.
40.000 Ton. < B >	400.000 Ton.

Estos valores al ser de reducida precisión, ademas de representar menos del 10% de las reservas cuantificadas en la salmuera de la costra de sal (Li – 0.67 al 6.7%, K- 0.3 al 3 %, B – 0.67 al 6.7%), no se han tomado en cuenta para los valores de las reservas del Salar de Uyuni para los elementos principales existentes en su salmuera (Litio, Boro, Potasio y Magnesio).

3.5.1 Litio

Del total de las reservas del litio contenido en pegmatitas y salmueras, según el minerals Year Book, se distribuye como sigue:

Bolivia	55%
Norte América	23 %
Chile	16%
Resto del Mundo	6 %

Bolivia y Chile controlan casi tres cuartas partes de la reserva mundial, como se aprecia en el cuadro N° 3.5.1.1.

CUADRO N° 3.5.1.1

RESERVAS		
Pegmatitas	Toneladas Li	Totales
EE.UU.	3,157,000	
Canadá	268,000	
Zimbabwwe	113,000	
Zaire	2,340,000	
Namibia	11,000	
Australia	41,000	
Brasil	18,000	
Argentina	1,000	
Total pegmatitas		5,949,000
Salmueras		
EE.UU.	402,000	
Chile	4,290,000	
Bolivia (Salar Uyuni 45,5%)	8,900,000	
Total salmueras		13,592,000
GRAN TOTAL		19,541,000

Fuente: Chemical Marketing Reporter

Ahora bien, en términos de reservas conocidas y potenciales de litio, son enormes y están muy distribuidas en el mundo (de acuerdo al Cuadro 3.5.1.2). Las reservas establecidas son de 14 millones de toneladas de litio, y las potenciales, de por lo menos 60 millones de toneladas. Además, el progreso técnico alcanzado en la extracción de litio en salmueras con bajas concentraciones podría suministrar una fuente de reservas económicas de litio, proveyendo así el acceso a los 250 mil millones de toneladas de litio metálico contenidas en el mar.

CUADRO N° 3.5.1.2

RECURSOS SIGNIFICATIVOS DE LITIO EN EL MUNDO OCCIDENTAL*			
Ubicación	Ley (% Li)	Reservas establecidas (Miles de Tons.)	Recursos potenciales (Miles de Tons.)
Australia (menas)	1,36	410	480
Argentina (salmuera)	0,05		137
Bolivia (salmuera)	0,05	9000	desconocido
Canadá (menas)	1,28	200	400
Chile (salmuera)	0,1	4300	4300
Estados Unidos			
menas	0,67	369	419
arcillas	0,5	15100
salmuera superficial	0,03	31	31
salmuera profunda	0,02	40000
Zaire (menas)	0,6	350
Zimbabwwe (menas)	350	25	30
Total		14,3352	61,247

* Se excluyen ex URSS y China. Las reservas en ambos países son desconocidas,

pero se cree que cada una es igual a las reservas de Estados Unidos.
Fuente: Industrial Minerals, Junio 1987. Departamento De Minas De EE.UU.

Con estas reservas mundiales, y teniendo en cuenta que hasta 1990 sólo se consumieron 7.500 toneladas de litio, el abastecimiento futuro esta asegurado cualquiera sea la tasa de crecimiento concebible.

Los recursos de litio contenidos en la salmuera del Salar de Uyuni son de especial interés. François Risacher delineó estos recursos hasta una profundidad promedio de 4,7 mts., estableciendo las reservas de 9 millones de toneladas de litio. No sería irracional pensar que un programa de exploración con perforaciones confirme una profundidad promedio de 50 mts., con lo que dichas reservas podrían elevarse hasta 81 millones de toneladas.

3.5.2 Boro

Son pocos los lugares en el mundo donde existen yacimientos de minerales de boro: Estados Unidos, Turquía, URSS, China, Chile, Bolivia, Perú, Argentina.

Turquía es el país que cuenta con la mayor cantidad de reservas, cuya fuente proviene de ulexita y colemanita, en Bigadic, Emet y Kirka; abarca aproximadamente el 34% de las reservas mundiales.

El segundo país, con mas del 32% del total de las reservas es Estados Unidos, que obtiene boro a partir de colemanita-ulexita-probertita; en Billie, ulexita; en boron, y de salmueras; en el lago Searles.

La Unión Soviética se ubica en tercer lugar, con alrededor del 17%, a continuación están China, Chile, Bolivia, Perú y Argentina. Haciendo notar que en Sud-América, excepto Perú, las fuentes de boro son a partir de salmueras. Su porcentaje de pureza es menor al de fuentes minerales como colemanita, ulexita y otros. El mineral con mayor contenido de boro es el de Turquía con un 30% de recuperación como promedio.

En nuestro caso, las reservas cuantificadas en la primera capa o costra del Salar de Uyuni, sin considerar la "anomalía" existente en la desembocadura del Río Grande, ni las reservas de los restantes salares del país, ascienden a 7.7 millones de toneladas, lo que significa que nuestras reservas son aún mayores.

El yacimiento de borato de Río Grande, es decir el yacimiento de ulexita de Río Grande se encuentra dentro de los sedimentos deltaico – lacustres, justo antes de donde comienza la costra de sal del Salar, de acuerdo a la figura N° 1 en anexos A. Es ulexita ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) diagenética, precipitada por ascención capilar de la napa subterránea. El nivel de ulexita no es uniforme.

El siguiente cuadro muestra las reservas mundiales de Boro:

CUADRO Nº 3.5.2.1
RESERVAS MUNDIALES DE BORO

PAIS	RESERVAS (Cont.Ox.Borico)	TIPO DE YACIMIENTO	%
Turquia	109,000,000 T.M.	Colemanita - ulexita	34,18%
Estados Unidos	104,000,000 T.M.	Colemanita - ulexita- salmueras	32,61%
URSS	54,000,000 T.M.	Ulexita - Salmueras	16,93%
China	27,000,000 T.M.	Salmueras	8,47%
Chile	12,000,000 T.M.	Salmueras	3,76%
Bolivia	7,700,000 T.M.	Salmueras	2,41%
Perú	4,000,000 T.M.	Colemanita	1,26%
Argentina	1,200,000 T.M.	Diversos Yacimientos	0,36%
TOTAL	318,900,000 T.M.		100%

Fuente: Analisis de la oferta y Demanda del Boro, litio y potasio Dr. Rolando Zuleta 1996

3.5.2.1 La ulexita

Existen aproximadamente 60 minerales conocidos de boro, de los cuales 7 tienen el carácter de menas minerales cuyas composiciones mineralógicas y nombres son de la siguiente manera:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. Tincal *boráx) | $\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ |
| 2. Ulexita (Borato Hidratado) | $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ |
| 3. Hidroboracita | $\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| 4. Ascharita | $\text{Mg}(\text{BO}_2) (\text{OH})$ |
| 5. Kotoita | $\text{Mg}_3(\text{BO}_3)_2$ |
| 6. Ludwigita | |
| 7. Datolita | |

De los minerales mencionados, la ulexita es el mineral de boro más importante de los salares del Oeste potosino y constituye el 90% de los yacimientos de boro superficiales y sub-superficiales.

3.5.2.2 Ubicación y cuantificación de reservas de ulexita

En las cuencas evaporíticas del Salar de Uyuni, en el Oeste Potosino, se encuentran yacimientos superficiales y subsuperficiales de ulexita ($\text{Ca Na B}_2 \text{O}_7$). Que constituye el 90% de los yacimientos de boro. De acuerdo a los estudios realizados por Geobol y Acuater, las reservas mas grandes de ulexita se encuentran en el Sud Potosino, en el Delta de Río Grande, las reservas sólo en el yacimiento de Llipillipi, cuantificadas en Aprox. 12 Millones de TM. En un área de 55 Km^2 , un espesor promedio de 20 cm., ley del 60% (40% agua intersticial) de bórax en ulexita y densidad de ulexita = 2, proporciona un total de 12.000.000TM ulexita, es decir 1.600.000 Ton. de Boro.

El cuadro Nº 2.5.2.2.1 refleja las reservas en las salmueras de la zona mas concentrada al sur del Salar de Uyuni, cerca de la desembocadura del Río Grande, de acuerdo al estudio de la Orstom, que analiza las potencialidades con que cuenta nuestro gran Salar.

Cuadro N° 3.5.2.1

Elemento	Concentración (Mg - 1)	Reserva Zona de Rio Grande (Ton.)	Precisión
Cl	200000	48000000	7000000
So4	3000	7200000	1000000
B	1500	360000	500000
Na	50000	12000000	1700000
K	20000	4800000	700000
Li	1800	430000	60000
Ca	150	36000	5000

Fuente: Orstom, UMSA, Risacher.

Las reservas de boratos en el mundo están ubicadas en un 90% en E.U.A y Turquía. En Sud América, las reservas más importantes están ubicadas en Argentina (Tincalayo donde se producen 145.000 TM/año de Bórax $\text{Na}_2 \text{B}_2 \text{O}_7$).

3.5.3 Potasio

La mayoría de los compuestos de potasio se originan en depósitos naturales de sales sólidas o en aguas saladas superficiales o subsuperficiales. Los minerales a ser extraídos para la posterior elaboración de compuestos de potasio son variados, aunque los más usados son la silvinita ($x\text{NaCl}$, $y\text{KCl}$), Kainita ($\text{MgSO}_4\text{KCl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$), carnalita y la extracción a partir de salmueras.

Según las estadísticas de Estados Unidos, las reservas mundiales de potasio, de acuerdo al siguiente cuadro, se distribuye :

Cuadro N° 3.5.3.1

	Reservas	Reserva Base
Estados Unidos	90000	300000
Bielorussia	750000	1000000
Brasil	300000	600000
Canadá	4400000	9700000
Chile	10000	50000
China	8000	450000
Francia	500	NA
Alemania	710000	850000
Israel	40000	580000
Jordania	40000	580000
Rusia	1800000	2200000
España	20000	35000
Ucrania	25000	30000
Reino Unido	22000	30000
Otros países	50000	140000
Total de mundo	8265500	16545000

Fuente: Mineral Commodity Summaries 2004 (Geological Survey)

El país que posee mayor cantidad de reservas de óxido de potasio es Canadá, con aproximadamente 10 mil millones de toneladas equivalentes, Rusia se ubica en segundo lugar con sus 2 millones 200 mil toneladas de óxido de potasio, en Asia, Israel y Jordania

poseen similar cantidad de reservas (580 mil toneladas aproximadamente cada uno), en Europa el primer país de significativa importancia es Alemania con 850 millones de toneladas de óxido de potasio, en Estados Unidos aproximadamente totalizan 6 mil millones toneladas. La mayor parte de esto está tendido en profundidades entre 1,800 y 3,100 mts. en una área de 3,110 km² de Montana y Dakota del Norte como una ampliación de la cuenca de Williston depositado en Saskatchewan, Canadá. La cuenca de Paradox en Utah contiene aproximadamente 2 mil millones de toneladas, principalmente en profundidades de más de 1,200 metros. Un recurso de óxido de potasio grande está a 2,100 mts. bajo Michigan central en los EE.UU. La reserva incluye aproximadamente 62 millones de toneladas de reservas en Michigan central. Los recursos de mundo aproximadamente totalizan 250 mil millones de toneladas. Los depósitos de óxido de potasio en Rusia y Tailandia contienen cantidades grandes de carnallite; no está claro si esto puede ser buscado beneficiosamente en una economía de libre mercado.

En Latinoamérica, el país de principal importancia por la cuantiosa fuente de recursos potásicos y que aún no han sido explotados es Bolivia, con más de 190 millones de T.M. de K₂O ubicados en el Salar de Uyuni, y que representan el 54 % de las reservas latinoamericanas.

Sustitutos: no hay ningún sustituto para el óxido de potasio como un nutriente de planta esencial y un requisito nutritivo esencial para animales y seres humanos.

3.5.4 Magnesio

El magnesio se encuentra en gran cantidad en la corteza terrestre. Existen depósitos minerales sólidos, principalmente dolomita y magnesita (MgCO), y yacimientos salinos de origen marino y salmueras naturales.

Estados Unidos es el principal explotador de reservas de yacimientos salinos, el cuadro N° 3.5.4.1 de las estadísticas mundiales de reservas en el Mineral Commodity Summaries 2004 (Geological Survey), refleja compuestos de magnesio como el magnesite:

Cuadro N° 3.5.4.1

	Reservas	Reservas Base
Estados Unidos	10,000	15,000
Australia	100,000	120,000
Austria	15,000	20,000
Brasil	45,000	65,000
China	380,000	860,000
Grecia	30,000	30,000
India	14,000	55,000
Korea del Norte	450,000	750,000
Rusia	650,000	730,000
Slovakia	41,000	319,000
España	10,000	30,000
Turkia	65,000	160,000
Otros países	390,000	440,000
Total Mundo (redondeado)	2,200,000	3,600,000

Fuente: Mineral Commodity Summaries 2004 (Geological Survey)

Además de magnesite, hay reservas vastas de pozo y salmueras de lago y agua de mar donde los compuestos de magnesio pueden ser recuperados.

Los recursos mundiales de los compuestos de magnesio recuperados se extienden de grande a prácticamente ilimitado y los recursos de mundo identificados globalmente extendidos de magnesio totales son de aproximadamente 12 mil millones de toneladas, y de brucite, varios millones de toneladas. Los recursos de dolomite, forsterite, y minerales de evaporite que llevan magnesio son enormes salmueras de magnesia son calculados en miles de millones de toneladas. El hidróxido de magnesio puede ser recuperado de agua de mar.

Respecto a reservas de magnesio de salmueras naturales, Bolivia y Chile poseen magnesio en los salares de Uyuni y Atacama, respectivamente. Sin embargo, la importancia del Salar de Uyuni es mayor respecto al de Atacama, ya que el magnesio en el Salar chileno es en menor cantidad además de su mezcla con sulfuros, que dificultan el proceso de extracción.

En cuanto a reservas nacionales, el Salar de Uyuni posee una cantidad enorme de magnesio, conociéndose por cálculos efectuados, aproximadamente 12.500.000 TM/Km³ de sal común en la primera costra en cuya composición, 35% de salmuera y 65% de halita (sal sólida), se tiene un total de 20663 Km³ de salmuera, que arroja un resultado de 260 millones de TM de magnesio. Dicho parámetro muestra la importancia de este recurso, mas aún por la vigencia plena de su utilización actual y por muchos años.

Uno de los productos con mayor valor agregado es el magnesio metálico, se conocen varios tipos de obtención de magnesio metálico a partir de los recursos con que se cuenta. Uno de los procesos apropiados, dadas las características de la salmuera del salar de Uyuni, es el conocido proceso DOW utilizado también por la Dow Chemical Company en su fabrica de Freeport, Texas. Este proceso, en su fase mas importante, consta de la electrolisis del ión magnesio, dicha tecnología podría adecuarse al recurso boliviano.

En Estados Unidos, el metal de magnesio es obtenido de agua de mar, natural, salmueras, dolomite, y otros minerales. Las reservas y la base de reserva para este metal es suficiente para proporcionar futuros requisitos en curso. A un grado limitado, las salmueras naturales existentes puede ser considerado recurso renovable de cualquier magnesio retirado por seres humanos y que puede ser renovado por la naturaleza en un espacio breve del tiempo. Como se indicó, los recursos mundiales de los que el magnesio puede ser recuperado se extienden de grande a prácticamente ilimitado y está mundialmente extendido. Los recursos de dolomite y minerales de evaporite que lleva magnesio son enormes.

Sustitutos: el Aluminio, el sílice, y chromite sustituye al magnesio (oxido de magnesio) en algunas aplicaciones, aluminio y zinc podrían sustituir a magnesio en piezas fundidas y productos forjados. Para hierro y desulfurización de acero, el carburo de calcio puede ser usado en lugar de metal de magnesio.

3.5.5 Valor "in situ" estimado de las Reservas del Salar de Uyuni

Como se puede evidenciar las reservas de nuestro Salar, son grandiosas y para dar tan solo una idea mas de la potencialidad de los cuatro principales recursos analizados en la

presente tesis, es que se ha elaborado un calculo muy general del valor "in situs" que representan dichos elementos, que se encuentran en espera de ser explotados.

Cabe hacer notar que para tener valores con mayor rango de seguridad se debería tener los costos de producción, costos de operación, porcentaje de recuperación comprobado, y demás factores incidentes para el calculo de cuánto tenemos, económicamente dormido en el Salar.

Se toma como porcentaje de recuperación de las reservas un 70% para los cuatro elementos, considerar un mayor porcentaje es arriesgado pues no se sabe experimentalmente cuanto se recuperará de cada uno. De acuerdo a la relación estequimétrica existente entre los elementos estudiados y sus compuestos es que se ha calculado los valores de conversión elemento/compuesto. Teniendo los precios promedio en el mercado internacional para los compuestos susceptibles a ser explotados e industrializados de las salmueras del Salar, se ha calculado los valores probables, referidos a dinero, con que se cuenta en el sitio.

El cuadro 3.5.5.1 muestra los valores, expresados en dólares americanos actuales. Dicho cuadro expresa el valor de Litio, Potasio, Boro y Magnesio, donde se estima que en conjunto alcancen a superar los 349 mil millones de dólares americanos, cifra exorbitante y que nos hace pensar en la magnitud fabulosa que representa el Salar de Uyuni como fuente de ingresos para el país, demostrando ser un posible polo de desarrollo principal a nivel nacional, si se sabe aprovechar y tomar desiciones políticas minero metalurgicas de reactivación de la minería nacional.

3.6 VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA

Los volúmenes de producción a nivel mundial de los principales elementos estudiados, se detalla en terminos globales en el cuadro siguiente, se debe mencionar que los últimos reportes del World Mining Data 2000 y 2005 contiene información hasta dos años anteriores, es decir el World Mining Data 2005 tiene la información hasta el 2003 como dato real sin estimar para el 2004.

Cuadro N° 3.6.1
Producción Mundial de Minerales no Ferrosos (tons. Metricas)

PRODUCTO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Litio	15330	17664	19462	23575	24169	23528	25073	23077	25292	25859
Boro	2699111	2830408	3229320	3006791	3600278	3239108	3843601	3690413	3431609	3626638
Magnesio	9200418	9803368	11149788	10660106	11400190	11349010	12350120	13889443	12425387	12519199
Potasio	23511224	25562220	25380343	28199188	28166504	25402640	25376860	24764836	25599163	27612400

Fuente: World Mining Data 2000 y 2005

Como ya es característico analizaremos la producción y la capacidad instalada de forma individual de cada unos de los minerales no metalicos en cuestión.

3.6.1 Litio

Los más grandes productores de litio, en compuestos químicos, metal o minerales, son la Lithium Corporation of América y la Foote Minerals Co., de EE.UU. y cubren aproximadamente el 60% del consumo mundial, el 40% restante, está abastecida por Chile, URSS, China, Australia, Zimbabwé, Canadá y Brasil, estos tres últimos países producen solamente concentrados de minerales de litio.

La Lithium Corporation of América produce una gama de aproximadamente 70 compuestos químicos en su industria integrada de Bessemer City, Carolina del Norte, a partir de minerales de espodumeno que explota a tajo abierto en sus minas de Cherryville. La producción en términos de carbonato de litio equivalente, es de 36.000.000 Lb/año (16.300 Tons/año), los costos de producción fluctúan entre 0.90 – 1.10 \$us/Lb de carbonato de litio.

La Lithium Corporation of América, tiene una subsidiaria en Inglaterra, llamada Lithium Corp. Of Europe, que produce cloruro de litio, metal de litio y butil litio; igualmente, tiene en Japón un "Joint Venture" con Honjo Chemical Co., que producen butil litio y otros derivados químicos de litio.

La Foote Minerals Co. Segundo en importancia en el área del litio, tiene en Kings Mountaine, Carolina del Norte, una planta industrial con capacidad de 18.000.000 Lb/año (8.200 Tons/año) de carbonato de litio, que fue momentáneamente paralizada en 1986 por razones económicas, mientras se mantenía débil el mercado de litio.

La Foote Minerals Co., tiene también una planta industrial de carbonato de litio en Silver Peak, Nevada. Con una capacidad de producción de 16.000.000 Lb/año (7200 Tons/año), a partir de salmueras; así mismo Foote produce en Virginia, Tennessee y Peansylvania.

La Foote Minerals Co. que era socio mayoritario de la Sociedad Chilena de Litio Ltda., es actualmente dueña del 100% de la misma, por haberle transferido todas sus acciones la Corporación de Fomento de la Producción "CORFO" que poseía el 45% de la sociedad mixta; obtiene carbonato de litio a partir de las salmueras del Salar de Atacama, con un capacidad de producción de 16.000.000 Lb/año (7200Tons/año), con un costo que fluctúa entre 0.60 – 0.90 \$us/Lb de carbonato de litio.

En el cuadro N° 3.6.1.1 se muestra un resumen de la capacidad instalada, para la producción de carbonato de litio equivalente, incluido el metal, compuestos químicos y concentrados de uso directo, a partir de salmueras y minerales.

Cuadro N° 3.6.1.1
Capacidad Mundial Instalada de Litio

<u>País</u>	<u>Millones de libras de Li₂CO₃ equivalente</u>
EE.UU.	70.0
Lithium Corp. Of América	36.0
Foote Minerals Co.	34.0
Chile	16.0
U.R.S.S.	12.0
China	8.0
Australia	9.0
Zimbabwe	6.4
Canadá	6.0
<u>Brasil</u>	<u>6.0</u>
TOTAL	128.4

Fuente: Chemical Marketing Reporter

Por otra parte, En el Salar Del Hombre Muerto-Fenix, Minera del Altiplano S.A. es una subsidiaria de FMC Corporation que inició sus actividades en Argentina en 1990, tras la firma de un convenio de explotación de litio con la provincia de Catamarca y la Dirección General de Fabricaciones Militares.

La empresa Minera del Altiplano S.A.-FMC es de origen norteamericano y tiene una gran participación en el mercado internacional de este producto, los destinos principales son EEUU, Japón y Gran Bretaña. La escala de producción es de 25 millones de libras de carbonato de litio y 12 millones de cloruro de litio. Esta producción representa el 30% de la demanda mundial actual, y está destinada a la elaboración de litio metálico e hidróxido de litio, dos insumos fundamentales para la fabricación de aleaciones de metales livianos y de pilas y baterías de litio. La vida útil es significativamente larga. Se estima en más de 40 años.

En plena Puna argentina, Minera del Altiplano S.A. instaló tecnología de última generación para la producción de carbonato de litio y cloruro de litio, materiales que exporta a todo el mundo, por un valor de 35 millones de dólares anuales.

La compañía opera tres plantas industriales en el Salar del Hombre Muerto (provincia de Catamarca): la planta de adsorción selectiva para remover el litio de la salmuera natural, la planta de servicios auxiliares que abastece de electricidad, vapor y aire comprimido al complejo industrial, y la planta de carbonato de litio con capacidad para producir 11.350 toneladas anuales.

En la provincia de Salta, Minera del Altiplano S.A. está instalada en dos puntos estratégicos. A pocos kilómetros de la ciudad de General Gúemes, funciona la planta de cloruro de litio cuya capacidad productiva es de 7.260 toneladas anuales. En Salar de Pocitos funciona la estación de transferencia de cargas para la recepción de materias primas e insumos y el despacho de productos elaborados a los puertos de Antofagasta (Chile) y Buenos Aires.

Los minerales comerciales de litio suelen tener del 3 al 4% Li_2O en los de lepidolita (Namibia, Zimbabwe), del 7,5 al 9% Li_2O en los de amblygonita (Namibia, Brasil), del 3 al 4,7% Li_2O en los de petalita (Brasil, Namibia) y del 4,8 al 7,5% Li_2O en los de espodumena (Estados Unidos, Australia, Canadá, Zimbabwe) Por otra parte, la totalidad de la producción chilena se obtiene de las salmueras del Salar de Atacama, las más ricas conocidas, con 1 900-3 400 ppm Li en el todo uno. Consecuentemente, no tiene sentido efectuar la suma de cantidades tan heterogéneas, y en su lugar se intenta aproximar su contenido en Li o Li_2O , al menos a nivel global.

Cuadro Nº 3.6.1.2

PRODUCCIÓN MINERA MUNDIAL DE LITIO (t de mineral)¹⁹

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002e
Portugal (lepidolita)	7626	6838	13 306	14 862	9 352	11 571	9 500
España (lepidolita)	----	-----	7 676	6 700	6 597	6 281	6 800
Chile (carbonato)	14180	24246	28 377	30 231	35 869	31 320	31 500
Argentina (carb. y clor.)	-----	1876	8 583	4 387	5 276	4 512	5 635
Brasil *	6571	6909	9 295	11 071	10 873	11 000	11 200
Estados Unidos **	4000	4000	1 550	1 490	1 230	890	nd
Australia (espodum.)	92462	114934	62 948	75 824	64 983	56 370	60 000
Zimbabwe (petalita)	30929	49833	28 055	36 671	37 914	36 103	32 000
Canadá	22000	22500	22 500	22 500	22 500	22 500	22 500
China	40640	66909	43 122	46 198	31 967	34 276	34 000
TOTAL (Li cont.)	9800	13200	11 800	10 800	11 600	10 500	11 000

Fuente: World Min. Statistics 1996-2001, BGS ; Min. Yearbook 2002, USGS

e = estimado

* amblygonita, petalita y espodumena ** litio contenido en salmueras y espodumena,

Como ocurre con otros minerales, los datos de producción correspondientes a China no suelen ser coincidentes en las distintas fuentes consultadas. Así, el USGS da sólo la producción de carbonato de litio, situándola en torno a las 13 kt/año. En el caso de Australia, los datos del USGS son bastante más altos que los ofrecidos por el BGS, estimándolos en 100 kt de espodumena para el año 2002. También el Mining Annual Review 2002 apunta cifras más próximas a las 100 kt. Los tres mayores productores de minerales de litio siguen siendo Sons of Gwalia Ltd. (Australia), Tanco (Canadá) y Bikita Minerals (Zimbabwe). Sons of Gwalia posee el mayor depósito de mineral de litio de alto

¹⁹ Recursos minerales, riesgos geológicos y geoambiente, Panorama Minero, Litio 2003 España.

grado (espodumena) en funcionamiento, con una capacidad de producción instalada que casi cubriría la demanda mundial de estos minerales.

En Brasil producen litio dos empresas. La Companhia Brasileira de Lítio produce concentrados de espodumena en la mina subterránea de Cachoeira, en Araçuaí. El mineral es transformado en carbonato e hidróxido de litio en su planta de Aguas Vermelhas (Minas Gerais). Arqueana de Minérios e Metais Ltda. , produce una mezcla de espodumena, petalita y lepidolita procedente de varias minas en Araçuaí e Itinga. También se conocen otros depósitos de minerales en China, países de la antigua URSS y Canadá, pero son de menor calidad actualmente no serían viables económicamente, al margen de que en la actual situación de mercado, con mayor capacidad instalada que demanda, la entrada de nuevos productores al mercado no parece probable a corto plazo.

Así mismo en Estados Unidos la producción procede de las salmueras de Silver Peak (Nevada), con 160 ppm Li en el todo uno y concentrados del 38-42% LiCl (13,3-14,8% Li₂O equivalente), ya que la última mina de espodumena activa (en Carolina del Norte), cerró en 1998. Las cifras actuales de producción no están disponibles por proceder de una única empresa, Chemetall Foote Corp., filial de la alemana Chemetall GmbH. La compañía cuenta con diversas plantas para obtención de hidróxido de litio y otros compuestos derivados.

En el sector del carbonato de litio existen sólo dos productores, SQM Chemicals, con capacidad para obtener 22 000 t/año de carbonato de litio equivalente de sus salmueras en Chile, y la ya citada Chemetall GMBH, con capacidad instalada de 15 000 t/año, a partir de las salmueras en Chile y Estados Unidos.

Sin embargo, el cuadro 3.6.1.2 representa datos de la producción mundial por compuestos de litio del país productor de 1996 a 2002, el cuadro 3.6.1.3 nos muestra la producción total de litio en todas sus formas desde 1994 hasta 2003.

La producción ha sido ascendente con una pequeña disminución de la producción en el año 2001 respecto al 2000, pero que después retoma su alta producción en los países productores para los siguientes años según muestra el Gráfico N° 3.6.1.1.

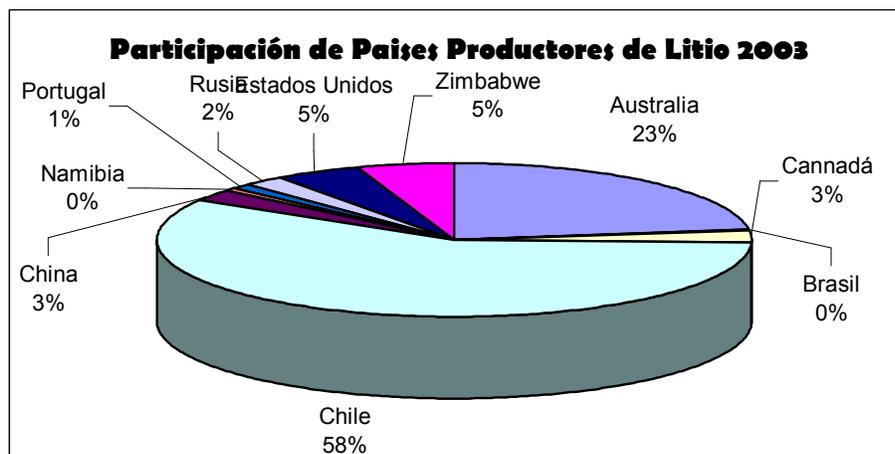
Grafico N° 3.6.1.1



Fuente: Elaboración propia en base al Cuadro 3.6.1.3

Sin embargo el mayor productor de litio es Chile con un 58% del total de la producción (cave hacer notar que Chile produce solo carbonato de litio, dentro de los minerales de litio), en segundo lugar Australia con un 23% (con su producción de espodumeno), en tercer lugar Estados Unidos y Zimbabwe compartiendo un 5% del total mundial (con la producción de petalita y espodumeno), los países como Canadá y China con el 3%, Rusia con un 2% y Portugal con el 1% coadyuvan a satisfacer el mercado mundial de litio con sus diferentes productos derivados de litio, según el gráfico N° 3.6.1.2.

Gráfico N° 3.6.1.2



Fuente: Elaboración propia en base al cuadro N° 3.6.1.3

3.6.2 Boro

La capacidad instalada de compuestos y/o productos de boro está diseminada en siete países, de los ocho que poseen las reservas mundiales de boro, ahora Bolivia produce algunos compuestos de boro.

En Estados Unidos existen tres plantas que procesan compuestos de boro:

- La U.S. Borax Co. Que produce ulexita, con capacidad instalada de 725 mil tons/año y ácido bórico con capacidad de 200 mil tons/año.
- La American Borate, que tiene una planta de colemanita concentrada, con capacidad instalada de 125 mil tons/año.
- La Kerr Mc-Gee, que a partir de las salmueras del lago Searles produce ácido bórico con una capacidad de 36 mil tons/año, Bórax pentahidratado 33 mil tons/año, Borax decahidratado 15 mil tons/año, y Borax anhídrido 45 mil tons/año.

En Turquía existen varias plantas de compuestos de boro, la empresa encargada de estas plantas es la Etibank, que es una empresa estatal y que es la mayor productora de compuestos de boro a nivel mundial, tiene instaladas plantas en siete regiones de Turquía:

- En Emet, la Etibank procesa Colemanita concentrada con capacidad de 400.000 tons/año.
- En Kirka, la planta procesa Borax concentrado, con capacidad instalada de 300.000 tons/año; así mismo existen otras tres plantas que producen a partir del borax concentrado:

- Borax pentahidratado, 160.000 tons/año
 - Borax decahidratado, 17.000 tons/año
 - Borax anhidro 60.000 tons/año
- En Bandirna, empleando como materia prima el borax concentrado de Kirka, la Etibank produce en tres plantas:
 - Borax pentahidratado, 40.000 tons/año
 - Borax decahidratado, 70.000 tons/año
 - Borax anhidro 135.000 tons/año.
 - En Bigadic, la planta produce Colemanita concentrada y tiene capacidad de 150.000 tons/año.
 - En Kestelek también se produce colemanita concentrada con capacidad instalada de 110 tons/año.

La Unión Soviética es el único productor de compuestos de boro a gran escala en Europa. La empresa Estatal Staat Unternehmen explota los yacimientos de la región de Inder (la mayoría salmueras), produce magnesio-boratos con capacidad instalada de 250.000 tons/año.

En China Nacionalista la empresa China Nal. Met. Umin. produce magnesio-boratos a partir de salmueras con capacidad instalada de 115.000 tons/año, más de 80 % de los recursos de borates del país estaban en Liaoning y provincias de Kirin. Los minerales eran principalmente depósitos de metamorphic que contenían principalmente ascharite, un borate de magnesio. La otra producción era de lagos de playa en Qinghai, donde minerales de borato, como ulexita, hydroboracite, y bórax, fueron producidos de salmueras.

En Argentina, en la región de Tincalayu (provincia de Salta) la Bioquímica SAMICAF, produce Borax refinado, la planta tiene una capacidad instalada de 145.000 tons/año, es la planta de mayor importancia a nivel sudamericano.

La CORFO S.A. en Chile tiene instalada una planta de borax refinado y ácido bórico con capacidad instalada de 30 a 50 mil tons/año. En Perú, la BOREX INC. Tiene instalada una planta de borax refinado en el departamento de Arequipa, con una capacidad de 30.000 tons/año, a partir de yacimientos de colemanita.

El cuadro 3.6.2.1 detalla la capacidad instalada a nivel mundial (salvo hayan existido modificaciones nuevas en los últimos años, el cuadro es una recopilación de la tesis de Juan Omoya Alarcón presentado a la UMSA en 1990, puesto que no volvió a llegar información detallada a nivel mundo de la capacidad instalada de los compuestos del Salar de Uyuni por quedar rezagado los estudios e investigaciones de dichos minerales).

**CUADRO Nº 3.6.2.1
CAPACIDAD INSTALADA DE BORO A NIVEL MUNDIAL**

PAÍS	EMPRESA	FUENTE/MINERAL	CAP. INSTALADA	PRODUCTO
ESTADOS UNIDOS				
BORON	U.S. BORAX COMPANY	Borax natural, kernita, ulexita.	725,000 ton/año	Ulexita, Acido Bórico

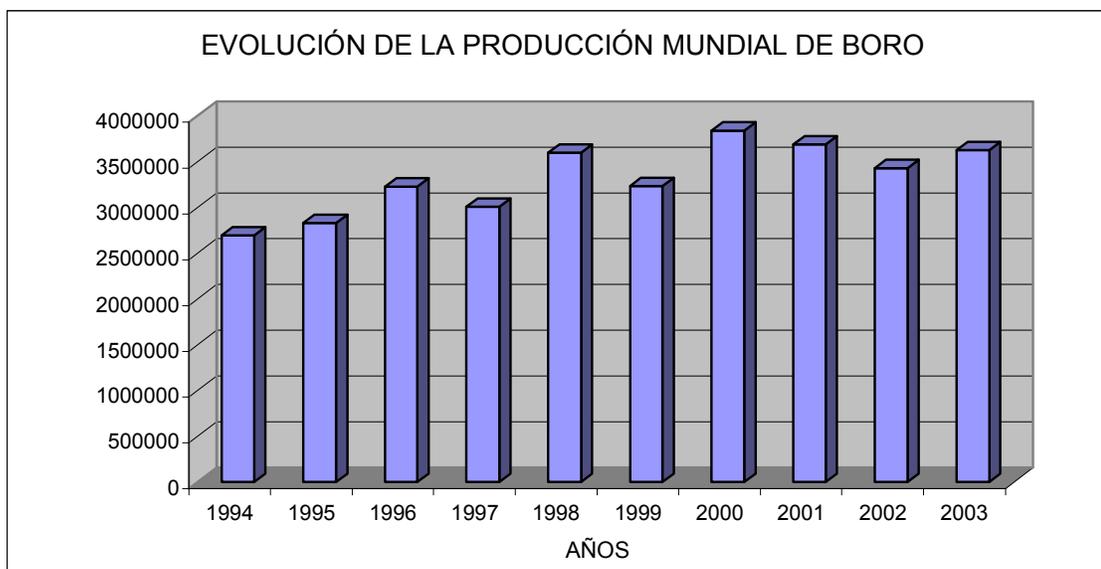
BILLIE	AMERICAN BORATE	Ulexita, colemanita, proberita.	125,000 ton/año	Colemanita concentrada
SEARLES LAKE	KERR MC-GEE	Salmueras	36,000 ton/año 33,000 ton/año 15,000 ton/año 45,000 ton/año	Acido Borico Borax pentahidratado Borax decahidratado Borax anhidro
TURQUÍA				
EMET	ETIBANK	Colemanita, ulexita, ácido hidratado en capas de piedra	40,000 ton/año	Colemanita concentrada
KIRKA	ETIBANK	Borax, capas de ticolcanita	300,000 ton/año	Borax concentrado
		Borax concentrado de la Planta matriz	160,000 ton/año	Borax pentahidratado
			17,000 ton/año 60,000 ton/año	Borax decahidratado Bórax anhidro
BANDIRNA	ETIBANK	Utiliza Borax concentrado de Kirka	40,000 ton/año 70,000 ton/año 135,000 ton/año	Borax pentahidratado Borax decahidratado Bórax anhidro
BIGADIC	ETIBANK	Colemanita, ulexita	150,000 ton/año	Colemanita concentrada
KESTELEC	ETIBANK	Colemanita	110,000 ton/año	Colemanita concentrada
U.R.S.S.				
INDER	STAAT UNTERNEHEMEN	Salmueras	250,000 ton/año	Magnesio-boratos
CHINA NACIONALISTA				
QUIENGHAI, LIAONING	CHINA NATIONAL MET. U MIN.	Salmueras	115,000 ton/año	Magnesio-boratos
ARGENTINA				
TINCALAYU, SALTA	BIOQUÍMICA SAMICAF	Diversos boratos	145,000 ton/año	Borax refinado
CHILE				
SALAR DE ATACAMA	CORFO S.A.	Salmueras	30-50,000 t/año	Borax refinado, acido borico
PERÚ				
AREQUIPA	BOREX INC.	Colemanita	30,000 ton/año	Borax refinado

Fuente: "Boron Mineral Commodities, P. Harven", Juan O. A. UMSA 1990.

En cuanto a la producción mundial de compuestos de boro respecto al tiempo, ha ido teniendo altibajos en cada país. Desde 1994 hasta 2003, la producción mundial ha experimentado notables bajas como en 1994 y se ha ido recuperando respecto al tiempo alcanzando altos niveles de producción como en el año 2000.

El cuadro 3.6.2.2 muestra los valores de la producción de compuestos de boro a nivel mundial. El grafico 3.6.2.1. esquematiza dichos valores.

Grafico N° 3.6.2.1



Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 3.6.2.2

El acentuado aumento de la producción a partir de 1996, 1998, se debe a las propiedades importantes de la obtención de compuestos de boro en cerámica y procesos industriales, los precios favorables también coadyuvaron al aumento en la producción.

Respecto al análisis de la producción de cada uno de los países, Turquía es el principal productor, con más del 36% del total mundial, produce colemanita y bórax.

En segundo lugar se encuentra Estados Unidos con un 32%, cuya producción tiene un análisis particular, el valor estimado de óxido bórico en minerales y compuestos producidos el 2001 era \$557 millones de \$us, el 2003 alcanzó a 275 mill de \$us. La producción de minerales de boro principalmente como boratos de sodio es producido por cuatro compañías en California del sur. El productor más grande operó una mina de tincal y kernite a cielo abierto y conectó plantas compuestas. La mayoría del producto fue producida usando salmueras como materia prima. Una tercera compañía continúa el proceso en cantidades pequeñas de calcio y borato de sodio, y una cuarta compañía usaron un proceso in situ de producir colemanite sintético. El consumo principal de minerales de boro y químicos estaba en la producción de cerámica por firmas en los Estados Unidos Central norte y los Estados Unidos Orientales. Estados Unidos era el productor más grande de compuestos de boro refinado del mundo durante 2003, y aproximadamente la mitad de la producción nacional fue exportada. EE.UU. exportó materiales de boratos compitieron con bórax, ácido bórico, colemanite, y ulexita principalmente de Turquía.

El tercer productor, en orden de importancia para los compuestos de boro es Argentina con un 15%, la compañía Bórax SA de Argentina es una filial de Tinto de Río, productor de borates del país. Bórax Argentina buscó borates en tres depósitos en Salta y provincias de Jujuy. Tincalayu que originalmente se desarrolló en 1976, era la operación de mina a cielo abierto más grande de Argentina. El consumo de productos de boron estaba en agricultura, vidrio, fibra de vidrio y otras aplicaciones. La producción era aproximadamente 3,000 toneladas métricas por mes. Norquímica SA. era uno de pocos fabricantes de ácido bórico sobrevivientes en Argentina. Una parte del concentrado de ulexita es usado como forraje para la planta de ácido bórico, donde esta reaccionó con el ácido sulfúrico.

Chile también tiene una buena participación en la producción mundial con un 11% siendo el cuarto país de importancia mundial, la empresa Química Industrial Bórax Ltda (Quiborax) extrae de Surire, que era el depósito de ulexita más grande en el mundo entero, ulexita del salar. Las reservas fueron calculadas en 1,500 tons. El depósito estaba ubicado en una altitud de 4,250 m en Monumento De Surire natural, un parque nacional. La producción en 2000 era 380,000 Ton. , de ulexita crudo. La mayoría de la producción fue exportada a través del puerto de Arica. Las otras plantas de Quiborax incluían una nueva planta de ulexita granulada, que produjo ulexita agrícola arreglando óxido de boro, y otra planta de ulexita especial, que produjo diferentes clases de boro entre 10 % a 13 % arreglando el producto entre 30 % a óxido de boro 45 % para requisitos del mercado específicos. Una instalación integrada grande estaba programada para empezar la producción de 16,000 t / años de ácido bórico como un subproducto de la producción de sulfato de potasio. SQM también fabrica ulexita de reserva en el salar de Ascotán.

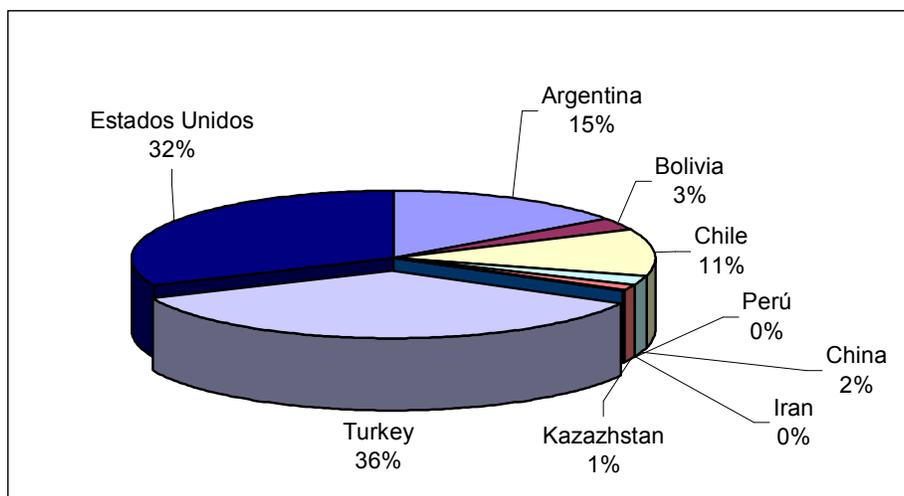
Bolivia, con un 3%, con la producción de Boro de compañías que buscaron ulexita alrededor del Salar de Uyuni en el Altiplano boliviano. Minera Tierra SA. , tenía concesiones grandes de ulexita cerca de la frontera chilena y produjo para la exportación. Las reservas estaban en el orden de 5.5 MT de óxido de boro. Además de ulexita, Tierra produjo el ácido bórico y en 1999 exportó 12,500 toneladas mundialmente. Los demás países productores se encuentran con valores significativamente menores, China con 2%, Kazakhstan 1%, Irán y Perú con menos del 1%.

En la India, las reservas de bórax existen en los distritos de valle de Puga de Jammu y Cachemira. En estado de Rajasthan, en Lake Sambhar fueron informados que contenían bórax aproximadamente 0.5 %.

En Perú, Inkabor SA., produjo ulexita en una mina en Laguna Salinas, que es al este a 80 kilómetros de Arequipa. La operación de mina a cielo abierto produjo 150,000 a 180,000 t / años de mineral de ulexita durante 6 o 7 meses de minería. La planta de calcio operó 24 horas por día produciendo ulexita en formas granulares y en polvo. La ulexita fue proporcionada a Oquendo para la producción de ácido bórico. La planta en Arequipa de Oquendo tenía la capacidad de producir 12,000 t / año del ácido bórico y 15,000 t / año de ulexita grande.

El gráfico N° 3.6.2.2, muestra la distribución porcentual de la producción mundial para el 2003.

Grafico N° 3.6.2.2



Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 3.6.2.2

3.6.3 Potasio

La capacidad instalada para la producción de compuestos de potasio se encuentra dispersa por todo el mundo, sin embargo Canadá y Rusia abarcan más de la mitad de la capacidad mundial. Sin embargo respecto al mundo occidental, es de gran importancia la capacidad instalada de la República Federal de Alemania. Las dos compañías más grandes son la Potash Corporation of Saskatchewan: de Canadá, y la Kali und Salz AG de la R.F.A.

En Israel, Chemical de Haifa tiene aproximadamente 65 % de la capacidad de mundo y es poseído por los EE.UU. Productos químicos de Haifa, produce 67,500 t / año de KNO_3 en la planta de Haifa debido a las condiciones del mercado mundial.

A nivel latinoamericano, Brasil es el país de mayor capacidad instalada (más de 250.000 TM K_2O /año. Se concluyeron dos plantas de gran importancia, la primera ubicada en la amazonía brasileña con una capacidad instalada de 900.000 TM K_2O /año a partir de silvinita; y la segunda ubicada en Bayovar, Perú con capacidad de 90.000 TM K_2O /año, a partir de salmueras, esta última cuenta con una planta piloto en operación. Chile, con su compañía, Atacama minerales Corp. producía yodo y nitrato de potasio, la minería de Atacama calculó que el consumo de nitrato de potasio del mundo en el año 2003 era 450,000 toneladas métricas por año con capacidad de 180,000 t / año que se puso en marcha en los siguientes 5 años. A fines de 2003, otro productor de nitrato de potasio, Compañía de Salitre Yodo ya tenía una mina y Pozo en Chile del norte, que anunció una nueva empresa en noviembre con capacidad de 90,000 t / año, usando insumos canadienses y ruso como materia prima.

Las últimas dos plantas que entraron en funcionamiento de muriato de potasio, la primera en Saint Paul, Congo a partir de Silvinita y Carnalita con capacidad de 225.000 TM. , y la segunda a partir de salmueras en las cercanías del lago Cha-erh-han, en la República Popular de China con capacidad instalada de 67.000 TM. K_2O equivalente/año.

Otra planta es la de Tailandia con capacidad de 480.000 TM K_2O /año, con tipo mineral carnalita para obtener KCl.

En China. el proyecto de potasa de lago de Darhan en cuenca de Qaidam de la provincia de Qinghai, en el año 2000, parece haber tomado el control sobre el desarrollo con un proyecto con capacidad instalada de 180,000 t / año bajo el grupo de la industria de Salt Lake de Qinghai.

En España, Iberpotash SA., es el nuevo nombre del antiguo Grupo Potasas, posee por mayoría DSW desde 1998, anunció los planes de incrementar la capacidad de producción española en aproximadamente 12.5%, 90,000 t/ año a 810,000 t / año.

Se debe hacer notar que mas del 90% de todas las plantas productoras en el mundo elaboran muriato de potasio (KCl) empleado como fertilizante, casi exclusivamente en el Japón las Plantas de Potasio elaboran Sulfato de potasio, como fertilizante alternativo al muriato. Menos del 4% de las Compañías Productoras produce compuestos de potasio para fines industriales.

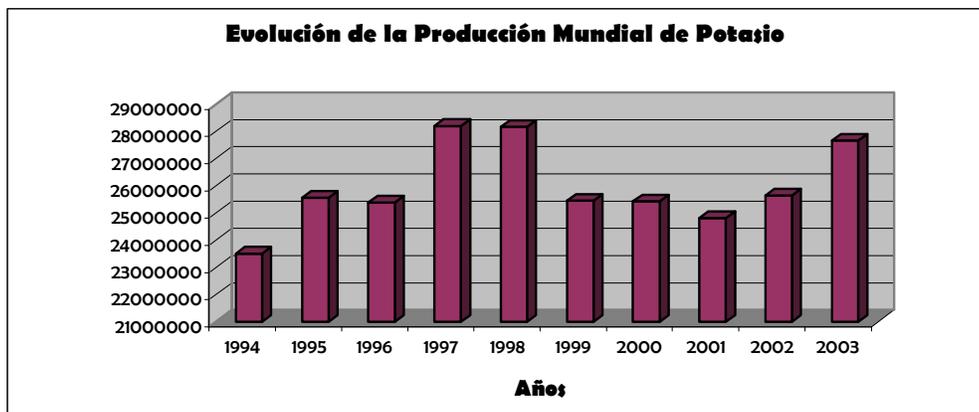
En el mundo occidental, Canadá es el país de mayor capacidad instalada, seguido por Alemania Oriental, Alemania Federal y los Estados Unidos, se sabe de acuerdo a datos estimados que la Unión Soviética posee cuantiosa capacidad instalada, destinada a cubrir el 100% de sus necesidades internas.

En cuánto a la producción mundial de potasio ha tenido sus altibajos que ha sido de acuerdo a la demanda de productos potasicos los últimos años (Cuadro 3.6.3.1).

La producción de potasio en el mundo el 2003 ascendió aproximadamente 1 % desde 2002. La producción europea estaba de bajada en 1 % con la producción en Alemania y Francia disminuía y la producción en España y el Reino Unido aumentaba. En la Ex Unión Soviética, la producción descendió aproximadamente 9 % comparado con la producción de 1999, también hubo un aumento de producción en Canadá. Israel y Jordán, un aumento de por lo menos 2 % en 2003, la esquematización de la producción mundial de potasio del grafico N^o 3.6.3.1, refleja el aumento de la producción del año 2003 respecto a 2001 y 2002 y la gran importancia de su ascenso.

En Estados Unidos el año 2003, el valor de producción de potasa vendible, f.o.b. era aproximadamente 260 millones de \$us; Potasa nacional fue producida en Michigan, Nuevo Mexico, y Utah, la mayor parte de la producción era de Nuevo Mexico sudeste, donde dos compañías operaron tres minas. Sylvinite de Nuevo Mexico y minerales de langbeinite. La industria de fertilizantes usó aproximadamente 85 % de la producción de Estados Unidos y la industria química usó el resto. Más de 60 % de potasio fue fabricada como cloruro de potasio (muriate de potasa). Sulfato de potasio (sulfato de potasa) y sulfato de magnesio de potasio (sulfato de potasa - magnesita).

Grafico N^o 3.6.3.1



Fuente: Elaboración Propia en base al cuadro 3.6.31

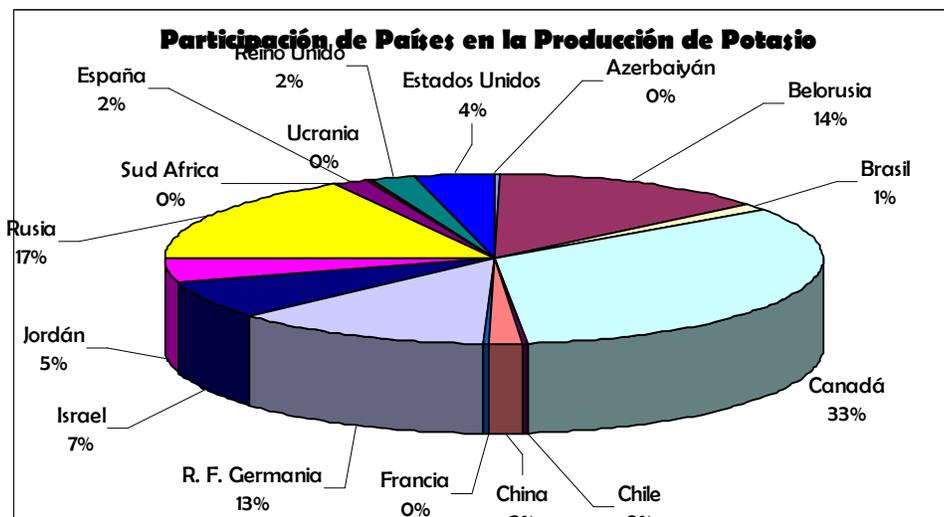
La Unión Soviética es el mayor productor a nivel mundial con un alto porcentaje de participación, que sin embargo se encuentra restringido en el mercado internacional, por el alto índice de consumo interno de fertilizantes potásicos, como por los reducidos convenios de intercambio comercial con el mundo occidental. Canadá sigue siendo el mayor productor de fertilizantes potásicos en el occidente su producción representa más del 33% del total mundial para el año 2003, si bien la cantidad del último año registrado es mayor que los anteriores dos años, no ha logrado igualar a su año de producción "pico" de 1997, Canpotex Ltda. Informó que un contrato con Uralkali de JSC constituyó un arreglo de mercadotecnia principalmente en el mercado Pacífico Asiático pero no en Norte América o Europa.

Rusia con su compañía Uralkali de JSC Ltd., opera las plantas de Berezniki en la región de Perm, envía productos a través de Fedcominvest a principios del año y a través de Potasa Co internacional, ocupa el segundo lugar con un 17% de la producción mundial.

Belorussia con un 14% y Alemania con el 13% de participación en la producción de fertilizantes potásicos, representan el cuarto lugar. Israel, con su industria, Químicos de Haifa Ltd. tiene una participación de 7%.

Cabe hacer notar que algo digno de resaltar respecto a la producción de fertilizantes potásicos es el esfuerzo de Jordania para llegar a ocupar el quinto puesto del total mundial es decir de los 16 países productores, en pocos años ya que empezó a operar en 1982. Datos en porcentajes de la producción de acuerdo al gráfico N° 3.6.3.2.

Grafico N° 3.6.3.2



Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 2.6.3.1

3.6.4 Magnesio

La capacidad instalada mundial para magnesio registra grandes cantidades de plantas productoras, siendo el más grande China, que anunció que construiría una planta de magnesio, cuya capacidad de producción será 5,000 t/año, y usará magnesio producido como la tela de forraje en China, la planta, estará ubicado en Xian, además planteo construir otra instalación de ánodo de magnesio en el mismo sitio. La capacidad de producción inicial esperada es 400 t/año, quizás se amplie a 800 t/año. Una nueva expansión producirá 5,000 t/año de magnesio de Yinguang, con capacidad total de la planta de 20,000 t/año de magnesio y aleación de magnesio. Otra nueva planta de magnesio de Minhe Co., Which tendrá una capacidad instalada de 7,000 t/año.

En Australia, AMC en alianza con AG de aluminio de VAW desarrolla un bloque de motor de magnesio Si el bloque de motor de magnesio es comercializado, AMC sería el proveedor exclusivo de aleación de magnesio de VAW durante los primeros 5 años de la producción. AMC ya tiene un contrato de suministrar 45,000 t/año con Ford. La organización científica e industrial de investigación de Australia (CSIRO) y el gobierno de Queensland desarrolla una industria de metales en Stanwell. Pima NL de Minería tiene una planta de magnesio con capacidad instalada de 52,500 ton /año en Australia del Sur, otra compañía SAMAG en el mismo lugar, extrae aproximadamente 2,000 toneladas de mineral de magnesio, sin embargo la planta tiene una capacidad instalada de 2,500 t/año.

La República Checa al noroeste de Praga desarrolla una planta de magnesio con capacidad instalada de 10,000 ton/año, otra planta fabril usa chatarra de aleación de magnesio como materia prima de Alemania para producir aleaciones de reparto, tiene una capacidad instalada 7,500 ton/año, se prevee que la planta aumentará su capacidad gradualmente a 10,000 ton/año antes de 2007, con una alternativa de incrementar a 20,000 ton/año si el mercado lo justifica.

Israel tiene una planta con capacidad instalada para producir 30,000 ton/año de metal de magnesio y 24,000 ton/año de aleaciones de magnesio.

Japón posee una planta de reciclaje de magnesio con capacidad de 2,400 ton/año en Kitakami. La terminación de una nueva planta levantó la capacidad de producir 8,000 ton/año.

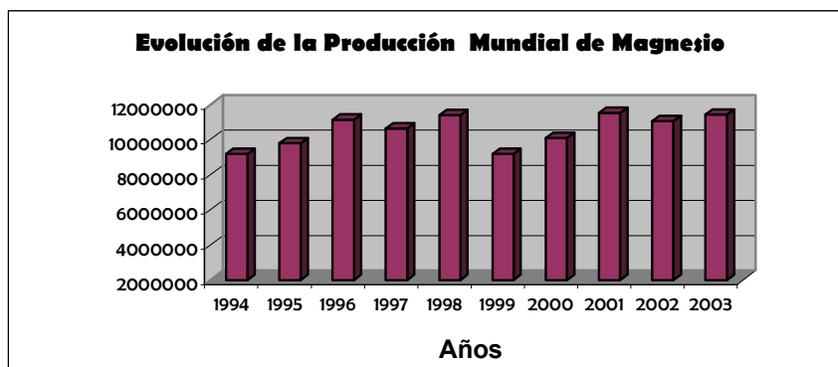
Netherlands, también cuenta con una planta de reciclaje de compuestos de magnesio, la capacidad instalada es 15,000 ton/año, con expansión potencial a 30,000 ton/año.

Russia en su planta de Solikamsk tiene una capacidad instalada para producir 9,000 ton/año de magnesio y 9,200 ton/año de compuestos de magnesio. Uralasbest de Rusia, el productor de amianto más grande del país, anunció la construcción de una planta con capacidad instalada de 50,000 ton/año de magnesio, el coste de construir una planta comercial fue calculado en aproximadamente \$300 millón.

Serbia y Montenegro tiene una planta con capacidad instalada de 5,000 ton/año de magnesio, en Ukraine por su parte, la planta tiene una capacidad instalada de 10,000 ton/año usando sal de cloruro de magnesio de subproducto como su materia prima.

En cuanto a la producción mundial, el cuadro 3.6.4.1 refleja los países productores de 1994 a 2003, cuyo comportamiento ha sido ascendente en la mayoría de los países, el año de mayor producción es el 2001 y 2003, respectivamente, debido a que el mercado de magnesio es fuerte principalmente por las aplicaciones en la industria del aluminio que en los últimos años ha repuntado por la ampliación en el uso de aleaciones Al Mg en la industria automotriz, la figura 2.6.4.1 esquematiza la producción mundial.

Grafico N° 3.6.4.1

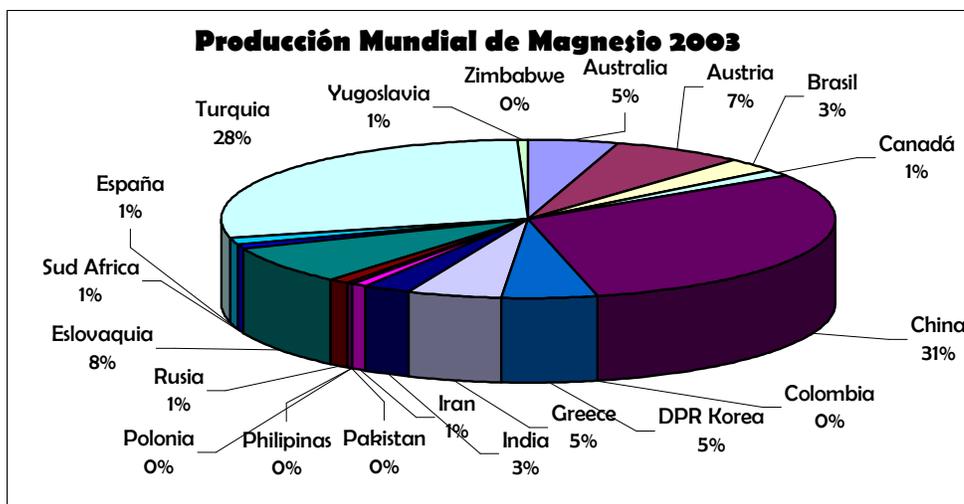


Fuente: Elaboración propia en base al cuadro 3.6.4.1

El mayor productor a nivel mundial es China de metal de magnesio y compuestos de magnesio, ocupa el 1º lugar con un 31% de la producción. En segundo lugar con un muy importante ritmo de crecimiento es Turquía llegando a cubrir más del 28 % de la oferta mundial.

Australia y Eslovaquia, con el 8% y 7%, respectivamente ocupan en tercer lugar en orden de importancia, con su producción de compuestos de magnesio. La figura 3.6.4.2 esquematiza la participación de la producción de cada uno de los países productores para 2003.

Gráfico N° 3.6.4.2



Fuente: Elaboración Propia en base al cuadro 3.6.4.1

3.7 Demanda Mundial

Para la determinación de la demanda mundial de litio, boro, potasio y magnesio, se realiza un análisis, tanto de la producción, como de las importaciones y las exportaciones mundiales, de esta forma conocer la demanda requerida, y también poder determinar la demanda mundial insatisfecha si existiese. Debe señalarse que en las diferentes instituciones de información ya sea Ministerio de Minería, Dirección de Política Sectorial del Viceministerio de Minería, Asociación de Mineros Medianos, se cuenta con datos únicamente de cinco años para las importaciones y las exportaciones mundiales de litio, potasio y magnesio, en las Estadísticas Internacionales de Minería como el World Mineral Statistics 1996 – 2000 del British Geological Survey, ya que estos organismos de estadísticas Internacionales no envían ediciones actualizadas a nuestro país.

3.7.1 Litio

El detalle de las importaciones y las exportaciones de litio se refleja en el cuadro 3.7.1.1, la determinación de la demanda mundial de litio en el cuadro 3.7.1.2.

Cuadro Nº 3.7.1.1

País	Importaciones					Exportaciones				
	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000
Austria, carbonato	46	61	280	106	118	--	--	--	--	--
Belgica - Luxemburgo	1014	2566	4103	4663	6335	20	2724	3077	4357	3955
Oxidos	154	325	603	643	793	8	161	273	406	406
Carbonato	860	2241	3500	4020	5542	12	2563	2804	3951	3549
Francia	1562	1372	1632	1775	1765	1880	2256	2659	2651	2909
Oxidos	512	346	429	482	432	108	93	131	88	90
Carbonato	1050	1026	1203	1293	1333	1772	2163	2528	2563	2819
Germania	9942	12261	6992	7937	9555	3780	2258	1633	2053	2430
Oxidos	4051	4975	4563	3903	5529	802	819	644	650	740
Carbonato	5891	7286	2429	4034	4026	2978	1439	989	1403	1690

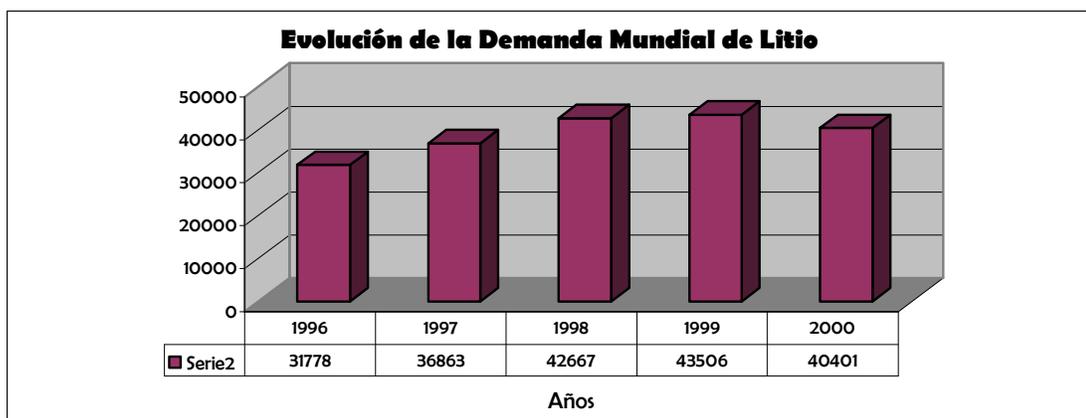
Italia	--	1887	2215	1331	1827	0	41	88	51	124
Oxidos	--	167	278	274	165	--	--	--	--	--
Carbonato	--	1720	1937	1057	1662	--	41	88	51	124
Países Bajos	--	882	971	1003	1284	--	1127	455	501	422
Oxidos	--	171	298	249	332	--	493	299	220	280
Carbonato	--	711	673	754	952	--	634	156	281	142
Polonia	126	176	124	142	131	--	--	--	--	--
Oxidos	99	130	97	111	87	--	--	--	--	--
Carbonato	27	46	27	31	44	--	--	--	--	--
Rusia	--	437	1702	2310	2643	786	931	870	639	1033
Oxidos	--	140	55	517	856	710	914	868	627	1033
Carbonato	--	297	1647	1793	1787	76	17	2	12	--
Eslovenia - oxidos	--	--	80	100	82	--	--	--	--	--
España	--	734	659	890	712	--	231	14	301	6754
Oxidos	--	188	238	257	243	--	--	--	--	--
Carbonato	--	546	421	633	469	--	231	14	301	6754
Suecia	--	334	259	368	252	--	--	--	--	--
Oxidos	--	54	156	160	126	--	--	--	--	--
Carbonato	--	280	103	208	126	--	--	--	--	--
Turquía	--	--	--	192	220	--	--	--	--	--
Oxidos	--	--	--	83	113	--	--	--	--	--
Carbonato	--	--	--	109	107	--	--	--	--	--
Reino Unido	2726	2672	2514	1207	1155	809	445	531	393	410
Oxidos	763	602	589	389	392	171	103	134	85	122
Carbonato	1963	2070	1925	818	763	638	342	397	308	288
Sud Africa	6094	355	298	332	219	--	--	--	--	--
Oxidos	6094	228	152	199	168	--	--	--	--	--
Carbonato	--	127	146	133	51	--	--	--	--	--
Canada - carbonato	1419	1109	1151	1086	1046	--	--	--	--	--
Estados Unidos	4587	5090	14005	13927	14629	12315	10858	7660	7816	7892
Oxidos	--	--	--	--	--	4432	5739	4365	5027	5045
Carbonato	4587	5090	14005	13927	14629	7883	5119	3295	2789	2847
Argentina - Carbonato	--	--	--	--	--	--	515	5082	1280	1259
Chile - carbonato	--	--	--	--	--	13694	21597	24699	32011	34912
Venezuela - Carbonato	--	413	--	680	600	--	--	--	--	--
China	154	1397	3256	3725	4494	4233	1819	2845	2797	3163
Oxidos	86	--	300	182	15	1131	882	1913	2195	2302
Carbonato	68	1397	2956	3543	4479	3102	937	932	602	861
Hong Kong - Oxidos	--	123	302	40	6	--	--	--	--	--
India	864	1492	936	1307	--	--	--	--	--	--
Oxidos	672	1230	784	1070	--	--	--	--	--	--
Carbonato	192	262	152	237	--	--	--	--	--	--
Indonesia	212	90	105	228	363	--	--	--	--	--
Oxidos	82	90	63	152	85	--	--	--	--	--
Carbonato	130	--	42	76	278	--	--	--	--	--
Irán - oxidos	--	--	36	81	--	--	--	--	--	--
Japón	7122	7287	6111	8227	8752	--	--	--	--	--
Oxidos	1538	1360	1343	1572	1558	--	--	--	--	--
Carbonato	5584	5927	4768	6655	7194	--	--	--	--	--
Republica de Korea	1608	1319	962	983	1350	--	--	--	--	--

Oxidos	376	288	249		313	--	--	--	--	--
Carbonato	1232	1031	713	983	1037	--	--	--	--	--
Taiwán	129	127	620	395	219	--	--	--	--	--
Oxidos	--	--	183	280	39	--	--	--	--	--
Carbonato	129	127	437	115	180	--	--	--	--	--
Tailandia - oxidos	167	165	50	120	172	--	--	--	--	--
Australia	317	409	392	398	226	46770	--	--	--	--
Oxidos	213	245	230	271	218	--	--	--	--	--
Carbonato	104	164	162	127	8	--	--	--	--	--
Nueva Zelanda - oxidos	55	352	48	206	787	--	45	75	95	404
Oxidos	55	352	48	206	787	--	--	--	--	--
Carbonato	--	--	--	--	--	--	45	75	95	404

Fuente: World Mineral Statistics 1996 – 2000, British Geological Survey
Elaboración Propia

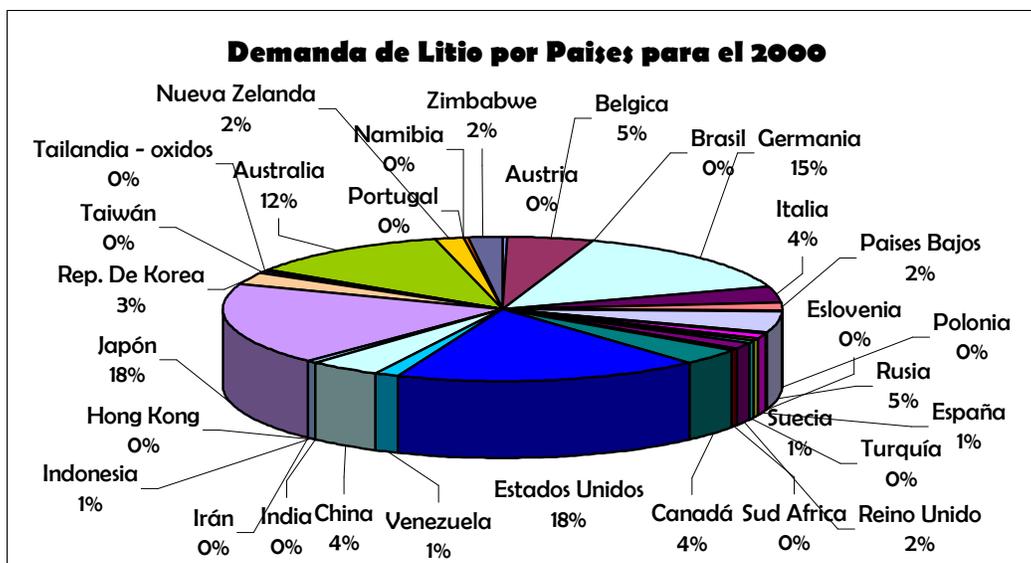
La demanda total mundial de Litio refleja un claro crecimiento tanto de óxidos, como de carbonato de litio, lo que demuestra un panorama alentador para la producción de litio del Salar de Uyuni, la tasa de crecimiento en la demanda es de 3.7% de 1996 hasta 1999 y 2.7% hasta el año 2000, esto se debe a la diversificación de las utilidades que se ha dado a los oxidos y compuestos de litio como el carbonato sobre todo. (Grafico N° 3.7.1.1), El mayor país consumidor de litio es Japón con un 18% de la demanda, al igual que Estados Unidos; en segundo lugar Alemania con 15% y Australia con el 12% a la vez de ser el segundo mayor productor, en tercer lugar estan Rusia y Belgica con el 5% de la demanda, posteriormente Canadá, China, Italia con una participación del 4%, y con una participación no tan significativa pero valorable de los Países Bajos, República de Korea, Reino Unido, Nueva Zelanda, etc. Todo detallado de acuerdo al Grafico N° 3.7.1.2.

Grafico N° 3.7.1.1



Elaboración Propia en base al Cuadro N° 3.7.1.2

Grafico N° 3.7.1.2



Elaboración Propia en base al Cuadro N° 3.7.1.2

3.7.2 Potasio

Los valores de las importaciones y las exportaciones mundiales de potasio se reflejan en el Cuadro N° 3.7.2.1, la determinación de la demanda de Potasio para los años 1996 a 2000 en el Cuadro N° 3.7.2.2.

Cuadro N° 3.7.2.1

País	Importaciones					Exportaciones				
	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000
Austria (a,b,c,d)	149996	68137	76571	77624	--	--	--	--	--	--
Bielorussia (c)	--	--	--	--	--	2244737	2878300	2911700	3022700	2840000
Belgica - Luxemburgo (a,b,c,d)	1334685	1491981	1249121	1309001	1338449	462044	551928	523638	444064	195056
Bulgaria (d)	35600	54700	55000	55000	--	--	--	--	--	--
Croacia (c)	163127	182206	136730	103534	168656	--	--	--	--	--
Rep. Checa (d)	109600	106364	93279	78380	98553	--	--	--	--	--
Dinamarca (b,c,d)	148027	194836	181599	220849	188718	--	--	--	--	--
Estonia (d)	--	2852	2857	3500	16660	--	--	--	--	--
Finlandia (c)	101400	97200	101200	91300	149400	46000	17500	47400	66300	--
Francia (a,b,c,d)	1662234	1833799	2149585	1900559	1804330	288704	264930	180134	157764	142920
Alemania (a,c,d)	66464	69144	68570	55504	50313	2648218	2873050	2916848	2898276	2856180
Grecia (b,c,d)	179460	185323	155886	116497	133509	--	--	--	--	--
Hungría (d)	112821	116522	96263	70417	108643	13154	14417	11832	2073	2776
Islandia (b,c)	7902	3408	13864	7305	31	--	--	--	--	--
República de Irlanda ((c,d)	313102	187994	189753	106641	77928	--	--	--	--	--
Italia (b,c,d)	519880	627765	622144	537820	558748	934	9382	38095	2060	1965
Letonia (c,d)	24658	11698	12697	13055	18747	144000	149000	125000		
Lituania (a,c,d)	70643	85023	79203	91285	98771	16175	15855	35296	10993	9386
Macedonia (d)	8845	9442	12307	12000	--	--	--	--	--	--
Países Bajos (d)	570600	551200	550000	462500	--	92100	94800	105000	74000	43552
Noruega (b,c,d)	542620	530771	588304	538190	539633	--	--	--	--	--

Polonia (c,d)	826000	824000	761000	706564	770508	3800	6000	1000	1135	270
Portugal (b,c)	80270	90311	69665	73447	61907	--	--	--	--	--
Rumania (d)	84858	83763	60987	82029	71909	--	--	--	--	--
Rusia (a,b,c,d)	959	1240	1352	878	1140	3864036	5128164	5372891	5791978	77000
Eslovaquia (d)	112700	66098	49900	22913	--	--	--	--	--	--
España (b,c,d)	357342	353779	436110	365629	340386	715739	731103	502020	518937	604842
Suecia (b,c,d)	12068	16555	15501	89934	98098	137876	110894	92095	78236	78362
Turquía (b,c)	137356	119554	152979	139494	116637	--	--	--	--	--
Ucrania (c,d)	41077	61316	39868	55053	--	79200	183500	236000	233700	28100
Reino Unido (a,c,d)	497776	368404	240152	259847	285529	542505	544164	571881	421112	1143
Rep. Fed. Yugoslavia (d)		55570	58057	30693	82169	--	--	--	--	--
Algeria (d)	70000	31268	58389	62841	--	--	--	--	--	--
Camerún (d)	--	--	5000	6900	--	--	--	--	--	--
Congo (d)	--	--	1132	670	1238	--	--	--	--	--
Egipto (d)	12600	10500	52746	6700	--	--	--	--	--	--
Costa de Marfil (d)	7200	50000	52746	6700	--	--	--	--	--	--
Kenya (d)	1362	3306	25683	2789	2625	--	--	--	--	--
Mauricio (d)	28801	31814	24520	27208	29830	--	--	--	--	--
Marruecos (b,c)	88831	77388	113741	84231	--	--	--	--	--	--
Nigeria (d)	56278	9813	15446	1403	--	--	--	--	--	--
Reunion (d)	1800	--	900	1600	900	--	--	--	--	--
Senegal (d)	12000	29200	21000	26000	22000	--	--	--	--	--
Sud Africa (b,c,d)	307537	273069	275688	279013	318709	--	--	--	--	--
Túnez (d)	16571	12121	8063	8064	--	--	--	--	--	--
Zimbabwe (b,c)	54223	97943	--	66542	--	--	--	--	--	--
Bélice (d)	978	346	543	100	--	--	--	--	--	--
Canadá (b,c,d)	88127	86467	92222	79890	105713	12950850	14598156	14277718	14361636	15140245
Costa Rica (b,c,d)	90611	122160	136137	147388	117913	--	--	--	--	--
Cuba (b,c)	164000	107175	62209	50000	--	--	--	--	--	--
Rep. Dominicana (d)	28300	31300	27500	24000	--	--	--	--	--	--
El Salvador (d)	16350	12461	14803	14899	16907	--	--	--	--	--
Guatemala (d)	54753	69156	66494	63405	61251	--	--	--	--	--
Honduras (d)	8029	26182	27453	18521	--	--	--	--	--	--
Jamaica (d)	12744	14274	10675	17081	12000	--	--	--	--	--
Martinica (d)	23674	10231	17548	12188	12074	--	--	--	--	--
Mexico (b,c)	229054	272925	281012	279893	250570	--	--	--	--	--
Nicaragua (a,c)	6415	13118	14999	7083	8157	--	--	--	--	--
Panamá (d)	18906	17625	11308	4281	--	--	--	--	--	--
Estados Unidos (a,b,c,d)	8262456	9158173	9285388	8939987	9329606	1087000	1057000	1110000	1062000	904000
Argentina (b,c,d)	65289	61458	50744	38541	56180	--	--	--	--	--
Brasil (b,c)	3061088	3618573	3325882	3233805	4371052	--	--	--	--	--
Chile (b,c,d)	120692	92744	135208	106265	95662	157647	236941	313661	299841	330933
Colombia (b,c)	264430	285093	363425	341080	365138	--	--	--	--	--
Ecuador (c,d)	65001	66510	80532	95163	117062	--	--	--	--	--
Perú (c,d)	39716	50287	58535	52582	--	--	--	--	--	--
Uruguay (d)	13331	18930	17162	12838	21244	--	--	--	--	--
Venezuela (b,c)	90384	32828	58400	81999	112824	--	--	--	--	--
Bangladesh (d)	99513	220419	264000	310000	--	--	--	--	--	--
China (a,b,c,d)	4028014	5384076	5719770	5442720	6182343	658419	597765	473577	861448	595986
Dubai (c)	3906	3800	2814	--	--	--	--	--	--	--
India (b,c,d)	858042	1768499	2359096	2754004	--	--	--	--	--	--

Indonesia (b,c,d)	491500	623644	248867	--	393978	--	--	--	--	--
Iran (d)	13800	29600	51700	90100	--	--	--	--	--	--
Israel (c,d)	--	--	--	--	--	1081500	1563600	1578600	1352500	1520200
Japón (b,c,d)	1232176	1199596	1064830	968123	953835					
Jordán (d), (a,c)		792	2000	1256	3939	1761572	1434307	1494975	1671850	1902492
Rep. Korea (c,d)	723003	701846	588264	628398	633610	105363	92878	53283	25835	26743
Malasia (b,d)	931499	1099358	1168069	--	--	--	--	--	--	--
Oman (d)	587	3257	2895	3808	6827	--	--	--	--	--
Pakistán (d)	46400	400	16600	12600	--	--	--	--	--	--
Filipinas (b,c)	286398	214246	203280	218991	--	--	--	--	--	--
Arabia Saudí (b,d)	23655	16305	15993	46079	31115	--	--	--	--	--
Singapur (c,d)	32933	33961	50930	71499	18179	35430	42075	40764	148005	
Sri Lanka (c,d)	116057	77970	90660	85670	--	--	--	--	--	--
Siria (d)	17852	--	7350	--	--	--	--	--	--	--
Taiwan (c),(b)	287285	328237	321719	278542	311033	86700	104133	63939	61112	74548
Tailandia (b,c)	217770	247069	247204	296801	265097	--	--	--	--	--
Vietnam (d)	27100	51700	135200	211700	332300	--	--	--	--	--
Australia (b,c,d)	305252	394000	381911	376263	335513	--	--	--	--	--
Nueva Zelanda (b,c)	236906	238136	168832	206485	268180	--	--	--	--	--

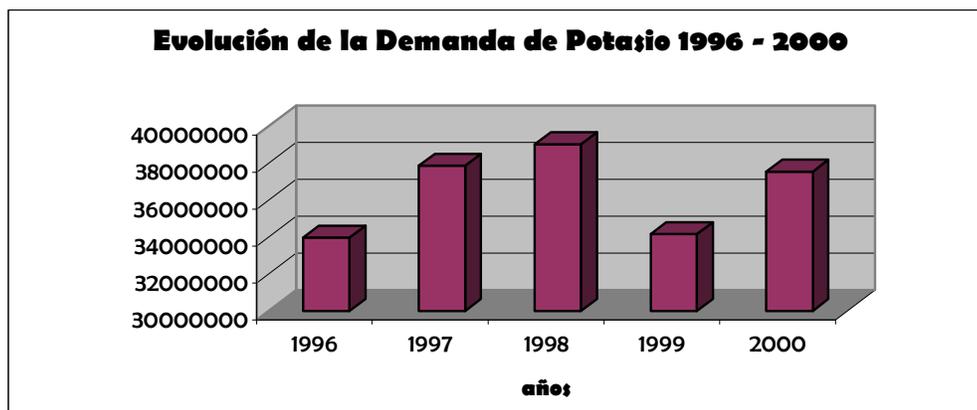
Elaboracion Propia, (a) Sales de Fertilizantes, (b) Sulfato, (c) Cloruro, (d) otros fertilizantes de potasio

Fuente: World Mineral Statistics 1996 – 2000, British Geological Survey

La demanda mundial de Potasio tiene sus altibajos, siendo el año de mayor consumo en 1998 con una tasa de crecimiento en el consumo de 14.9% respecto a 1996 sobre todo en fertilizantes potasicos y sales de fertilizantes, la caída abrupta de la demanda en 1999 se debe sobre todo a cambios internos en los países productores respecto a los derivados de potasio y en los precios internacionales, lo que afectó bastante al consumo pero que poco a poco fue retomando hasta alcanzar nuevamente un crecimiento de 10.5% el año 2000 respecto de 1996 (Grafico N° 3.7.2.1).

En cuanto a los países consumidores el cuadro N° 3.7.2.3 revela los porcentajes de participación junto al gráfico N° 3.7.2.2, donde el país mas consumidor del mundo es Estados Unidos con una participación del 25.90%, en segundo lugar está China con el 15.41%, en tercer lugar es de Sud América, Brasil con el 12.54%, el cuarto país en orden de importancia es Rusia con el 9.60%, los demás países tienen un consumo promedio al 2% y cerca al 1%.

Grafico N° 3.7.2.1



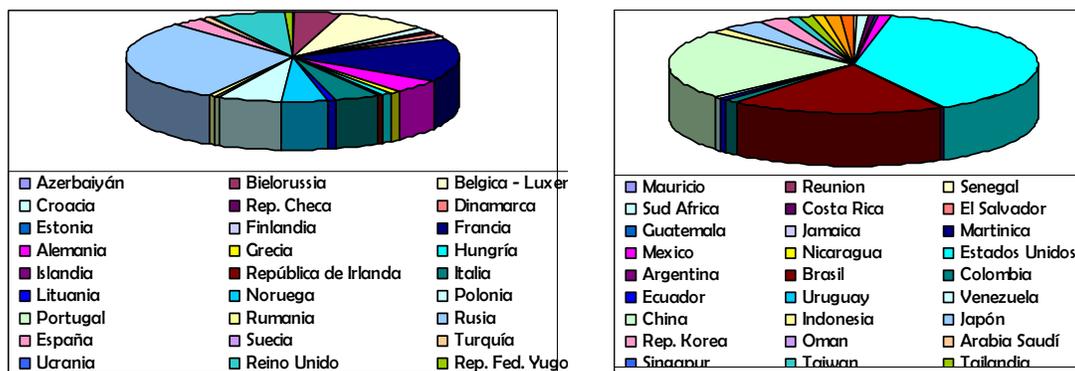
Elaboración propia en base al cuadro N° 3.7.2.2

Cuadro N° 3.7.2.3
Porcentaje de la Demanda Mundial de Potasio

Azerbaiyán	0,12	Islandia	0,00	Ucrania	0,03	Jamaica	0,03	Japón	2,54
Bielorussia	1,42	Rep. Irlanda	0,21	Reino Unido	2,44	Martinica	0,03	Rep. Korea	1,62
Belgica	3,05	Italia	1,48	Yugoslavia	0,22	Mexico	0,67	Oman	0,02
Croacia	0,45	Lituania	0,24	Congo	0,00	Nicaragua	0,02	Arabia Saudí	0,08
Rep. Checa	0,26	Noruega	1,44	Kenya	0,01	Est. Unidos	25,90	Singapur	0,05
Dinamarca	0,50	Polonia	2,05	Mauricio	0,08	Argentina	0,15	Taiwan	0,63
Estonia	0,04	Portugal	0,16	Reunion	0,00	Brasil	12,54	Tailandia	0,71
Finlandia	0,40	Rumania	0,19	Senegal	0,06	Colombia	0,97	Vietnam	0,89
Francia	4,96	Rusia	9,60	Sud Africa	0,85	Ecuador	0,31	Australia	0,89
Alemania	1,60	España	1,03	Costa Rica	0,31	Uruguay	0,06	Nueva Zelanda	0,71
Grecia	0,36	Suecia	0,05	El Salvador	0,05	Venezuela	0,30	China	15,41
Hungría	0,28	Turquía	0,31	Guatemala	0,16	Indonesia	1,05		

Elaboración Propia en base al Cuadro N° 3.7.2.2

Grafico N° 3.7.2.2
Participación de Países en la Demanda de Potasio



Elaboración Propia en base al Cuadro N° 3.7.2.3

3.7.3 Magnesio

El cuadro N° 3.7.3.1 detalla las importaciones y exportaciones mundiales de magnesio en sus compuestos de magnesite y magnesia, para cada país, el cuadro N° 3.7.3.2 determina la Demanda mundial de magnesio para los años de 1996 a 2000 según datos de World Mineral Statistics, British Geological Survey.

Cuadro N° 3.7.3.1

	Importaciones	Exportaciones
--	---------------	---------------

País	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000
Austria	162600	226257	190464	141066	165294	94854	132372	95225	19317	--
Belorusia	1100	2100	2846	4007	9837	--	--	--	--	--
Bélgica - Luxemburgo	83671	69287	83757	62886	76369	44971	64720	82424	52185	48517
Bulgaria	11313	8753	9000	9000	--	--	--	--	--	--
Croacia	688	677	836	405	666	--	--	--	--	--
República Checa	42500	42209	41092	38354	35678	4000	2400	3800	300	4400
Dinamarca	5883	8188	6255	4148	7644	447	1058	1427	976	363
Finlandia	12653	8032	12834	12536	14770	--	--	--	--	--
Francia	196503	194056	209417	166746	188191	22316	20926	16809	12889	11743
Alemania	549971	506572	479477	400292	510849	72738	71417	72106	41393	56924
Grecia	12452	1889	10392	9089	6863	179446	182126	165664	157046	155014
Hungría	20200	12849	12163	9787	11963	--	--	--	--	--
República de Irlanda	47489	42651	45946	48288	56847	584	3696	554	707	1177
Italia	130888	142902	142871	128887	136525	76367	50494	62320	42923	71612
Letonia	--	--	4573	3014	3322	--	--	--	--	--
Lituania	1300	1393	1182	2167	444	--	--	--	--	--
Países Bajos	135091	69333	213780	248831	291794	91195	330136	96113	114038	69606
Noruega	5076	6020	5688	5691	6962	3504	3500	3500	--	6361
Polonia	95100	110100	98400	79277	95007	--	--	--	--	--
Portugal	4440	5229	4359	5072	5180	--	--	--	--	--
Rumania	37842	28322	27905	21960	23280	--	--	--	--	--
Rusia	20422	76993	32524	42092	90238	267275	299395	204662	161814	200888
Eslovaquia	20500	24300	18600	21518	34249	249100	236700	310400	375100	385032
Eslovenia	4200	5900	7117	7993	7584	--	--	--	--	--
España	85943	97311	109247	99918	111192	133398	137960	139964	177680	174982
Suecia	32767	24530	37147	40023	35059	--	--	--	--	--
Suiza	4225	4290	4981	3844	4825	--	--	--	--	--
Turquía	15654	19627	15164	18288	30964	162150	192909	212250	225020	235692
Ucrania	343745	509873	357850	484823	--	--	--	--	--	--
Reino Unido	173058	164578	159343	161195	129258	64904	58949	46988	37063	44493
R. F. Yugoslavia	11800	7868	5617	1176	9558	9600	6428	4338	259	9558
Zimbabue	--	--	--	--	--	6389	501	2189	3001	--
Egipto	27774	16706	11748	10937	--	--	--	--	--	--
Sud Africa	92711	72061	72970	57670	58531	--	--	--	--	--
Canadá	350750	274733	224192	138004	181093	54250	54167	57102	61944	68187
México	51790	41744	39716	37131	84248	39422	47607	30872	35901	36005
Estados Unidos	406388	457611	573027	540114	670419	1930771	2288661	2053743	2101839	2037633
Argentina - mnsia	21015	23286	22385	14879	22767	--	--	--	--	--
Brasil - mnsia	12766	9874	7844	--	--	94181	92403	88092	67173	79930
Chile - mnsia	15235	13201	18688	--	--	--	--	--	--	--
Colombia	7032	10024	11960	8616	12438	--	--	--	--	--
Perú - mnsia	4181	2148	5067	2274	--	--	--	--	--	--
Venezuela	45242	64826	30087	21528	25059	--	--	--	--	--
China	7863	5983	7420	5295	8008	1930771	2288661	2053743	2101839	2037633
Hong Kong	7092	3329	3296	3066	4911	13076	8495	9284	31088	24273
India	66953	57190	42280	57208	0	2227	615	1669	3891	0
Indonesia	34705	30325	27380	31249	40218	34705	0	0	2200	2905
Irán	--	--	13027	4486	--	--	--	--	--	--
Israel	1900	3000	1400	1800	--	9000	7000	11000	7500	--
Japón	512869	580680	501271	490434	634361	60118	55768	37339	38528	41029

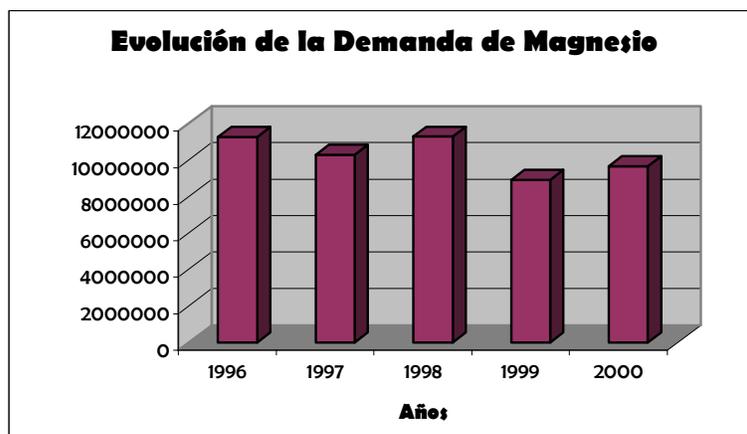
Kasajistán	30200	20500	12184	9317	--	--	--	--	--	--
Rep. Korea	183246	191255	176966	178353	204068	94550	86100	34107	72690	127509
Malasia	10800	16200	12700	41600	--	--	--	--	--	--
Filipinas	14616	17055	4624	1668	--	--	--	--	--	--
Singapur	12006	13649	9286	2504	2734	655	987	1259	197	211
Taiwan	153488	195424	197354	211495	135639	2600	2553	327	2171	10441
Tailandia	29331	31916	21520	28187	31714	--	--	--	--	--
Australia	9654	9531	6897	6381	5100	73695	90341	140379	123818	186331
Nueva Zelanda	33199	29009	23225	32357	29571	--	--	--	--	--

Elaboración Propia

Fuente: World Mineral Statistics 1996 – 2000, British Geological Survey

Como se puede apreciar en la figura N° 3.7.3.1 de la esquematización de la demanda de magnesio hasta el año 2000, al igual que la producción mundial se mantiene relativamente constante, la demanda tiene el mismo comportamiento lo que demuestra que el mercado de magnesio está satisfecho, sin embargo se debe hacer notar que el mayor consumidor es Turquía con una participación del 25.48%, seguido por Austria con el 9.20%, en tercer lugar está República de Korea con 7.50% de la demanda, en cuarto lugar estan Eslovaquia y Japón con el 6.71% y 6.13% respectivamente, a nivel de Sud América Brasil es el mayor demandante, los demás países tiene una participación inferior al 1%, pero que cubre sus necesidades y requerimientos, el detalle de la participación porcentual en el cuadro 3.7.3.3 y la esquematización del cuadro en la figura 3.7.3.2.

Gráfico N° 3.7.3.1



Elaboración Propia en base al Cuadro N° 3.7.3.2

Cuadro N° 3.7.3.3

Porcentajes de participación en la Demanda Mundial de Magnesio									
Australia	1,74	Grecia	3,56	Rumania	0,24	Zimbabwe	0,83	Indonesia	0,39
Austria	9,20	Hungría	0,12	Rusia	1,44	Sud Africa	1,61	Irán	1,45
Belorusia	0,10	R. Irlanda	0,57	Eslovaquia	6,71	Canadá	3,95	Japón	6,13
Begica	0,29	Italia	0,67	Eslovenia	0,08	Mexico	0,50	R. Korea	7,50
Croacia	0,01	Letonia	0,03	España	0,99	Argentina	0,24	Singapur	0,03
R. Checa	0,32	Lituania	0,00	Suecia	0,36	Brasil	2,27	Taiwan	1,29
Dinamarca	0,08	Países Bajos	2,29	Suiza	0,05	Colombia	0,20	Tailandia	0,33
Finlandia	0,15	Noruega	0,01	Turquía	25,48	Venezuela	0,26	N. Zelanda	0,31

Francia	1,82	Polonia	1,55	Reino Unido	0,88	China	4,86	Pakistan	0,04
Alemania	4,69	Portugal	0,05	Yugoslavia	0,83	India	3,51		

Elaboración Propia en base al Cuadro N° 3.7.3.2

Gráfico N° 3.7.3.2



Elaboración Propia en base al Cuadro N° 3.7.3.3

3.7.4 Boro

La no existencia de datos estadísticos para poder estructurar la demanda mundial, considerando como en casos anteriores las exportaciones e importaciones a nivel mundial, se ve salvada por las características que se pudo evidenciar en las estadísticas internas de Estados Unidos, cuyo valor estimado de óxido bórico en minerales y compuestos producidos el 2001 era 557 millones de \$us, el 2003 alcanzó a 275 mill de \$us. La producción nacional de minerales de boro principalmente como boratos de sodio, es realizado por cuatro compañías centrado en California del sur. El productor más grande realizo operaciones en una mina de tincal y kernite a cielo abierto con plantas compuestas. La mayoría del producto restante fue producida usando salmueras de sal como materia prima. Una tercera compañía continua el proceso en cantidades pequeñas de calcio y borato de sodio, y una cuarta compañía usó un proceso in situ de producir colemanite sintético. El consumo principal de minerales de boro y químicos estaba en la producción de cerámica por firmas en los Estados Unidos, Central norte y los Estados Unidos orientales. Los reportes de distribución informados sobre compuestos de boro consumidos en los Estados Unidos en el año 2000 era: productos de vidrio 75 %, jabones y detergentes 7 %, agricultura 4 %, insecticidas 4 %, otros 10 %; el año 2001 no hubo mucha variación ya que fue: vidrio y cerámicas 78 %, jabones y detergentes 6 %, agricultura 4%, insecticidas 3 %, y otros 9 %. El cuadro 3.7.4.1 representa los datos mas importantes de los compuestos de boro.

Cuadro N° 3.7.4.1
ESTADÍSTICAS RELEVANTES - ESTADOS UNIDOS
(En toneladas)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 ^e
Producción ²⁰	604	587	618	546	536	518	536

²⁰ Los minerales y compuestos vendido o usados por productores, incluyen la producción verdadera como productos contratables.
e Estimado. E exportador de red. NA no disponible.

Importaciones para consumo, peso en bruto							
Borax	54	14	8	1	1	7 ²¹	16
Acido Borico	26	23	30	39	56	49	45
Colemanite	44	47	42	26	35	32	14
Ulexita	157	170	178	127	109	125	99
Exportaciones, peso en bruto							
Ácido Borico	92	106	107	119	85	84	79
Colemanite	NA	NA	NA	NA	NA	5	23
Borato sódico refinado	473	453	370	413	221	150	142
Consumo							
Aparente	483	412	534	356	482	492	488
Reportado	403	NA	416	360	347	359	NA
Precio, \$us/ tonelada pentahydrate granulado							
Volumen de borax, carga maxima de fabrica ²²	340	340	376	376	376	376	400-425
Reservas de fin de año ²³	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Numero de empleados	900	900	900	1300	1300	1300	1300
Dependencia ²⁴ de importación de red como							
porcentaje del consumo aparente	E	E	E	E	E	E	E

Fuente: Minerals Commodity Summaries 2000 y 2003

El origen de la importación (1999 – 2002) de Acido borico: Turquía 43%, Chile 22%, Canadá 14%, Bolivia 7% y otros 14%.

Estados Unidos era el productor más grande de compuestos de boro refinado del mundo durante el 2003, y aproximadamente la mitad de la producción nacional fue exportada. Los productos procesados tenían menos impurezas emisiones de gases más bajas, y minerales de boro que causaron en otros países más alta productividad. También se informo que un indicador anticipado para la demanda de boratos refinados es el mercado de la vivienda.

La segunda compañía más grande en los Estados Unidos también produjo borates de especialidad en Toscana, Italia, donde la producción fue reducida en 2002 debido a una falta de materia prima de colemanite de Turquía. Turquía usa la colemanite con valor agregado destinado para la exportación. La planta italiana podía continuar produciendo ácido borico de alta pureza durante 2003 importando compuestos de boro de Rusia.

En India, la primera pastilla anticonceptiva de hierbas, sobre la base de un texto médico de 2,500 años, estaba siendo evaluado; la formulación antigua de controlar la fertilidad de sexo femenino contenía bórax.

Los EE.UU. exporto materiales de boratos compitieron con bórax, ácido borico, colemanite, y ulexita principalmente de Turquía, el productor más grande de mineral de boro del mundo entero.

3.8 Determinación de la Demanda Mundial Insatisfecha

²¹ Menor que la media unidad

²² Reporte del mercado químico

²³ Datos de acciones no está disponible y se supone cero para la dependencia de importación de red y cálculos de consumo evidentes.

²⁴ Definir como importaciones - las exportaciones + los ajustes para los cambios de acción del gobierno e industria.

Para el análisis de la producción mundial y la demanda para los elementos estudiados, se verá la producción en toneladas métricas totales comparando con la demanda y sus respectivas representaciones gráficas.

En litio, los más grandes productores de litio, en compuestos químicos, metal o minerales, son la Lithium Corporation of América y la Foote Minerals Co., de EE.UU., cubren aproximadamente el 60% del consumo mundial, el 40% restante, está abastecida por Chile, URSS, China, Australia, Zimbabwe, Canadá y Brasil, estos tres últimos países producen solamente concentrados de minerales de litio. La Lithium Corporation of América produce una gama de aproximadamente 70 compuestos químicos en su industria integrada de Bessemer City, Carolina del Norte,

Sin embargo, la demanda total de litio refleja un claro crecimiento tanto de óxidos, como de carbonato de litio, lo que demuestra un panorama alentador para la producción de litio del Salar de Uyuni, la tasa de crecimiento en la demanda es de 3.7% de 1996 hasta 1999 y 2.7% hasta el año 2000, se debe a la diversificación de las utilidades que se ha dado a los óxidos y compuestos de litio como el carbonato sobre todo. El mayor país consumidor de litio es Japón con un 18% de la demanda, al igual que Estados Unidos; en segundo lugar Alemania con 15% y Australia con el 12% a la vez de ser el segundo mayor productor, en tercer lugar están Rusia y Bélgica con el 5% de la demanda, posteriormente Canadá, China, Italia con una participación del 4%, y los Países Bajos, República de Corea, Reino Unido. Nueva Zelanda, etc.

Pese a la creciente demanda y aunque se dice que actualmente la demanda está satisfecha, los resultados de 1996 al año 2000 demuestran otro panorama, una demanda insatisfecha que aumenta cada año a una tasa de crecimiento de 24.5%.

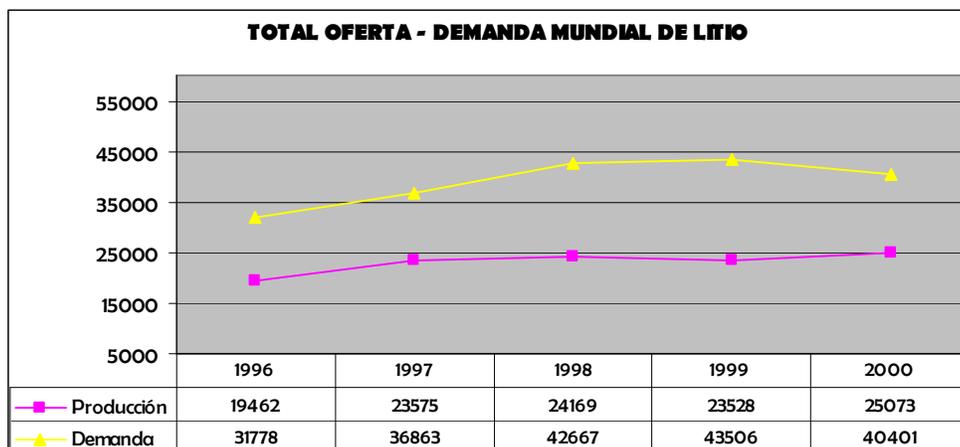
Como se puede observar en el cuadro N° 3.8.1 y en el gráfico de la Figura N° 3.8.1, existe una brecha grande que debe ser abastecida.

Cuadro N° 3.8.1
DEMANDA MUNDIAL INSATISFECHA DE LITIO
(En Toneladas Métricas)

	1996	1997	1998	1999	2000
Producción	19462	23575	24169	23528	25073
Demanda	31778	36863	42667	43506	40401
Demanda Insatisfecha	12316	13288	18498	19978	15328

Elaboración Propia

Gráfico N° 3.8.1



A continuación utilizando el método exponencial aditivo en el programa econométrico Eviews 5, realizamos la proyección de la demanda y de la demanda insatisfecha hasta el año 2010, en el cuadro 3.8.2.

Cuadro Nº 3.8.2

Años	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Proyección de la Demanda de Litio	31778	36863	42667	43506	40401	31778	36863	42667	43506	40401
Proyección Demanda Insatisfecha de Litio	12316	13288	18498	198978	198978	12316	13288	18498	198978	198978

Elaboración Propia

Referente al boro, la capacidad instalada de compuestos y/o productos de boro está diseminada en siete países, de los ocho que poseen las reservas mundiales de boro, Bolivia también produce algunos compuestos de boro.

Respecto al análisis de la producción de los países, Turquía es el principal productor, con más del 36% del total mundial, produce colemanita y bórax. En segundo lugar se encuentra Estados Unidos con un 32%. El tercer productor, en orden de importancia es Argentina con un 15%. El consumo de productos de boro está en agricultura, vidrio, fibra de vidrio y otras aplicaciones. Chile también tiene una buena participación en la producción mundial con un 11% siendo el cuarto país de importancia mundial, Bolivia, participa con un 3%, en la producción de Boro con la ulexita alrededor del Salar de Uyuni en el Altiplano boliviano, Cia. Minera Tierra SA., tenía concesiones grandes de ulexita cerca de la frontera chilena y produjo grados deshidratados y lavados para la exportación. Las reservas estaban en el orden de 5.5 Mt., de óxido de boro. Además de ulexita, Tierra produjo el ácido bórico y en 1999 exportó 12,500 toneladas mundialmente.

La producción de compuestos de potasio, por su parte, se encuentra dispersa por todo el mundo, sin embargo Canadá y Rusia abarcan más de la mitad de la capacidad mundial, respecto al mundo occidental, tiene importancia la capacidad instalada de la República Federal de Alemania. Las dos compañías más grandes son la Potash Corporation of Saskatchewan: de Canadá, y la Kali und Salz AG de la R.F.A.

A nivel latinoamericano, Brasil es el país de mayor capacidad instalada (más de 250.000 TM K_2O /año. Perú con capacidad de 90.000 TM K_2O /año, a partir de salmueras, Chile produce yodo y nitrato de potasio, el consumo de nitrato de potasio del

mundo en el año 2003 era 450,000 toneladas métricas por año. Se debe hacer notar que mas del 90% de todas las plantas productoras en el mundo elaboran muriato de potasio (KCl) empleado como fertilizante, casi exclusivamente en el Japón las Plantas Potasicas elaboran Sulfato de potasio, como fertilizante alternativo al muriato. Menos del 4% de las Compañías Productoras produce compuestos de potasio para fines industriales.

La producción de potasio en el mundo el 2003 ascendió aproximadamente 1 % desde 2002. La producción europea estaba de bajada en 1% con la producción en Alemania y Francia disminuía y la producción en España y el Reino Unido aumentaba. En la Ex Unión Soviética, la producción descendió aproximadamente 9 % comparado con la producción de 1999, también hubo un aumento de producción en Canadá. Israel y Jordán, un aumento de por lo menos 2% en 2003,

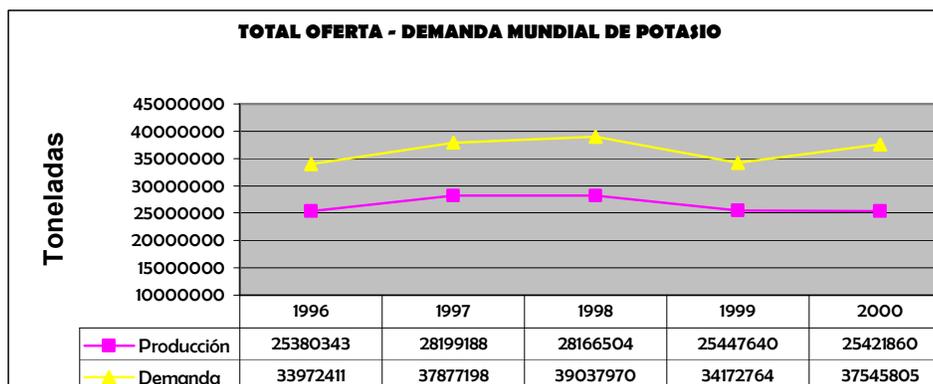
La Unión Soviética es el mayor productor a nivel mundial con un alto porcentaje de participación de fertilizantes potasicos, Canadá sigue siendo el mayor productor en el occidente su producción representa mas del 33% del total mundial para el año 2003. Sin embargo, la demanda mundial de Potasio tiene sus altibajos, siendo el año de mayor consumo en 1998 con una tasa de crecimiento en el consumo de 14.9% respecto a 1996 sobre todo en fertilizantes potasicos y sales de fertilizantes, el crecimiento de 10.5% el año 2000 demuestra que mientras la demanda crece a ese ritmo, la producción no logra abastecer este consumo (Grafico N° 3.8.2), el país mas consumidor del mundo es Estados Unidos con una participación del 25.90%, en segundo lugar está China con el 15.41%, en tercer lugar es de Sud América, Brasil con el 12.54%, el cuarto país en orden de importancia es Rusia con el 9.60%, los demás países tienen un consumo promedio al 2% y cerca al 1%. El cuadro N° 3.8.3 determina la demanda mundial insatisfecha de potasio de 1996 a 2000, con una tasa de crecimiento promedio de 41.1% durante los cinco años y que hace ver la necesidad de abastecer este mercado internacional.

Cuadro N° 3.8.3
DEMANDA MUNDIAL INSATISFECHA DE POTASIO
(En Toneladas Metricas)

	1996	1997	1998	1999	2000
Producción	25380343	28199188	28166504	25447640	25421860
Demanda	33972411	37877198	39037970	34172764	37545805
Demanda Insatisfecha	8592068	9678010	10871466	8725124	12123945

Elaboración Propia

Grafico N° 3.8.2



Así mismo, utilizando el método exponencial aditivo en el programa econométrico Eviews 5, realizamos la proyección de la demanda y de la demanda insatisfecha de potasio, hasta el año 2010, en el cuadro 3.8.4 en Toneladas Métricas.

Cuadro N° 3.8.4

Años	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Proyección de la Demanda de Potasio	33972411	37877198	39037970	34172764	37545805	33972411	37877198	39037970	34172764	37545805
Proyección Demanda Insatisfecha de Potasio	8592068	9678010	10871466	8725124	12123945	8592068	9678010	10871466	8725124	12123945

Elaboración Propia

El magnesio, por último tiene una capacidad instalada mundial que registra grandes cantidades de plantas productoras, siendo el mas grande China, la producción mundial tiene un comportamiento ascendente en la mayoría de los países, el año de mayor producción es el 2001 y 2003, respectivamente, debido a que el mercado de magnesio es fuerte principalmente por las aplicaciones en la industria del aluminio que en los últimos años ha repuntado por la ampliación en el uso de aleaciones Al- Mg en la industria automotriz, el gráfico 3.8.3 esquematiza la producción mundial y la demanda de magnesio.

El mayor productor a nivel mundial es China de metal de magnesio y compuestos de magnesio, ocupa el 1º lugar con un 31% de la producción. En segundo lugar con un muy importante ritmo de crecimiento es Turquía llegando a cubrir mas del 28 % de la oferta mundial. Australia y Eslovaquia, con el 8% y 7%, respectivamente ocupan en tercer lugar en orden de importancia, con su producción de compuestos de magnesio.

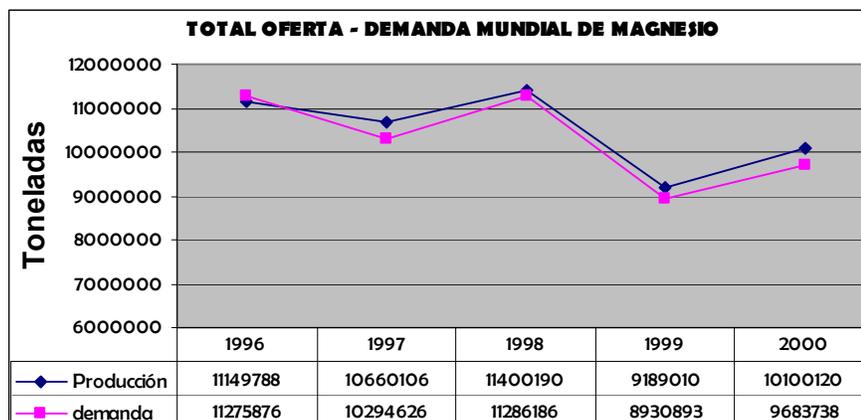
Por su parte, la demanda de magnesio hasta el año 2000, al igual que la producción mundial se mantiene relativamente constante, la demanda tiene el mismo comportamiento lo que demuestra que el mercado de magnesio está satisfecho, sin embargo se debe hacer notar que el mayor consumidor es Turquía con una participación del 25.48%, seguido por Austria con el 9.20%, en tercer lugar está la República de Korea con 7.50% de la demanda, en cuarto lugar estan Eslovaquia y Japón con el 6.71% y 6.13% respectivamente, a nivel de Sud América Brasil es el mayor demandante, los demás países tiene una participación inferior al 1%, pero que cubre sus necesidades y requerimientos, el cuadro 3.8.5 representa la demanda mundial en este caso satisfecho por la oferta mundial, razón por la cual lleva signos negativos a partir de 1997 hasta el año 2000.

Cuadro N° 3.8.5
DEMANDA MUNDIAL INSATISFECHA DE MAGNESIO
(En Toneladas Metricas)

	1996	1997	1998	1999	2000
Producción	11149788	10660106	11400190	9189010	10100120
Demanda	11275876	10294626	11286186	8930893	9683738
Demanda insatisfecha	126088	-365480	-114004	-258117	-416382

Elaboración Propia

Gráfico N° 3.8.3



De esta forma, se concluye el análisis técnico-económico de la producción de los recursos que en nuestro país se denominan evaporíticos, existentes en el Salar de Uyuni, litio, boro, potasio y magnesio con el estudio a nivel mundial de las reservas existentes, los beneficios y sus aplicaciones, volúmenes de producción, determinación de la demanda mundial insatisfecha, y la respectiva proyección de las demandas insatisfechas, por lo que ahora se estudia en el siguiente capítulo el panorama nacional de dichos recursos y su incursión al mercado internacional.

CAPÍTULO IV

PERSPECTIVAS DE PRODUCCIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS RECURSOS EVAPORÍTICOS DEL SALAR DE UYUNI

4.1 ANÁLISIS DE MERCADO

4.1.1 Comportamiento de la Oferta

Todos los países productores de litio, boro, potasio y magnesio, provienen de yacimientos de mina de vetas filonianas a excepción del Salar de Atacama en Chile donde el litio proviene de Salmuera, es imprescindible mencionar que es una producción de distinta competitividad, el litio por ejemplo, obtenido de minerales presenta índices técnico económicos de menor competitividad frente a la producción por obtención de salmueras, cualitativamente la competitividad de los productores resulta muy distinta, aún para posibles cupos de producción saturados, está en juego quienes elaboran el producto a mas bajo costo.

La explotación tradicional de los yacimientos, de litio, en particular, resulta difícilmente competitivo (aún a cielo abierto), dado el alto costo de procesar los silicatos litiníferos por tostación y tratamiento químico complejo; además el agotamiento de las reservas superficiales obligará a profundizar las operaciones mineras encareciendo aún mas el proceso de producción, por lo tanto no cabe duda que las salmueras evaporíticas será la fuente casi exclusiva de producción de litio y los demas compuestos. El significado económico de nuestro litio dependerá principalmente de la evolución de las tecnologías que podrían utilizarse, el desarrollo científico es uno de los fundamentales instrumentos para alcanzar el desarrollo, tanto económico como social.

Respecto a la producción de fertilizantes potasicos, tomando como oferta a la producción, no confronta a la demanda, indicando una brecha como demanda insatisfecha que debe ser considerada. Al igual que el litio, el futuro proceso de producción competitivo está orientado a partir de salmueras, cuyo costo de explotación es menor, así que se considera competitiva la producción a partir de salmueras a los países como Bolivia, Chile, Perú, China y Jordania.

En cuanto a la oferta de boratos, el principal país productor es Turquía, Estados Unidos en segundo lugar con su compañía U.S. Borax, seguidos por China, Chile, Argentina, Peru y ahora Bolivia que también se perfila como un promisorio exportador de boratos en el mundo según lo demuestra el cuadro N° 4.1.2.1, y que cuenta con importantes reservas de boro, con la ulexita y sus derivados en el departamento de Potosí en el Salar de Uyuni.

Según datos de World Mineral Statistics, a nivel del continente Americano, el tercer productor mundial de boratos es Argentina, en segundo lugar Chile seguida por Perú.

La producción de boro a nivel mundial ha ido creciendo, sin embargo la capacidad instalada con que se cuenta actualmente tiene una tracción ociosa bastante elevada, también se ha visto que el consumo crecerá por los beneficios del boro, en nuestro país la producción a partir de los boratos es la ulexita en el Salar de Uyuni por empresas privadas que tienen alrededor de 15 años operando en la zona del Salar y que además cuenta ya con mercados establecidos, también se produce ácido borico por la empresa

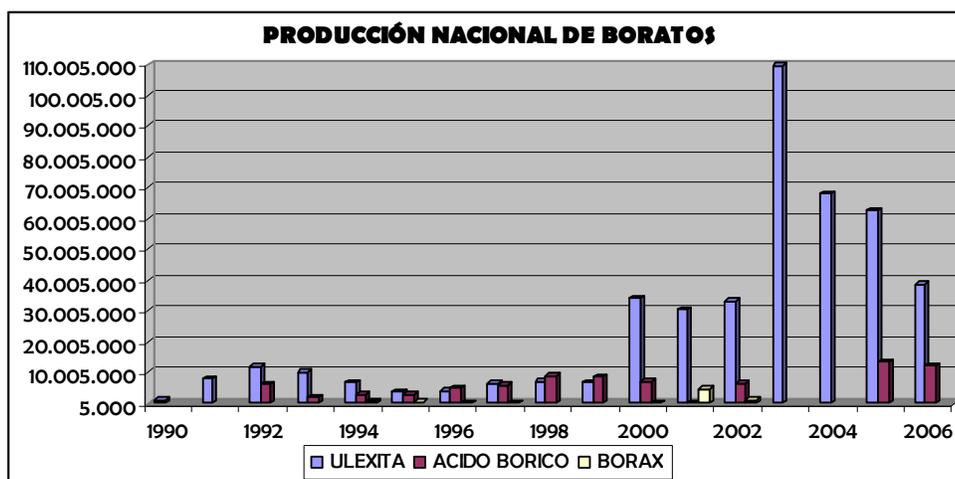
Tierra S.A. y borax como lo detalla el cuadro 3.1.1 desde 1990 hasta el año 2006, el Grafico N° 3.1.1.1 esquematiza la producción.

Cuadro N° 4.1.1
PRODUCCIÓN NACIONAL DE BORATOS
 (En Kilos Finos y Dolares Americanos)

	ULEXITA		ACIDO BORICO		BORAX	
	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor
1990	1.087.899	648.892				
1991	8.018.223	1.999.199				
1992	11.886.917	3.521.742	6.243.597	2.727.419		
1993	10.045.637	4.414.077	1.944.020	850.111		
1994	6.835.534	3.010.478	2.747.640	1.180.190	849.791	285.480
1995	3.855.679	1.468.730	2.705.400	1.442.445	330.083	126.960
1996	4.127.858	1.435.601	4.899.383	2.430.792	203.500	80.960
1997	6.373.535	2.988.320	5.935.350	2.915.348	160.000	65.280
1998	7.046.834	3.928.555	8.903.962	4.096.992		
1999	6.746.004	3.186.724	8.615.938	3.530.586		
2000	33.951.463	4.647.798	7.068.491	2.706.203	2.270	5.500
2001	30.586.638	5.262.900	140.000	52.500	4.750.000	241.250
2002	33.053.228	3.502.712	6.486.257	2.402.183	940.000	129.700
2003	109.544.580	10.853.619				
2004	68.030.635	6.861.091				
2005	62.604.448	6.050.302	13.583.535	4.552.258		
2006	38.590.669	4.798.864	12.135.811	4.088.448		

Fuente: Informe de Empresas y Pólizas de Exportación, UAPS - VMM
 Elaboración Propia

Grafico N° 3.1.1.1



Elaboración Propia

La producción nacional de boratos, como la ulexita que produce desde 1988, el ácido Borico a partir de 1992 y el borax a partir de 1994 presenta un notable incremento de dichos productos especialmente de la ulexita que muestra una tendencia creciente en la producción, especialmente el año 2003. Las empresas ofertantes de ulexita y ácido borico registrados en CIRESU se detalla en el cuadro 3.1.1.2 para el año 2005.

Cuadro N° 4.1.1.2
EMPRESAS PRODUCTORAS Y COMERCIALIZADORAS DE ULEXITA Y ÁCIDO BORICO
 (En Kilos netos y Dólares Americanos)

EMPRESA	2005	
	Volumen	Valor
ULEXITA	62.604.448	6.050.302
BRUMA CORPORATION	600.000	107.210
COPLA SA.	46.089.448	3.486.862
IMPORT EXPORT DARDO	1.100.000	122.850
JUAREZ	9.010.000	1.422.580
TECNO QUÍMICA LTDA.	5.505.000	898.800
RIO GRANDE	300.000	12.000
ÁCIDO BORICO	13.480.997	4.506.736
SOCIEDAD IND. TIERRA	13.480.997	4.506.736

Elaboración Propia

Fuente: Informes de CIRESU

Desde hace aproximadamente una década nuestro país viene exportando los boratos con volúmenes que van en constante ascenso a países vecinos en el caso de la ulexita a Chile, Perú, Argentina, Ecuador, Colombia, y con mayores volúmenes de exportación al Brasil. En los últimos años se expandieron las exportaciones, fuera de Sur América llegando a mercados norteamericanos y últimamente a la India, los países que demandan esta materia prima están caracterizados por ser países altamente industriales ya que el uso es amplio en agroindustria, fabricación de retardadores de fuego, recubrimiento de la fibra óptica, etc. El cuadro N° 4.1.1.3 representa las exportaciones realizadas por nuestro país de 1990 hasta el año 2006 de ulexita, ácido bórico y bórax, a mercados sudamericanos, europeos y norteamericanos, al igual que el cuadro N° 4.1.2.1.

Cuadro N° 4.1.1.3
EXPORTACIÓN DE BORATOS
 (En Kilos Finos y Dólares Americanos)

	ULEXITA		ACIDO BORICO		BORAX	
	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor
1990	1.087.899	648.892				
1991	4.419.690	1.725.347				
1992	7.444.574	3.203.408	944.800	425.242		
1993	7.953.777	3.641.901	1.713.450	752.346		
1994	6.835.534	3.010.478	2.747.640	1.180.190	849.791	285.480
1995	3.855.679	1.468.730	2.705.400	1.442.445	330.083	126.960
1996	4.127.858	1.435.601	4.899.380	2.430.792	203.500	80.960
1997	6.373.535	2.988.320	5.935.349	2.915.347	160.000	65.280
1998	7.046.834	3.928.555	8.903.959	4.096.991		
1999	17.223.933	3.186.724	8.615.937	3.530.585		
2000	33.951.462	4.647.798	7.068.491	2.706.202	2.270	5.500
2001	30.586.639	5.282.810	140.000	52.500	1.750.000	241.250
2002	33.053.228	3.502.712	6.486.257	2.402.182	940.000	129.700
2003	109.544.580	10.853.620				
2004	68.030.635	7.026.206				
2005	63.499.448	6.138.903	13.583.535	4.552.258		
2006 _(p)	38.260.404	4.798.865	12.175.811	4.088.448		

Fuente: Informe de Empresas y Pólizas de Exportación, UAPS - VMM

Elaboración Propia

El comportamiento de las exportaciones es similar a la producción, siempre en constante ascenso, debido a las bondades de dichos minerales no metálicos como son los boratos, los contratos realizados con las empresas Copla Ltda., Gumsem S.R.L. y Tecnoquímica Industria y Comercio quienes eran prestatarios de la Propiedad Progreso Lípez. El comportamiento de las exportaciones realizadas por Bolivia, permite afirmar que nuestro país está bien encaminado a ser uno de los mas importantes productores de ulexita y ácido bórico en el mundo, incluso puede llegar a desplazar a Chile y Argentina de los primeros lugares en producción mundial, lo que permitirá captar nuevos demandantes del producto logrando obtener mas divisas y regalías para el departamento de Potosí y para el Estado Boliviano en general.

4.1.2 Comportamiento de la Demanda

La demanda de los recursos evaporíticos existentes en el Salar de Uyuni de nuestro país, litio, boro, potasio y magnesio, y que son producidos por diferentes países en el mercado internacional, ha tenido un comportamiento con tendencia creciente, sobre todo del litio que tiene una cantidad considerada para satisfacer la demanda mundial, los años de 1996 hacia el año 2000 tiene una tasa de crecimiento de 3.7% de 1996 hasta 1999 y 2.7% hasta el año 2000, la diversificación de las utilidades que se ha dado a los óxidos y compuestos de litio como el carbonato han incidido positivamente en la economía mundial de la producción de estos compuestos, aunque Bolivia ha perdido la oportunidad de explotar el litio con la transnacional Lithco una de las mas grandes que abastece el mercado mundial, existe siempre otras opciones que se debe ampliar, en el caso de CIRESU tiene la competencia de llamar a otra Licitación Internacional, una Inversión Extranjera Directa ó Empresa Privada que tenga la capacidad y la suficiencia de encarar este reto que por los estudios realizados promete un gran futuro para nuestro país.

De acuerdo a lo analizado, la demanda cuantitativa se mantendrá en constante crecimiento y relativamente abastecida hasta más allá del año 2010, sin embargo la tendencia creciente de la demanda de productos de litio y la capacidad instalada tendrá que expandirse a gran escala, ya no a largo plazo sino más bien a corto plazo.

El potasio, al igual que el litio, tiene una demanda por satisfacer, solo el magnesio tiene la demanda abastecida.

En cuanto a la demanda de boro y su comportamiento a nivel nacional, se la puede analizar desde el punto de vista de las exportaciones con destinos variados de países que demandan nuestro producto, como lo detalla el cuadro N^o 4.1.2.1

Según los datos proporcionados por el Viceministerio de Minería y la Unidad de Análisis de Política Sectorial, se tiene registrado las exportaciones de ácido bórico, en mas cantidad que de la ulexita a países Sudamericanos, Norteamericanos, del continente Asiático y Europa. Pero también se cuenta con datos para el caso de la ulexita del Viceministerio de exportaciones y en base a registros de arrendatarios del Yacimiento de Río Grande en el Salar de Uyuni, donde el yacimiento de propiedad de COSSMIL satisface el 88.4% de la demanda total.

La cifras de consumo importado por Brasil, Chile, Estados Unidos, India, Corea del Sur en el cuadro N° 4.1.2.2.

La demanda identificada esta relacionada con los valores de exportación requeridos por las industrias de diversos países del mundo y en su mayoría países vecinos, así mismo siguiendo las tendencias de exportación y nuestra participación en el mercado, la demanda del mineral esta sujeta a las propiedades de los yacimientos existentes en el Salar de Uyuni.

Las naciones importadoras de ulexita que deben satisfacer su demanda por esta vía son África, Italia, Estados Unidos, Colombia, Perú, Chile, India que importa también ácido bórico en importantes cantidades. En el continente Sudamericano el mayor consumidor de ulexita es Brasil existiendo alrededor de 30 empresas de productos químicos que demandan ulexita como materia prima para la agroindustria en la elaboración de fertilizantes, cerámica, esmaltes, etc. El cuadro N° 4.1.2.3 muestra la tendencia de la demanda de ulexita de Brasil a partir de 1995.

Cuadro N° 4.1.2.3
BRASIL MAYOR IMPORTADOR DE ULEXITA
(En Toneladas y Dólares Americanos)

	Toneladas	\$us.
1995	8679	1444,0998
1996	10641,20	1297,7073
1997	17106	2990,6311
1998	17604	3903,3991
1999	16730,00	3008,9928
2000	19953	2763,5166
2001	22798	4137,6225
2002	24186	2562,0297
2003	26341	2790,4047
2004	36543	3871,0286

Elaboración Propia

La venta de ulexita tiene en los últimos años condiciones favorables, sobre todo por la reactivación de la economía brasilera que revitalizará las exportaciones hacia el país vecino, también entra en juego la calidad del producto, ya que si se llegara a producir ulexita con valor agregado ya sea en función a pureza en la ley del mineral u otro, los demandantes se verán incentivados hacia nuestro producto y demandar en las mismas o en mayores cantidades el no metálico.

Sin embargo, entra en juego un papel muy importante que es el de los precios de los elementos estudiados para poder producir y exportar dichos recursos.

4.1.3 Precios Vigentes en el Mercado Internacional

4.1.3.1 Precios de los Compuestos Químicos de Litio

En marzo de 2001 el precio de la petalita sudafricana bajó de 180-270 a 165-260 \$us./ton, perdiendo un 9,6% en término medio anual, en tanto que los precios de la espodumena se mantuvieron inalterados.

El cuadro siguiente recoge la evolución reciente de los precios reseñados por *Industrial Minerals* para diversos minerales de litio y su carbonato, y del carbonato e hidróxido en el mercado interior norteamericano.²⁵

Cuadro Nº 4.1.3.1.1
PRECIOS DE LOS COMPUESTOS DE LITIO

Minerales	1998	1999	2000	2001	2002
- Petalita, 4,2% Li ₂ O, empaq. fob Durban, \$/t	258,3	250	215-260	167,5-261,7	165-260
- Espodumena, 7,25% Li ₂ O, fot Amsterdam, \$/t *	398-404	385-395	385-395	385-395	385-395
- Espodumena, gr. vidrio, 5% Li ₂ O, id., \$/t *	204-210	200-210	200-210	200-210	200-210
- Espodum. >7,25% Li ₂ O, fob W Virginia, \$/tc **>	-	-	-	-	330-350
- Espodum. gr. vidrio 5% Li ₂ O, id., id. **	-	-	-	-	195-200
Compuestos					
Carbonato, empaq. o tambores, fob EEUU, \$/lb	1,97-2,03	1,97-2,03	1,97-2,03	1,97-2,03	0,9-1,2
Carbonato, USA, fin de año, \$ / Kg. ¹	4,47	4,47	4,47	sd	sd
Hidróx. Litio monohidrato, USA, id, \$ / Kg. ¹	5,74	5,74	5,74	sd	sd

Fuente: Industrial Minerals. 1) Mineral Commodity Summaries 2003, USGS

* Dejó de cotizar en oct. 2002

** Empezó a cotizar en oct. 2002

En cuanto a los compuestos, sus precios manifiestan una gran estabilidad, al menos nominalmente.

En nuestro país, el precio del litio determinado con la producción del Salar de Uyuni para la empresa internacional Lithco, (que fue suspendido en 1992), estaba sujeto bajo el siguiente detalle:

Los precios a terceros clientes se determinarían con la siguiente fórmula:

$$PEB = \frac{PTC - (CEB + CECN)}{ET}$$

PEB - Precio de Exportación de Bolivia de carbonato de litio por libra puesto en el Salar de Uyuni (expresado en dólares);

PTC - Precio promedio anual de carbonato de litio entregado a Terceros Clientes desde todas sus fuentes;

CEB - Costo total anual de Entrega desde el Salar de Uyuni a terceros clientes;

CECN - Costo total anual de Entrega de Carbonato de litio desde Carolina del Norte a terceros clientes, ajustado por el costo más bajo de entrega desde Bolivia a dichos clientes según entrega directa al cliente o a través de Carolina del Norte, el que sea más bajo;

ET - Entrega Total, es decir, volumen total anual de carbonato de litio vendido.

²⁵ Recursos minerales, riesgos geológicos y geoambientales, Panorama Minero, Litio 2003 España.

Si en cualquier año del contrato el total de ventas de LITHCO a terceros clientes, desde todas sus fuentes, fuera menor al 20% del total de sus ventas, o si las ventas a terceros clientes desde todas sus fuentes que no sean Bolivia fueran menores al 10% de sus ventas totales, el precio se determinaría mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PEB} = \text{Precio Base} \times \text{IPPL}$$

PEB - es el precio neto ex fábrica de carbonato de litio en el Salar de Uyuni; Precio Base es el PEB determinado en el año previo en revisión, y

IPPL - es el incremento promedio en el precio de LITHCO, calculado así:

$$\text{IPPL} = 1 + \frac{(\text{VC} \times \text{PC2} - \text{PC1}) + (\text{VH} \times \text{PH2} - \text{PH1})}{(\text{VC} + \text{VH}) \times \frac{\text{PC1} \times \text{PH1}}{\text{PC1} \times \text{PH1}}}$$

Donde:

VC - volumen de carbonato vendido en el año bajo revisión, expresado en CEs.

VH - volumen de hidróxido vendido en el año bajo revisión, expresado en CEs.

PC1 - precio promedio ponderado de carbonato ex fábrica en año 1.

PC2 - precio promedio ponderado de carbonato ex fábrica en año 2.

PH1 - precio promedio ponderado de hidróxido ex fábrica en año 1.

PH2 - precio promedio ponderado de hidróxido ex fábrica en año 2.

Ces - libras de producto de litio expresado como libras equivalentes de carbonato de litio.

De esta forma, estaba planificado y determinado el precio al cual se exportaría y comercializaría la producción de litio de las salmueras del Salar de Uyuni²⁶.

4.1.3.2 Precios de los Compuestos de Boro

Para el análisis de los precios de compuestos de boro, el más representativo y comercial es el borax pentahidratado. Los precios en Estados Unidos se detallan en el cuadro 4.1.3.2.1 para 1997 hasta el 2003.

Cuadro N° 4.1.3.2.1

Precio, dolares por tonelada pentahidratado granulado							
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Volumen de borax	340	340	376	376	376	376	400-425

Realizando una evaluación histórica de los precios de borax pentahidratado de hace 20 años atrás, podemos apreciar que el precio se ha mantenido relativamente constante puesto que la variación es moderada subiendo de 242.5 \$us/T.M. para 1986 a 376 \$us/T.M. hasta el 2002, como se detalla en el cuadro 3.1.3.2.2.

Cuadro N° 4.1.3.2.2

Promedio Anual Precio Productor EE.UU.
--

²⁶ El Litio. Nueva Universidad, 1990

Año	1963	1970	1975	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Precio Corriente	63,90	82,70	115,10	141,10	184,10	186,30	205,00	221,60	221,60	229,30	236,00	242,50
Precio Constante	192,90	195,10	198,40	201,60	257,40	224,90	226,70	231,00	221,60	214,50	233,70	238,10

Fuente: "Boron", Minerals Facts & Problems, 1986. Juan O.A. UMSA 1990.

Sin embargo, no dejan de ser importantes los precios de los demas compuestos de boro, de acuerdo al Mineral Commodity Summaries 2004, Geological Survey, es que tenemos los precios en el cuadro 3.1.3.2.3, para 1999 y 2000 en el mercado americano.

**Cuadro N° 4.1.3.2.3
PRECIOS PARA MINERALES DE BORO Y COMPUESTOS POR TM.**

Producto	Precio 1999 (En \$us)	Precio 2000 (En \$us)
Bórax, técnico, anhydrous, 99 %, el volumen de automóvil lleno.	637	637
Bórax, técnico, anhydrous, 99 %, bolsas, automóvil lleno, obras	846	846
Bórax, decahydratado técnico, granulado, 99 %., Bolsas, automóvil lleno	378	378
Bórax, decahydratado técnico, granulado, 99.5 %, mayor parte en obras de automóvil	374	374
Bórax, penta hidratado técnico, granulado, 99.5 %, bolsas, automóvil lleno	426	426
Bórax, penta hidratado técnico, granulado, 99.5 %, mayor parte en obras de automóvil lleno	376	376
El ácido Bórico, técnico, granulado, 99.9 %, bolsas llenas en obras de automóvil	834	834
El ácido Bórico, volumen granulado y 99.9 % técnico, en obras llenas de automóviles	788	788
El ácido Bórico, Bórax de los Estados Unidos & Chemical Corp., Anhydrous alta - pureza B ₂ O ₃ 99 %.	1,972	1,996
Colemanita B ₂ O ₃ turco y 42 %, frena 70 - malla, f.o.b a un menos.	290	270-290
Ulexita, Chillen B ₂ O ₃ 38 %.	200	200

Fuentes: Chemical Marketing Reporter, v.259. 1, enero 2001, p. 18.
Industrial Minerals no. 399, diciembre 2000, p. 70.

Cabe hacer notar que, ya que los precios se encuentran en función a la demanda de compuestos de boro, se espera que los años siguientes tengan comportamiento normal para no influir negativamente en el mercado del boro.

Respecto a los precios en territorio nacional a los que se comercializa el producto, según la información que se puede concluir del volumen de producción y el valor de la producción de ulexita, ácido bórico y bórax, podemos establecer el cuadro N° 4.1.3.2.4.

**Cuadro N° 4.1.3.2.4
PRECIOS DE LOS BORATOS**

AÑOS	ULEXITA \$us / Ton	ACIDO BORICO \$us / Ton	BORAX \$us / Ton
1990	1,68		
1991	2,56		
1992	2,32	2,29	
1993	2,18	2,29	
1994	2,27	2,33	2,98
1995	6,01	1,88	2,60
1996	8,20	2,02	2,51
1997	5,72	2,04	2,45
1998	4,51	2,17	
1999	5,56	2,44	
2000	7,22	2,61	0,41
2001	5,51	2,67	19,69

2002	9,44	2,70	7,25
2003	10,09		
2004	9,92		
2005	10,35	2,98	
2006	8,04	2,97	

Elaboración Propia

Fuente: VMM, datos oficiales

Como se puede observar los precios se han mantenido relativamente constantes para el ácido bórico y el bórax, para la ulexita el panorama mejora ya que a partir del año 2002 el precio se incrementa considerablemente. Se debe mencionar que el análisis es para productos brutos húmedos, es decir con una baja ley en cuanto a pureza de la ulexita y ácido bórico se refiere.

El precio internacional para el caso de la ulexita que actualmente se maneja internacionalmente, de acuerdo al cuadro Nº 4.1.3.2.5 se comprobó mediante fuentes oficiales del Banco Mercantil de Chile, Occidental Chemical Chile, Sociedad Minera de Boro Ltda. Chile, donde se obtuvo la siguiente escala de precios.

De acuerdo a los precios internacionales y la pureza del mineral, descritos anteriormente, se considera el siguiente cuadro de precios estimados para distintos mercados:

Cuadro Nº 4.1.3.2.6
PRECIOS ESTIMADOS DE ULEXITA PARA DISTINTOS MERCADOS

Destino	Mínimo (\$us. / Ton)	Máximo (\$us./Ton)
FOB Brasil Corumbá	290,00	340,00
FOB Argentina Bs. Aires	350,00	400,00
FOB Chile Arica	250,00	300,00
FOB Chile Antofagasta	200,00	250,00
CIF USA Oeste California	349,50	419,50
CIF USA Este Virginia	349,50	419,50
CIF Europa Occid. Italia	339,00	409,00
CIF Japón	351,00	421,50

Elaboración Propia

4.1.3.3 Precios de los Compuestos de Potasio

Los fertilizantes potasicos basicamente se dividen en dos tipos: cloruros y sulfatos. Sin embargo los cloruros o muriatos se dividen en cuatro grupos de acuerdo a su calidad en la textura: grado estándar, grado grueso, grado granular y grado mixto.

Los precios para estos fertilizantes varían de acuerdo a sus condiciones. En general, respecto a muriatos y sulfatos, debido a la depresión de precios de KCl, la proporción precio sulfato/ precio muriato que hasta comienzos de los 90 era 2/1, ahora llega a 3/1. Estos precios son FOB localidad de producción. La depresión de precios de muriatos se debe principalmente, a la fuerte competencia en la producción de este tipo de fertilizantes.

Por ser la gama de aplicaciones de KCl mas amplia que la de K₂SO₄, es que se ha considerado el muriato de potasio según estadísticas relevantes de Estados Unidos, donde en promedio el precio es de 150 \$us./ton en los años comprendidos de 1997 a

2003, cuadro N° 4.1.3.3.1, el precio ha ido incrementando sustancialmente desde 1990 que tenía un valor de entre 80 y 90 \$us/ton hasta alcanzar a 155 \$us./ton el año 2003, esto debido a la ampliación de sus aplicaciones agrícolas, como por la mayor necesidad de fertilizantes por el agotamiento de las tierras.

Cuadro N° 4.1.3.3.1
PRECIO INTERNACIONAL DE POTASIO

Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
\$us /Ton de K2O	140	145	145	155	155	155	155

Elaboración Propia

Fuentes: Mineral Commodity Summaries 2004, Geological Survey

El consumo evidente de potasio hasta el año 2003 en los Estados Unidos ha incrementado por mas de 5% desde 1999, aproximadamente 5.6 millones de toneladas métricas (MT). El fertilizante es una contribución en agricultura, y una descripción razonable de demanda de potasio puede ser dado a través de las cosechas más grandes, que son maíz para cereal, habas de soya por frijoles, y arroz. El consumo de maíz nacional fue aumentado por dos usos finales: la producción de etanol debido al precio nacional incrementado de gasolina, y las exportaciones de carnes preparadas. Sobre la base de los datos el año 2003, el consumo de potasio anual representa aproximadamente el 33 % del total mundial.

Existe de acuerdo a lo estudiado una demanda insatisfecha de potasio a nivel mundial y que nos da la esperanza de poder ingresar al mercado de los fertilizantes y derivados de potasio, los precios se mantienen estables y en ascenso lo que genera un incentivo para la producción.

Existe en el Salar de Uyuni bastante potencial de potasio por ser recuperado, el precio es favorable y solo nos queda explotar ésa riqueza natural renovable de propiedades benéficas.

4.1.3.4 Precios de los Compuestos de Magnesio

El precio de magnesio a partir de 1997 descendió hasta el año 2003, reflejando la oferta excesiva de magnesio en el mercado mundial. El comunicado de Metal Market Price para magnesio afirma que empezó por ejemplo el año 2000 con un precio de 2,450 \$us y 2,550 por tonelada métrica y cayó a 1,900 y 2,000 \$us por tonelada métrica para fin de año. En China el mercado del precio declinó de 1,520 y 1,570 \$us a 1,300 y 1,310 \$us por tonelada métrica. El precio europeo también disminuyó de 2,250 y 2,350 a 1,800 y 2,000 \$us por tonelada métrica. En EE.UU. El precio de igual forma cayó de 1.40 y 1.45 por libra al principio de 2000 a 1.23 y 1.30 \$us por libra hasta fin de año. El cuadro 4.1.3.4.1 representa los precios de magnesio y su notable descenso, como se pudo evidenciar en la determinación de la demanda, existe una sobreoferta de productos en el mercado mundial.

Cuadro N° 4.1.3.4.1
PRECIO INTERNACIONAL DE MAGNESIO

Precio	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
\$us / libra, promedio	1,65	1,57	1,48	1,27	1,25	1,16	1,10
\$us / tonelada métrica, promedio	2525	1975	2500	2000	1825	1930	1900

Elaboración Propia

Fuentes: Mineral Commodity Summaries, U.S. Geological Survey Minerals Yearbook, 2000 y 2004.

Cuadro Nº 3.1.3.4.2
PRECIO DE LOS COMPUESTOS DE MAGNESIO

Material		1999	2000
Magnesio natural, técnico, peso 85 %, f.o.b. Nevada	Por tonelada	232-265	232-265
Magnesio natural, técnico, peso 90 %, f.o.b. Nevada	Por tonelada	265	265
Magnesio, quemado en el lugar	Por tonelada	350	350
Magnesio, sintético, técnico	Por tonelada	385	385
Cloruro de magnesio, pureza 99 %, en hojuela	Por tonelada	290	290
Carbonato de magnesio, mercadería técnica igualada	Por libra	0.73-0.78	0.73-0.78
Hidróxido de magnesio	Por libra	0.45	0.45
Sulfato de magnesio, técnica de sales de epsom	Por libra	0.18-0.195	0.18-0.195
Olivine, total, f.o.b. Planta en mina	Ton. métrica	50-78	50-78
Olivine, la categoría de fundición, f.o.b. Planta en mina	Ton. métrica	60-110	60-110

Elaboración Propia

Fuente: U.S. Geological Survey Minerals Yearbook, 2000, Reporte del mercado Químico y minerales industriales.

3.2 PERSPECTIVAS Y PROYECCIONES DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL

Nuestro país se ha caracterizado por su tradición minera, exportador de materias primas tales como estaño, plomo, antimonio, zinc, etc., de los cuales depende, en gran parte su economía.

El paulatino agotamiento de los yacimientos minerales tradicionales, específicamente del estaño, hace necesario la búsqueda de proyectos de desarrollo en regiones donde las posibilidades de explotación de recursos sea mas propicia.

Una de las regiones mas deprimidas en el contexto nacional, es precisamente el Oeste del departamento de Potosí, y que, contrariamente a lo comúnmente supuesto, cuenta con ingentes recursos naturales identificados, pero aún en su mayoría no cualificados y menos cuantificados, que racionalmente explotados e industrializados pueden constituir a mediano y mas aún a corto plazo, una verdadera alternativa de desarrollo nacional y regional.

4.2.1 Diseño de Estrategia de Producción Nacional

El papel predominante que asume la actividad minera en la dinámica regional cuyo foco se concentra en el estudio del desarrollo capitalista y de sus efectos en un enclave determinado; si bien, la evolución de la actividad agrícola, manufacturera y comercial ha sido, con frecuencia, condicionada por los ciclos mineros, no hay que suponer por ello que la minería en su relación con otras áreas se haya comportado en épocas pasadas del mismo modo que lo hace ahora en una situación de mayor integración económica a escala nacional y mundial. Al contrario la magnitud, intensidad y duración de los efectos producidos dentro de la región por los ciclos económicos del sector minero varían cualitativamente según la naturaleza de sus vínculos con el mercado internacional y su capacidad para mercantilizar la economía de las zonas subordinadas.

En el caso de una estrategia de la región para un periodo de largo plazo, debe fijarse a partir de criterios jurídico – políticos y económicos. Por tanto para comprender la región económica como un sistema en sus múltiples interacciones, el análisis debe también trascender el espacio jurídico.

4.2.1.2 Políticas de la Estrategia

En la actual división internacional del trabajo, el país se especializó en la producción de minerales de exportación para el mercado mundial, y por otra parte, en la importación de productos alimenticios, manufactureros y tecnología de países desarrollados. Así Bolivia se incorporó a la economía mundial como una formación social dependiente, producto a su vez, de las incipientes organizaciones estatales que jamás enfocaron un nuevo proceso productivo dinámico y de integración. Frente a este panorama del pasado y el presente, el Estado debe orientar su preocupación hacia los sectores de mayor potencialidad en recursos y plantear para un futuro inmediato programas sustentados racionalmente en cuanto a su desarrollo en el ámbito del mercado. En esta medida, las políticas que deben implementarse para un sistemático manejo de nuestros recursos, son los siguientes:

1. La legislación minera debe contemplar un tratamiento adecuado de todos los elementos no tradicionales, haciendo énfasis en los no metálicos, y dentro de éstos dar una especial atención a los recursos evaporíticos, sólidos o salmueras.
2. Revisión de la Ley de Salmueras.
3. La alternativa de iniciar la explotación de cualquier elemento de la región obliga al país a crear una infraestructura en el área, de toda índole, científica, tecnológica, caminera, energética, habitacional, etc.
4. Para poder explotar e industrializar otros recursos que puedan incorporarse a la economía nacional, es necesario políticas tendentes a intensificar programas de exploración y prospección que permitan su cuantificación.
5. Acciones directamente relacionadas con la conformación de una sociedad:
 - Elaboración de los términos de referencia, convocatoria, pliego de especificaciones y adjudicación de los recursos evaporíticos de la Reserva Fiscal en base al marco de referencia estratégica. Para la conformación de la sociedad de acuerdo a intereses nacionales, departamentales y regionales.
 - Seguimiento y control de las operaciones a cargo de una contraparte técnica especializada.
 - La efectivización del complejo industrial de Química Básica, se puede traducir en un núcleo de desarrollo que contribuya activamente al mayor impulso económico y social de la región a través de la generación de oportunidades de empleo.
6. Al efectivizar la explotación o industrialización de los recursos de la región del Salar, debe asegurarse una real transferencia de tecnología a la contraparte técnica nacional, a fin de garantizar la continuidad de las operaciones de los proyectos.
7. Las características propias de las futuras industrias de los recursos evaporíticos, implican altos niveles de inversión, continuidad en las etapas para su cristalización, naturaleza de los mercados, comercialización, etc., Urge la necesidad de empresas que dispongan de capitales, tecnología actualizada y

dominio del mercado para optar una asociación con empresas nacionales y/o extranjeras, que considere un nivel eminentemente técnico-económico.

8. El transporte de los productos terminados, así como de todos los insumos necesarios, puede ser el factor decisivo en la implementación de las industrias, por consiguiente el ministerio del ramo debe realizar estudios de vertebración de Uyuni – Tahua – Llica, Llica – Chiguana, Laguna Colorada, Laguna – Colorada – San Pablo de Lipez – Uyuni. Este hecho estratégico y geopolítico permitirá asentar soberanía, creando fronteras libres.

4.3 PERSPECTIVAS DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS RECURSOS DEL SALAR

Para el análisis de la industrialización de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni, veremos inicialmente la matriz FODA:

Fortalezas:	Abundancia de los minerales no metálicos Investigación y estrategia planteadas en la tesis Sobre los usos, beneficios, estudio de mercado, Determinación de la demanda mundial insatisfecha.
Oportunidades:	Industrialización factible Amplios mercados para exportación Visión de actual Gobierno aceptada y considerada Generación de recursos para la región Reactivación económica del Departamento de Potosí
Debilidades:	Falta de recursos económicos Falta de una política agresiva de Inversiones Ausencia de legislación expresa Escaso recurso humano especializado Poco control de los recursos estratégicos Trabajadores de comunidades necesitadas de empleo e ingresos.
Amenazas:	Concesionarios con derechos constituidos. Acciones legales en curso Precios vulnerables

En los cuadros siguientes se verá los productos que se pueden obtener ya no solamente con la explotación, sino con la aplicación de industrias y/o industrialización de los recursos evaporíticos considerando también un elemento importante que si bien no se ha analizado como con los otros elementos, no deja de ser imprescindible para la obtención de derivados y su aplicación tecnológica, es el referido al sodio.

Cuadro N° 4.3.1
INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS RECURSOS EVAPORÍTICOS

RECURSOS	PRODUCTOS	
Cloruro de Sodio	Industria Básica	NaCl uso domestico y alimentos balanceados NaCl químicamente puro, uso en industria y farmacia
	Industria Derivadas	Na ₂ CO ₃ (carbonato de sodio, proceso Solvay) NaOH Cl ₂ electroquímico

Cloruro de Potasio	Industria Básica	KCl cloruro de potasio K ₂ SO ₄ sulfato de potasio, uso para fertilizantes
	Industrias Derivadas	KNO ₃ Nitrato de potasio K ₃ (PO ₄) _x
Cloruro de Magnesio	Industria Básica	Mg(OH) ₂ - Hidróxido de magnesio Mg SO ₄ - Sulfato de magnesio
	Industrias Derivadas	Mg O - Oxido de magnesio Mg - magnesio metálico
Litio	Industria Básica	Li CO ₃ - Carbonato de litio Li (OH) - hidróxido de litio
	Industrias Derivadas	Li - litio metálico Hidruros de litio
Boro (disuelto)	Industria Básica	H ₃ BO ₄ - acido bórico
Boratos sólidos ulexita	Industrias Derivadas	H ₃ BO ₄ acido bórico Na ₂ B ₄ O ₇ tetraborato de sodio

Elaboración Propia

Fuente: Propuesta de Explot. E Industrialización de los Rec. Evap. Del Salar de Uyuni,
Por Ing. Juan Torres Fernández

De forma simultanea, a la industrialización es necesario contar con industrias auxiliares como lo detalla el cuadro N° 4.3.2, y la implementación de plantas de calcinación de carbonato de calcio, plantas electrolíticas, plantas de flotación para el potasio, etc., que coadyuvarán en el mencionado proceso de industrialización de los recursos en explotación.

De acuerdo a los productos comercializables y las perspectivas de mercado nacional y/o con destino a la exportación, es que se ha desarrollado la perspectiva de industrialización a corto plazo y sus alcances, en el cuadro N° 4.3.3.

Cuadro N° 4.3.3
INDUSTRIALIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN A CORTO PLAZO

RECURSOS	PRODUCTOS
Sodio	Sal yodada purificada
NaCl	Uso domestico y alimentos balanceados, perspectivas de mercado nacional, con exportaciones a Brasil y Paraguay
NaCl	Químicamente puro. Uso industrial de alimentos y farmacia, Perspectivas de mercado nacional, con exportaciones Brasil
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sodio anhidro Uso de la industria de litio (carbonato de litio), vidrio cerámica, jabonería y otros.
Potasio	
KCl	Cloruro de potasio, obtenido por flotación para uso de fertilizantes
K ₂ SO ₄	Sulfato de potasio de uso similar, perspectivas de mercado nacional exportación al Pacto Andino y países limítrofes
Magnesio	
Mg (OH) ₂	Hidróxido, óxidos para uso de la industria de magnesio metálico y fabricación de ladrillos y cemento refractario. Perspectivas de Mercado nacional, exportación al Pacto andino y países limítrofes.
Litio	
Li ₂ CO ₃	Carbonato de litio, uso industrial, perspectivas de mercado, en todo el mundo, exportación todo el mundo
Boro	
H ₃ BO ₃	Acido Bórico, perspectivas de mercado, exportación al Brasil y Pacto Andino

Elaboración propia

4.4 PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN TECNOLÓGICA

Diferenciando los procesos de los compuestos susceptibles a ser explotados en el Salar de Uyuni en principales y secundarios, debido a las prioridades existentes en la salmuera respecto a su explotación e industrialización, se realiza el estudio de las tecnologías aplicables para cada elemento.

4.4.1 Tecnologías para Beneficio del Litio

1. Procesos Principales:

Dos son los compuestos en base a litio con posibilidades de producción de las salmueras del Salar de Uyuni, Carbonato de Litio y Sulfato de Litio. Se considerará solo el primero como proceso principal debido a que el factor comercial es mucho más amplio y beneficioso para el carbonato que para el sulfato.

4.4.1.1 Carbonato de Litio

De las tecnologías de recuperación de Litio y producción de carbonato de litio las principales son las siguientes:

4.4.1.1.1 Proceso a partir de PEGMATITAS-

Empleado por la Lithco en su planta de Cherryville. El mineral espodumeno extraído de la mina es transportado a chancadoras tipo “blake”, posteriormente a un molino de bolas, reduciendo el tamaño del mineral a 5%. Se lleva el espodumeno a celdas de flotación, donde se concentra aún más el mineral a ser tratado. Mediante lixiviación se extrae el litio, añadiendo ácido sulfúrico, para posteriormente pasar a precipitación. El precipitado de Li_2CO_3 se seca por centrifugación, obteniéndose así el producto final.

4.4.1.1.2 Proceso a partir de ARCILLAS

Proceso que no parece ser muy conveniente, debido a su bajo porcentaje de recuperación. Las operaciones que se sigue son las siguientes: molienda, concentración, extracción, precipitación y refinación.

4.4.1.1.3 Proceso a partir de SALMUERAS

En Silver Peak, Nevada la Foote Mineral Co. y en el Salar de Atacama, la misma empresa asociada con el gobierno chileno, extraen litio a partir de salmueras. La salmuera es conducida a un evaporador para elevar la concentración de litio en la misma. Pasa a encalado, donde se separa el hidróxido de magnesio. Añadiendo sulfato de sodio se neutraliza para seguir la operación de un segundo encalado. La solución sigue a una segunda neutralización, luego pasa a carbonatado, lavado y secado estando el producto final listo para envasado.

4.4.1.1.4 Método más Adecuado

Para el caso de la Industrialización de Carbonato de Litio, el proceso mas adecuado partiendo de salmueras es el desarrollado por la Compañía Foote y modificado a nuestras condiciones por la Facultad de Ciencias Puras de la UMSA. El proceso se detalla en el diagrama de flujo N° 1

Desarrollo del Proceso - cuenta con los siguientes nueve pasos principales:

- 1) Evaporación Inicial – Por medio de la cristalización de sales de forma secuencial, según la solubilidad, se trata de separar la mayor parte de las especies de la salmuera, en especial el cloruro de sodio (NaCl). Sin embargo de acuerdo a pruebas de laboratorio se ha visto que mientras va evaporando la salmuera, la cantidad de precipitado crece de manera constante, hasta que llega un instante en que si este no es separado, se tiene una masa compacta de cloruro de sodio humedecido con la salmuera rica en litio. Es por esto que esta fase de evaporación se la realiza en dos etapas, tomando entre estas un filtrado para poder separar el sólido. Esta evaporación al concluir su segunda etapa deberá alcanzar el 75% del volumen inicial de salmuera.
- 2) Primer Encalado – Esta primera etapa de precipitación con lechada de cal tiene como objetivo parar el arrastre del magnesio contenido en la solución que viene a ser perjudicial para la recuperación del litio en las posteriores etapas. Se logra precipitar mas del 94% del magnesio de la solución a temperatura ambiente.
- 3) Segunda Evaporación – En esta etapa se concentra la salmuera y satura de cloruro de potasio (KCl), que es precipitado en mas del 90%. Esta operación es fundamental debido a la necesaria depuración de la salmuera, y así eliminando la mayor cantidad de especies que acompañan al litio, como es para esta etapa el potasio.
- 4) Segundo Encalado – Tras la separación del potasio, esta etapa pretende separar la mayor cantidad del magnesio restante, empleando lechada de cal y a temperatura ambiente, como en el caso del primer encalado.
- 5) Neutralización y Sulfatado – Aunque en el encalado la salmuera se ve liberado del magnesio que es perjudicial para el proceso de beneficio del litio, la lechada de cal introduce calcio hasta el punto de saturación. En esta etapa se separa fácil y económicamente la totalidad del calcio precipitándolo como la sal sulfato de calcio a temperatura de 85° centígrados.
- 6) Purificación de la Salmuera – Las anteriores etapas separan el Mg⁺⁺, K⁺ y Ca⁺⁺ del litio disuelto. Pero la pureza final del producto depende de las trazas de los elementos acompañantes que hayan quedado en la solución. Se emplea hidróxido de sodio (NaOH) para precipitar los hidróxidos de calcio y magnesio, dejando sodio en solución.
- 7) Carbonatado – En esta etapa el tratamiento con carbonato de sodio precipita el carbonato de litio. Cabe hacer notar que si hubiesen existido vestigios de calcio o magnesio, el Na₂CO₃ antes de precipitar al carbonato de litio (Li₂CO₃) precipitaría carbonatos menos solubles, como el de calcio y magnesio. Habiendo sido excluidos el calcio y el magnesio, la precipitación de carbonato de litio se produce dejando en solución sodio y potasio, cuyos carbonatos son muy solubles.

- 8) Lavado – El sólido precipitado (Li_2CO_3) arrastra consigo salmuera concentrada en potasio y sodio. Estas impurezas son separadas por medio del lavado de los cristales con agua destilada a temperatura mayor a 80° centígrados, debido a que el carbonato de litio disminuye la solubilidad con la temperatura.
- 9) Secado – En esta etapa se realiza el secado de los cristales de carbonato de litio para la eliminación de la humedad que arrastra el producto final, ya que el Li_2CO_3 se comercializa con una humedad máxima del 0.5%.

2. Procesos Secundarios

Se agrupa como procesos secundarios a los procesos de menor importancia susceptibles a ser empleados en la explotación e industrialización integral de los principales elementos del Salar, se hace notar que, para el caso del potasio y del litio, los procesos de Li_2CO_3 y K_2CO_3 quedan cortos de importancia debido a la utilización alternativa de la salmuera en el proceso principal de carbonato de litio, proceso que reduce tanto la cantidad, como la calidad de la salmuera en proceso, afectando directamente a los procesos de los dos compuestos anteriormente citados.

4.4.1.2 Sulfato de Litio

De los procesos de extracción de sulfato de litio, los de mayor uso son los siguientes: usando carbonato de sodio se puede precipitar carbonato de litio de las salmueras, removiendo previamente magnesio y sulfato mediante adición de cal. También se puede precipitar directamente el litio de soluciones de cloruro de magnesio de las salmueras tratadas con hidróxido de aluminio.

4.4.1.2.1 Método Adecuado

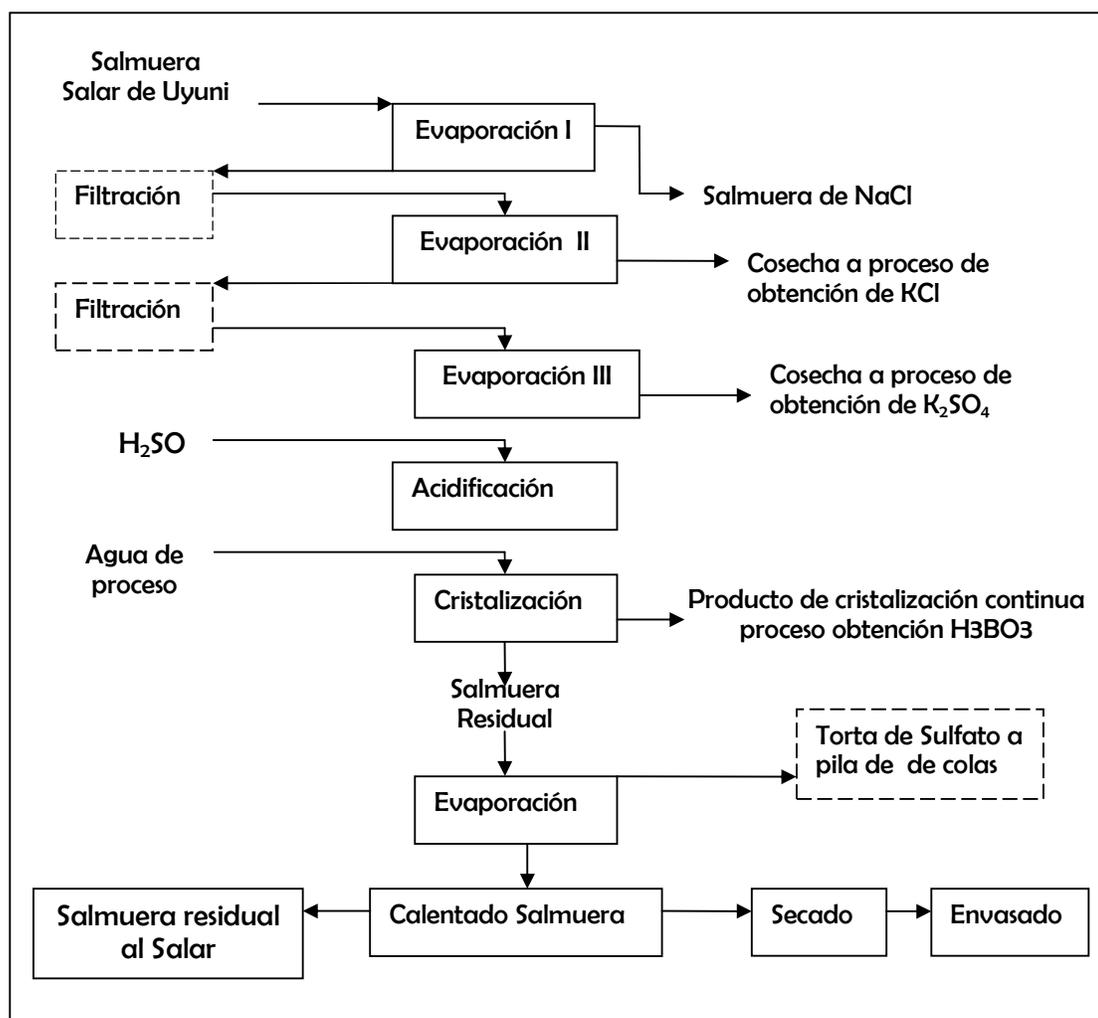
El método mas adecuado se basará en el empleo de la salmuera que queda de la cristalización del ácido bórico. Este proceso llamado de evaporación es el mas conveniente, debido a las altas concentraciones de magnesio y sulfato. El diagrama N° 2 esquematiza el desarrollo del proceso de obtención de Li_2SO_4 .

Desarrollo del Proceso:

- 1) Primera Evaporación – En esta evaporación se separa como cosecha NaCl y la salmuera superior se dirige a la segunda poza de evaporación.
- 2) Segunda Evaporación – Se logra con la segunda evaporación precipitar silvinita (KCl y NaCl sólidos) para el proceso de KCl , en cambio la salmuera superior se dirige a una tercera evaporación.
- 3) Tercera Evaporación – Se precipita Kainita y cloruro de sodio en forma sólida que se emplea en el proceso de obtención de K_2SO_4 . La salmuera superior se dirige a la planta de H_3BO_3 .
- 4) Acidificación – Utilizando como reactivo ácido sulfúrico, se acidifica la solución para precipitar el H_3BO_3 .
- 5) Cristalización – Se trata de cristalizar el ácido bórico, y se obtiene una salmuera residual que es bombeada a un evaporador.

- 6) Evaporación – En el evaporador se elimina casi un tercio del agua contenida en la salmuera para llevarla hasta el punto de saturación en sulfato de litio. En esta evaporación se espera precipiten kainita, sulfato de magnesio, cloruro de sodio y ácido bórico.
- 7) Calcinado – La salmuera clarificada es calentada a más de 80° centígrados, lo que hará precipitar sulfato de litio monohidratado.

Diagrama de Flujo N° 2
PROCESO DE BENEFICIO DE LITIO
OBTENCIÓN DE SULFATO DE LITIO



- 8) Centrifugado, Secado – Los cristales de litio son centrifugados y secados en secadores de bandeja para evitar el vidriado del producto.

4.4.2 Tecnología para Beneficio del Boro

Para extraer boro de las salmueras existen varios procedimientos, de los cuales los mas conocidos, son los que usan resinas de intercambio iónico, mediante extracción de líquido o por acidificación.

4.4.2.1 Método Adecuado para Obtención de Acido Bórico

Como el boro es menos soluble en una solución ácida que en una solución neutra, el proceso de extracción y producción de ácido bórico se desarrolla en base a la "cristalización", empleando la salmuera superior de la poza de sulfato. El diagrama N° 3, esquematiza el desarrollo del proceso.

Desarrollo del Proceso:

- 1) Primera Evaporación – En esta primera poza de evaporación solar, se forma el sedimento de cloruro de sodio. La salmuera superior cargada de litio, magnesio, potasio y cloruros, es enviada a una segunda evaporación.
- 2) Segunda Evaporación – Antes de pasar a esta poza de evaporación, gran parte del magnesio es separada por encalado, siguiendo los demás elementos el proceso normal. La evaporación se efectúa separando en la cosecha de la poza el producto a ser tratado para la obtención de cloruro de potasio. En cambio, la salmuera superior se dirige a un tercer paso de evaporación.
- 3) Tercera Evaporación – La salmuera pasa a una tercera poza de evaporación solar, en la que se separa en la cosecha la kainita ($KClMgSO_4 \cdot H_2O$) y cloruro de sodio como sólidos, que se emplean en el proceso de obtención de sulfato de potasio. La salmuera superior se dirige al tratamiento para producción de ácido bórico.
- 4) Acidificación – De la poza de sulfato (tercera evaporación) la evaporita se dirige a la planta de K_2SO_4 , en cambio la salmuera superior entra a la planta de ácido bórico para su acidificación con el empleo de coactivos (ácido sulfúrico). Se espera que precipite el ácido bórico al acidular la salmuera, saturada en boro.
- 5) Cristalización – Se procede a la cristalización, debido a que normalmente el boro es menos soluble en una solución ácida que en una neutra. Se añade en la cristalización ácido sulfúrico en una forma muy diluida para obtener cristales de tamaño grande. La salmuera residual de la cristalización es utilizada para el proceso de obtención Li_2SO_4 .
- 6) Secado – Para extraer la humedad restante de los cristales de H_3BO_3 , se procede a secar el producto final.

3.4.3 Tecnologías para Beneficio del Potasio

Los productos de interés para la industrialización de potasio en base a las salmueras del Salar de Uyuni son el cloruro de potasio y el sulfato de potasio, en ese orden de importancia, con fines enteramente dirigidos a la producción de fertilizantes (sales potasicas). Sin embargo, solo el primero corresponde a los procesos principales, debido a que el flujo de todas las operaciones no obstruye ninguno de los demás pasos a seguir en los otros procesos para los demás compuestos susceptibles a ser extraídos de las salmueras. En cambio, para el sulfato de potasio, la salmuera debe ser tratada

alternativamente en una de las primeras operaciones o para el Li_2SO_4 o para continuar el proceso de Li_2CO_3 (como se puede apreciar en el Diagrama de flujo general de los procesos).

4.4.3.1 Cloruro de Potasio

Para el cloruro de potasio, la característica principal para que tenga grado de fertilizante es alrededor del 97% de pureza, llamado comúnmente "Muriato de Potasio". En cambio, para fines de manufactura, especialmente sales potásicas, el grado químico deberá ser del 99.9%.

- a) Proceso Trona – Denominado así porque este exitoso proceso fue diseñado y aplicado en el pueblo del mismo nombre, cerca del lago Searles en California, USA. Se bombea salmuera desde los intersticios en el cuerpo salino de las capas. Se concentra la salmuera procediéndose al calentado en cristalizadores al vacío. Luego la salmuera es evaporada con evaporadores de triple efecto. El cloruro de potasio, acompañado de tetraborato de sodio, caliente es separado mediante enfriamiento rápido a 38° centígrados. El KCl se cristaliza en unos enfriadores-cristalizadores de tres etapas, al vacío. Luego de la centrifugación se procede al secado del KCl en secadores rotatorios, obteniendo Muriato de potasio (cloruro de potasio al 97%).
- b) Proceso a partir de Silvinita – El proceso empleado por la United States Bórax and Chemical Corp. Depende, en primer lugar, del hecho de que el cloruro de sodio es menos soluble en una solución saturada caliente de cloruro de potasio que en una fría. Así, cuando una solución saturada de las sales mezclada en agua se enfría desde su punto de ebullición, el cloruro de potasio se separa, contaminado solamente con cloruro de sodio que arrastra. El licor madre frío se calienta a 110° centígrados empleando cambiadores de calor que emplean el vapor de escape. El licor madre caliente pasa a través de una serie de disolventes calentados por vapor a contracorriente con un flujo de mineral triturado de tamaño reducido. El cloruro de potasio pasa a la solución junto con una pequeña cantidad de cloruro de sodio. Por medio de un espesador se sedimenta el lodo insoluble. El lodo se lava por decantación a contracorriente y la solución excedente saturada y turbia se bombea hacia unos enfriadores y cristalizadores al vacío. En estos recipientes la solución se enfría a 27° C. y el cloruro de potasio sale de la solución y, en suspensión, se bombea a tanques de sedimentación. La masa de cristalizadores espesados se filtra, se lava y se seca en filtros Oliver. La torta seca se tritura y se clasifica. Es así que se obtiene KCl 97%.
- c) Proceso de obtención de KCl granular al 50% - El mineral triturado y clasificado suspendido en una salmuera saturada con cloruros de sodio y de potasio se lleva a un banco de mesas de Wilfley, donde se separan el cloruro de sodio y el de potasio por su diferencia en peso. Un producto con un 50 a 51% de K_2O , es separado de la salmuera en clasificadores de arrastre y pasado a través de secadores rotatorios calentados con gas.
- d) Proceso de flotación de jabón – La Potash Company of America separa el cloruro de potasio del cloruro de sodio mediante concentración, en base al principio de flotación (para la concentración de minerales insolubles). El mineral de silvinita se alimenta a una trituradora. Luego el mineral se muele en

húmedo en molinos de bolas. El producto del molino se trata en dos series de celdas de flotación para flotar un concentrado de NaCl y deprimir un concentrado de KCl. Luego se separa por medio de un clasificador en fracciones fina y gruesa.

- e) Proceso de tratamiento de Potasa Saskatchewan – En Saskatchewan, Canadá, la Internacional Mineral and Chemical Corp., comienza su proceso a partir de mineral silvinita ($x\text{NaCl} - \text{KCl}$) y carnalita ($\text{KCl}, \text{MgCl}_2, 6\text{H}_2\text{O}$). Se muele y clasifica el mineral. Este se trata con una salmuera que lixivia la carnalita, desenloda el mineral y luego separa las sales de potasio en material fino y grueso. Después de ésta separación se desenlodan los finos por medio de un hidroseparador, se tratan con una amina y con almidón y se combinan con las sales gruesas. Las sales finas y gruesas se llevan a celdas de flotación para separar las sales del potasio del cloruro de sodio. El cloruro de potasio comienza a cristalizar.

4.4.3.1.1 Método Adecuado de Obtención de Cloruro de Potasio

Para la industrialización de cloruro de potasio de las salmueras del Salar de Uyuni, el proceso mas apropiado está estructurado en base al método Trona, modificado a nuestro medio, mediante “flotación”. El Diagrama N° 4 corresponde al proceso de obtención de Cloruro de Potasio.

Desarrollo del Proceso:

- 1) Primera Evaporación – La salmuera extraída se introduce a pozas de evaporación solar para la cristalización de sales de forma secuencial. En esta poza de sal, el sedimento (salmuera de NaCl de lavados residuales) es devuelto al Salar. La salmuera superior es enviada a la segunda poza de evaporación. Se obtiene salmuera con aproximadamente 15% de silvinita.
- 2) Segunda Evaporación – En esta poza de silvinita, mediante evaporación se cristaliza las sales hasta obtener un 70% de pureza necesaria para pasar a la tercera operación.
- 3) Trituración y Cribado – Los cristales de cloruro de potasio, cloruro de magnesio y cloruro de sodio que se encuentran en conjunto pasan a molienda para el acondicionamiento del tamaño de grano adecuado.
- 4) Flotación – Mediante flotación se separa los materiales insolubles, de manera de tener cloruro de potasio libre de sus acompañantes (NaCl y Cl_2Mg).
- 5) Secado – Se procede al secado de los cristales, de KCl para la eliminación de la humedad de arrastre del producto, mediante secadores rotatorios de corrientes paralelas.
- 6) Clasificación y Compactado – Luego de estar seco el cloruro de potasio se refina para obtener el producto final con las condiciones especificadas para el caso (97% de pureza), se tamiza el producto para separar el producto en fracciones finas, medianas (Standard) y gruesas. Los finos y parte de la fracción Standard son llevados a un compactador de codillos de sentido de giro contrario sometidos a alta presión. La potasa es alimentada al espacio entre los codillos. Las partículas

se funden y se aglomeran debido a la presión de paso entre los rodillos. De allí emerge una lamina continua de aproximadamente 5 mm. De espesor. Esta lámina se transforma en escamas por efecto de un molino de tipo de dedos.

Proceso Secundario

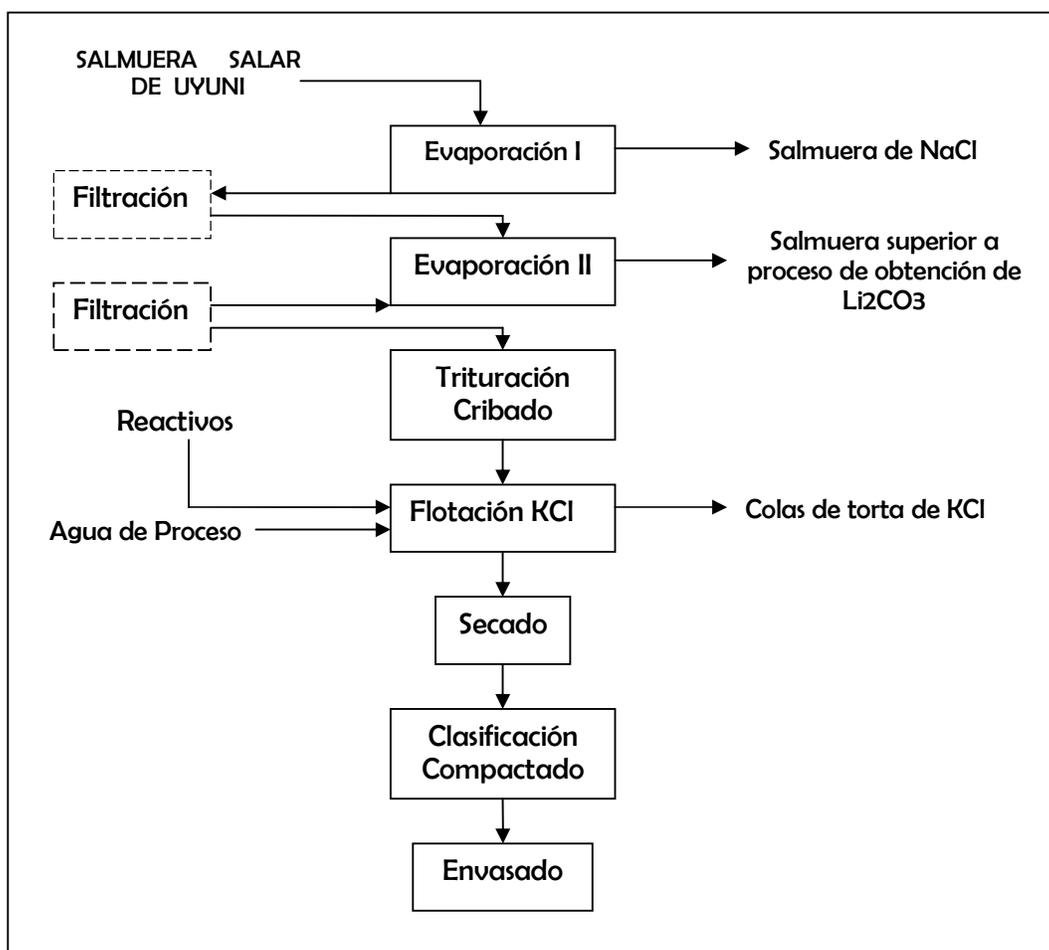
4.4.3.2 Sulfato de Potasio

La obtención de sulfato de potasio para las industrias de productos químicos y fertilizantes a principios de siglo se realizaba por la interacción del cloruro de potasio y del ácido sulfúrico. Sin embargo actualmente el proceso de flotación es empleado por la mayoría de las industrializadoras de potasio. La American Potash and Chemical Corp. produce esta sal mediante la interacción de la burkenita ($\text{Na}_2\text{CO}_3, 2\text{Na}_2\text{SO}_4$) con el cloruro de potasio. A su vez, la Internacional Minerals and Chemical Corp. procesa sulfato de potasio del mineral langbeinita ($\text{K}_2\text{SO}_4, 2\text{MgSO}_4$), haciéndolo reaccionar con cloruro de potasio.

El proceso mas conveniente, de acuerdo a las características de la salmuera a ser tratada, se basa en la flotación, y su desarrollo se describe a continuación. El Diagrama N° 5 corresponde al proceso de obtención de Sulfato de Potasio de las salmueras.

Desarrollo del Proceso:

Diagrama de Flujo N° 4
PROCESO DE BENEFICIO DEL POTASIO
OBTENCION DE CLORURO DE POTASIO



Elaboración Propia

- 1) Primera Evaporación: Esta operación, detallada anteriormente en los procesos de beneficio de Li_2CO_3 y KCl , se la realiza en la denominada Poza de Sal, precipitándose cloruro de sodio con una pequeña cantidad de sulfato de calcio o carbonato de calcio. Precipita casi un 90 de la sal contenida en la salmuera inicial. Esta nueva salmuera pasa a la segunda operación.
- 2) Segunda Evaporación – La salmuera proveniente de la poza de sal, casi saturada de cloruro de potasio, pasa a ésta segunda evaporación a la poza de Silvinita. A medida que la evaporación solar elimina agua de la salmuera, se precipitará la silvinita (cloruro de potasio y cloruro de sodio sólidos). Esta silvinita se manda a las operaciones de tratamiento para obtención de KCl . En cambio, el material que interesa a este proceso es la salmuera obtenida luego de separada la silvinita.
- 3) Tercera Evaporación – Esta nueva salmuera, casi saturada en sulfato, pasa a una tercera evaporación en la denominada Poza de Sulfato. A medida que se vapore el agua de la salmuera precipitarán kainita ($\text{KCl MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) y cloruro de sodio en forma sólida.
- 4) Trituración y Cribado – La evaporita obtenida en la tercera evaporación (Kainita y NaCl) pasa a la operación de trituración y cribado, se muele en

húmedo el material y se tamiza con el objeto de homogeneizar los sólidos en el proceso.

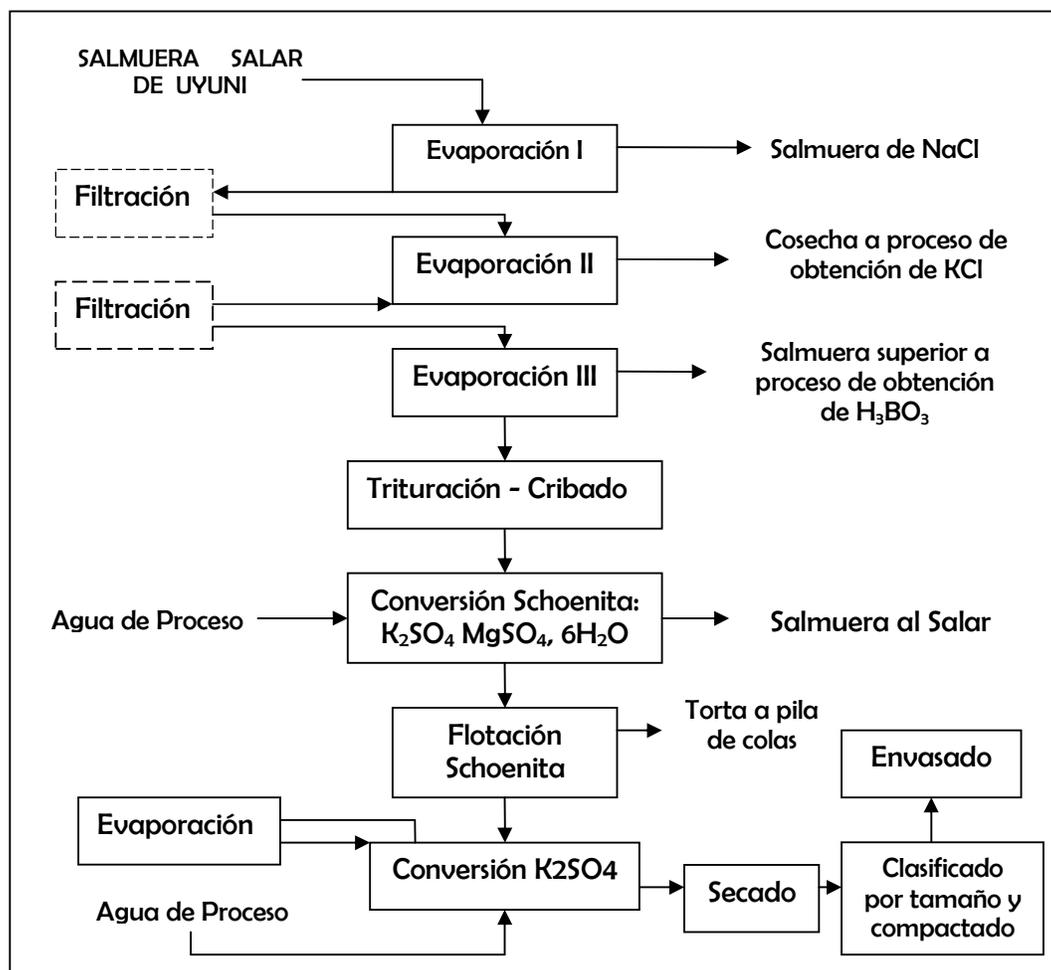
- 5) Conversión Kainita Schoenita – Para poder emplear la flotación, es necesario convertir la kainita a schoenita (K_2SO_4 , $MgSO_4$, $6H_2O$) debido a que esta última flota mejor que la primera (kainita). Se forma primeramente una suspensión con la evaporita empleando salmuera. La kainita se convierte en Schoenita al añadir agua a la suspensión. El agua requerida se añade en contracorriente al flujo de los sólidos de kainita.
- 6) Flotación Schoenita – La schoenita se encuentra contaminada con cloruro de sodio. Para separar el KCl como cola se emplea la flotación. Se emplea reactivos como el ácido acrílico, para la separación de la schoenita del cloruro de sodio. Se espera que tras la flotación el concentrado grueso sea de calidad suficiente. El concentrado de schoenita es desaguado en centrífugas y la torta es transportado al siguiente paso.
- 7) Conversión Sulfato de Potasio – La torta de schoenita, probablemente con algo de KCl y pequeñas cantidades de NaCl, es lixiviada con agua en contracorriente en un sistema de tanques para producir sulfato de potasio sólido. La lixiviación se realiza en dos etapas para asegurar la pureza del producto. Los cristales de sulfato de potasio son desaguados en centrífugas.
- 8) Secado – Los cristales de sulfato de potasio son secados en un horno rotatorio de fuego directo, desechando toda la humedad perjudicial a la calidad del producto.
- 9) Clasificado y Compactado – El producto salido del horno es compactado para producir sulfato de potasio de grado granular en compactador de rodillos. Las partículas se funden y aglomeran debido a la presión. Así se obtiene el producto final.

4.4.4 Tecnologías para Beneficio del Magnesio

4.4.4.1 Magnesio Metálico

La obtención de hidróxido de magnesio a partir de agua de mar y salmueras naturales ha ido adquiriendo cada vez mas importancia con el pasar del tiempo. Antiguamente para producir hidróxido de magnesio a partir de salmueras se usaba como clarificante agua de cal clarificada, pero luego se vio que se pueden obtener productos igualmente satisfactorios, añadiendo lechada de cal mucho mas concentrada o incluso cal pulverizada seca, aumentando el rendimiento de hidróxido de magnesio de un volumen dado de salmuera. Para la conversión de hidróxido de magnesio a magnesio metálico los procedimientos pueden ser electrólisis o reducción térmica. El método de extracción de magnesio mas importante es el empleado en los Estados Unidos, en Freeport y Velasco, Texas, denominado procedimiento “Dow”, mediante encalado y electrólisis se obtiene magnesio metálico del agua de mar. La materia prima para la lechada de cal son las conchas de mar.

Diagrama de Flujo N° 5
PROCESO DE BENEFICIO DEL POTASIO
OBTENCIÓN DE SULFATO DE POTASIO



Elaboración Propia

Por las características de la salmuera del Salar de Uyuni, el método más conveniente y adecuado para la obtención de magnesio metálico es el procedimiento Dow. Cabe hacer notar que este método ha sido adecuado a las condiciones y posibilidades con que se cuenta en la zona sudoeste del país.

Es así que la materia prima para la producción de lechada de cal es la caliza (contenido de CaCO₃), existente en grandes cantidades en los alrededores del Salar de Uyuni. Otra de las variantes, para el caso de suministros, es la variante de que, a cambio de gas (insumo empleado en el procedimiento Dow como fuente de energía) se espera poder emplear la Planta Geotérmica de Laguna Colorada como fuente de energía, suponiendo que esta se encuentra en funcionamiento continuo y estable.

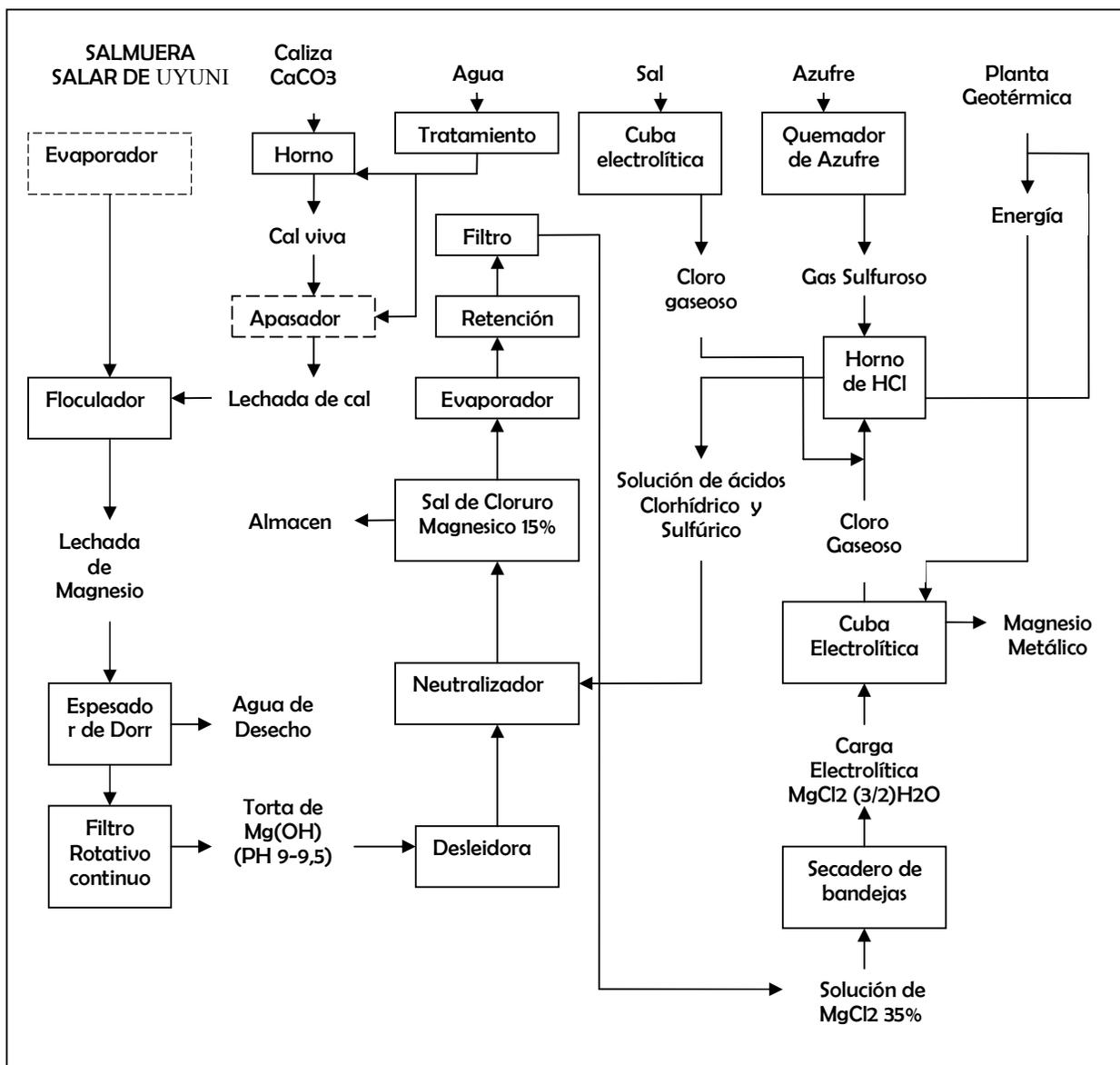
El Diagrama N^o 6 esquematiza el procedimiento Dow adecuado a la producción de magnesio metálico a partir de salmueras del Salar. El Diagrama N^o 7 muestra las operaciones del proceso para obtención de magnesio metálico, descritas a continuación.

Desarrollo del Proceso:

- 1) Evaporación – La salmuera es depositada en una poza de evaporación con el principal objetivo de separar el gran porcentaje de cloruro de sodio de la salmuera y aumentar la riqueza de los demás elementos existentes en ella.
- 2) Encalado Decantación – Empleando caliza (CaCO_3) existente en el Salar, se obtiene con agua tratada en un horno la llamada “cal viva”, posteriormente se apaga la cal, obteniendo la lechada. En un floculador se mezcla la salmuera con la lechada de cal. Este encalado produce la lechada de magnesio, que pasa a un espesador (tipo Dorr) en el que se elimina el boro que quedaba en la solución.
- 3) Filtrado – Se procede a filtrar la lechada de magnesio con el fin de separar gran porcentaje del agua que contiene. Mediante filtros rotativos continuos se obtiene la torta de hidróxido de magnesio. El carbonato de calcio de la lechada se queda en la torta del filtro. La torta de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ que se obtiene sale con un PH entre 9 y 9.5 (grado alcalino alto), por lo que es necesario neutralizar este hidróxido para seguir el proceso.
- 4) Neutralización – Empleando el azufre del Salar mediante quemado se obtiene gas sulfuroso que tratado con ácido clorhídrico en un horno da una solución de ácido clorhídrico y sulfúrico. En los tanques de neutralización se añade la solución ácida y el hidróxido de magnesio. El PH se mantendrá en 6.5, descomponiéndose los carbonatos de dióxido de carbono. Se produce una solución de cloruro de magnesio. Pasa esta solución a una torre de enfriamiento y posteriormente el agua es separada, aumentando la concentración de MgCl_2 hasta un 35%.
- 5) Evaporación – La concentración del cloruro de magnesio no es lo suficientemente alta como para ser empleada en la electrólisis. Se eleva este porcentaje empleando un evaporador.
- 6) Secado – Para eliminar el agua en exceso de la permitida para alimentar las cubas electrolíticas la solución de cloruro de magnesio pasa a un secadero de bandejas. El material obtenido esta listo para ser utilizado en la electrólisis.
- 7) Electrólisis – El cloruro de magnesio pasa a las celdas electrolíticas, donde la electrólisis produce la eliminación de cloro gaseoso y el magnesio fundido. El magnesio sube hasta la superficie del electrolito y es dirigido hacia los pozos colectores, de donde se obtendrá lingotes de magnesio con una pureza superior al 99.9%.

Con todo lo expuesto, en el detalle de obtención y proceso de las diferentes tecnologías aplicables para obtener el beneficio de los elementos estudiados, es decir para obtener carbonato de litio, sulfato de litio, ácido bórico, cloruro de potasio, sulfato de potasio y magnesio metálico, de las salmueras del Salar de Uyuni, queda claro y viable la explotación de dichos recursos, por lo que ahora veremos los proyectos propuestos desde el punto de vista económico, es decir, capacidad de producción día, mes, año, producción estimada, costos de producción y tratamiento, e inversión necesaria para la elaboración de los proyectos presentados.

Diagrama de Flujo Nº 7
PROCESO DE BENEFICIO DE MAGNESIO
METODO DOW ADECUADO A LAS SALMUERAS DEL SALAR DE UYUNI



Elaboración Propia en base a método "DOW" para extracción de magnesio.

4.5 PROYECTOS REALIZADOS DE EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS EVAPORÍTICOS DEL SALAR DE UYUNI

4.5.1 Proyecto del Salar de Uyuni²⁷

En marzo de 1984, FUNDEMOS, Fundación para la Capacitación Democrática, presento un Proyecto denominado "Proyecto del Salar de Uyuni", cuyo propósito fue el de ayudar a mejorar los conocimientos técnicos, planificadores y legisladores bajo aspectos técnico económicos desarrollados en el proyecto. El capital necesario para la implementación del Proyecto fue estimado en 177 millones de \$us, con una producción mínima anual prevista de 5.500 toneladas de carbonato de litio (Li_2CO_3); 520.000 toneladas de cloruro de potasio (KCl); 150.000 toneladas de sulfato de potasio (K_2SO_4) Y 30.000 toneladas de ácido bórico (H_3BO_3). La construcción de plantas, estanques de evaporación solar, sistemas de bombeo y distribución, campamento, servicios, infraestructura y otros, es estimada en cuatro años. El mayor beneficio económico a nivel nacional, es la iniciación de la industria de los fertilizantes sustituyendo sus importaciones y mejorando las posibilidades del sector agrícola nacional. La secuencia de trabajos va desde la exploración hasta la construcción de las plantas, dividiéndose en trabajos de pre-factibilidad, factibilidad, diseño e ingeniería, construcción y explotación.

- a) Trabajos de Prefactibilidad – Incluyen trabajos de exploración e investigación desarrollados en tres fases: la Fase I de exploración preliminar, la Fase II que es la exploración en detalle, la Fase III con la elaboración del estudio de pre-factibilidad. El tiempo estimado para efectuar las tres fases fue de dos años y el costo de 2 millones de \$us.
- b) Estudio de Factibilidad, Diseño e Ingeniería – Estimado para dos años, estaría complementado con el diseño e ingeniería de los estanques de evaporación solar y de las plantas para producir carbonato de litio, sales potásicas y ácido bórico. El costo del estudio se estimó en 3 a 4 millones de \$us.
- c) Construcción de plantas, Estanques Solares de Evaporación y Campo de Pozos – El campo de pozos consiste en una batería de pozos perforados en el Salar con una equidistancia de 15 Km. y una profundidad estimada de 20 metros y 0.61 metros de diámetro, que proveerán entre 4 y 5 millones de metros cúbicos anual de salmuera bombeados a los estanques de evaporación solar. La capacidad de las plantas, dependerá del estudio de factibilidad, pero se lo estima similar a las capacidades de las plantas de CORFO en el Salar de Atacama en Chile.

El detalle de la inversión estimada para el proyecto del Salar de Uyuni, con cuatro plantas productoras (en comparación y similares a los de las plantas del Salar de Atacama), es de 177 millones de \$us, y detallado a continuación:

<u>ÍTEM</u>	<u>MILLONES DE \$US.</u>
Planta química de Li_2CO_3	24.5
Planta química de KCl	13.9
Planta química de K_2SO_4	16.2
Planta química de H_3BO_3	4.8
Estanques de evaporación solar	14.3
Equipo de cosecha de salmuera	5.7

²⁷ Fundación para la Capacitación Democrática, Proyecto del Salar de Uyuni, Marzo de 1984

Pozos de producción y sistemas de bombeo	7.6
Facilidades de almacenaje en Uyuni	6.0
Generador eléctrico y sistemas de distribución	8.0
Caminos	12.5
Suministro de agua	0.5
Campamento completo	6.8
Ingeniería	16.5
Gastos de inicio	3.0
Capital de operación	16.8
Contingencias	<u>20.0</u>
Costo Total del Proyecto	177.0

El tiempo estimado de construcción total es de cuatro años. La capacidad mínima estimada de producción de las plantas es de:

Li ₂ CO ₃ :	5.500 toneladas por año
KCl :	520.000 toneladas por año
K ₂ SO ₄ :	150.000 toneladas por año
H ₃ BO ₃ :	30.000 toneladas por año

Los costos de operación, estimado en dólares americanos por tonelada de salmuera tratada se detallan como sigue:

<u>Costo</u>	<u>Estanques Solares</u> \$us/ton	<u>Plantas</u> \$us/ton
Mano de obra	12.40	27.90
Suministros y Materiales	23.40	260.00
Energía	5.00	3.00
Transportes	11.70	4.00
Administración y Otros	<u>8.30</u>	<u>22.00</u>
	62.00	317.00

Resumen de Costos Para la Implementación del Proyecto
(En millones de \$us.)

<u>Categoría</u>	<u>Costo</u>
Exploración e Investigación	2.0
Estudio de Factibilidad, Diseño e Ingeniería	4.0
Capital de Inversión	<u>177.0</u>
Costo Total	183.0

En el mundo económico- financiero libre actual, los países que desean desarrollar sus recursos naturales en beneficio de sus intereses y su población, tiene varias alternativas para hacerlo, de las cuales tres son de mayor uso y practica: el desarrollo del recurso como una operación netamente estatal, como una operación totalmente privada y como una operación mixta (joint venture) del Estado y Capitales privados, lo cual es la mas conveniente debido a la ventaja de flexibilidad de negociación y acuerdo entre partes, que permite una serie de combinaciones de participación. El riesgo es compartido y se utiliza los conocimientos y habilidades de las partes contractuales.

El proyecto desarrollado en su integridad aún no ha sido considerado con interés por parte del Estado y sus autoridades por lo que queda como una propuesta viable de explotación y aprovechamiento de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni.

4.5.2 Proyecto Planta Piloto de Carbonato de Litio

En octubre de 1991, la Comisión Regional Minero Metalúrgica a cargo de la Universidad Mayor de San Andrés, la Universidad Autónoma Tomás Frías de Potosí y la Universidad Técnica de Oruro, presentaron el Proyecto Universitario del Diseño Final de Planta Piloto de Carbonato de Litio para su funcionamiento a partir de las salmueras del Salar de Uyuni, los estudios realizados en convenio con la Office de la Recherche Scientifique Technique Outre Mer "ORSTOM" de Francia, evaluó después de la exploración importantes reservas de litio y otros elementos presentes, los volúmenes reportados para la primera de catorce costras identificadas, como ya se lo detallo en el análisis técnico de reservas en el capítulo II, fue de:

Litio	8.9 millones de toneladas métricas
Boro	7.7 " " "
Potasio	194.0 " " "
Magnesio	211.0 " " "

El estudio permitió establecer las bases científicas y tecnológicas mínimas indispensables, para la instalación de complejos industriales derivados del aprovechamiento de las salmueras del Salar, los recursos minerales metálicos no metálicos y energías alternativas.

Después de un estudio minucioso de las regiones aledañas al Salar y fundamentalmente de mayor concentración y facilidades naturales para la instalación, tanto de la planta de evaporación solar y la planta química, seleccionaron como el lugar mas adecuado la región del Delta del Río Grande de Lípez, para uno de los módulos, la Planta de Evaporación y los alrededores del nor-este de la ciudad de Uyuni para el segundo módulo, la Planta Química en el departamento de Potosí.

La planta experimental contempló una capacidad de tratamiento de:

Capacidad Diaria	8 m ³ Salmuera / Día – 9.6 TM / Día
Capacidad Mensual	240 m ³ Salmuera / Mes – 288 TM / Mes
Capacidad Anual	2880 m ³ Salmuera / Año – 3456 TM / Año

Contemplando un mes de 30 días y un año de 365 días, por la Evaporación Solar.

Respecto a la Producción:	Producción Diaria	17.7 kg Li ₂ CO ₃ / Día
	Producción Mensual	531.0 kg Li ₂ CO ₃ / Mes
	Producción Anual	6372.0 kg Li ₂ CO ₃ / Año

La Planta Piloto propuesta en el proyecto, concibe un esquema modular, un modelo versátil en el que fácilmente podrá incrementarse la capacidad o diversificar la producción, según los requerimientos. Se planifico dos módulos principales:

1. Planta Evaporitica – situada a orillas del Salar de Uyuni
2. Planta Química – situada en la zona industrial de la ciudad de Uyuni.

Pese al esfuerzo por simplificar el diseño final de la Planta Piloto sin desarticular la Planta de Evaporación de la Planta Química debido a la falta de infraestructura industrial que no se dispone en la zona de Río Grande, este hecho encarece el costo total de la Planta Piloto, la inversión calculada se detalla en el cuadro N° 3.5.2.1.

El modulo evaporítico de Río Grande prevé la instalación de una estructura auxiliar conformada por una vivienda para técnicos y personal de servicio necesario, un taller de mantenimiento, laboratorio, garajes y dependencias. La Planta Evaporitica, consta de un área de pruebas de evaporación y otro de pruebas de proceso.

El modulo Químico es el que mayor inversión requiere, la Planta ha sido diseñada para tres módulos, uno de ellos es el Carbonato de Litio, con una capacidad de producción que alcance los 10.000 kg / año, se ha previsto solo la infraestructura civil para los módulos Hidróxido de Litio y Cloruro de Potasio.

La elaboración del proyecto de la Planta Piloto queda en propuesta para su consideración y puesta en marcha con las debidas actualizaciones en el campo técnico económico por profesionales especializados en el campo minero.

CAPÍTULO V**INVERSIONES EN MINERÍA****5.1 EL PANORAMA DE LAS INVERSIONES EN EL CONTEXTO DE LA MINERÍA NACIONAL**

Como se ha señalado (en el marco teórico), la minería ha sobrevivido un largo periodo de precios internacionales deprimidos y en ese contexto adverso es destacable que aún hoy día se tengan diversas actividades mineras; bajo este actual panorama, la economía del occidente de Bolivia no está diversificada y su bienestar depende principalmente del futuro de la minería.

La coyuntura internacional actual es favorable en términos de precios, por lo que el enfoque de las actuales reducidas y nuevas inversiones mineras que podrían venir, debería ser cómo optimizar este entorno para miles de familias que se podrían beneficiar de la minería, ya que esta tiene el potencial de convertirse en el puntal de las economías autonómicas del occidente, especialmente en los departamentos más pobres como Oruro y Potosí.

Dentro de las perspectivas de crecimiento del sector minero en términos económicos, concepto que va asociado al Producto Interno Bruto, cuya variable muestra si un país o un sector aumentan o disminuyen el nivel de producción de bienes o servicios. En este marco, durante los años de 2001 a 2004, se observa que el producto minero mantuvo una tendencia de crecimiento desapercibida, a excepción de 2004.

Del cuadro precedente se infiere que mientras el PIB nacional creció a una tasa anual media de 3.66%, el PIB minero no acompañó ese ritmo llegando a tener tasas negativas como en 1996, 1998, 2001 e incluso el año 2004, sin embargo el despegue en los precios internacionales coadyuvo a un crecimiento fuerte en las tasas posteriores de crecimiento logrando un comportamiento promedio de 3.52%.

Como el agregado engloba al consumo privado, la inversión, el gasto público y las exportaciones netas; en este sentido para revertir la situación se hace necesario impulsar políticas destinadas a reactivar la variable *INVERSIÓN*, factor dinámico para mejorar el comportamiento económico de nuestro país. Pues mediante este componente el consumo de las familias se incrementa, hay mayor empleo de los factores productivos y por lo tanto más ingresos. Así mismo a mayor inversión, mayor producción, lo que da lugar a la emergencia de obligaciones fiscales directas e indirectas para el Estado y por último si el bien producido tiene como destino el mercado externo, entonces la balanza comercial es favorecida, lo que a la vez repercute en la cuenta corriente y capital de la balanza de pagos, en el primer caso vía incremento de las exportaciones y en el segundo caso a través del aumento del nivel de inversiones, fundamentalmente externas, lo que contribuye al equilibrio de este instrumento macroeconómico.

No debemos olvidar que este fenómeno industrial y económico trae consigo importantes beneficios colaterales a las regiones donde opera, principalmente en infraestructura de transporte, energía y actividad económica en general, sin embargo no llega por sí sola, debe ayudársela para que llegue. No es suficiente para nuestro país el contar con una geología atractiva, ya que otras naciones y muy vecinas nuestras también la tienen y compiten con nosotros para atraer inversiones mineras a sus territorios.

CUADRO Nº 5.1.1
 PIB NACIONAL Y MINERO
 (Miles de bolivianos de 1990)

AÑOS	PIB pm TOTAL	INDICE 1990 = 100	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL	PIB MINERÍA	INDICE 1990 = 100	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL	PARTICIPACION PIB MINERO PIB TOTAL
1988	14.219.987	92,08		676.613	70,63		4,76
1989	14.758.943	95,57	3,79	850.860	88,81	25,75	5,77
1990	15.443.136	100,00	4,64	958.018	100,00	12,59	6,20
1991	16.256.453	105,27	5,27	992.397	103,59	3,59	6,10
1992	16.524.115	107,00	1,65	1.002.980	104,69	1,07	6,07
1993	17.229.578	111,57	4,27	1.090.044	113,78	8,68	6,33
1994	18.033.729	116,78	4,67	1.090.504	113,83	0,04	6,05
1995	18.877.396	122,24	4,68	1.191.245	124,34	9,24	6,31
1996	19.700.704	127,57	4,36	1.134.961	118,47	(4,72)	5,76
1997	20.676.718	133,89	4,95	1.141.142	119,11	0,54	5,52
1998	21.716.623	140,62	5,03	1.132.962	118,26	(0,72)	5,22
1999	21.809.329	141,22	0,43	1.075.080	112,22	(5,11)	4,93
2000	22.356.265	144,77	2,51	1.091.900	113,97	1,56	4,88
2001	22.732.700	147,20	1,68	1.066.198	111,29	(2,35)	4,69
2002	23.297.736	150,86	2,49	1.067.129	111,39	0,09	4,58
2003	23.983.025	155,30	2,94	1.074.357	112,14	0,68	4,48
2004	24.924.345	161,39	3,92	998.479	104,22	(7,06)	4,01
2005(p)	25.935.068	167,94	4,06	1.103.720	115,21	10,54	4,26
2006(p)	27.120.303	175,61	4,57	1.203.055	125,58	9,00	4,44

Elaboración propia – (p) cifras preliminares

Fuente: Anuario Estadístico INE; Dirección de Política Sectorial VMM

Para desarrollar nuevos proyectos, en el mundo existe un monto limitado de fondos de inversión, al que naturalmente acuden los futuros inversionistas, pero pensando en una futura inversión en aquellos países que ofrezcan mayores ventajas en conjunto y que minimicen el factor riesgo país, factor que en el caso nuestro, es mas limitativo que en todos los demás de la región.

Entonces, bajo esta lógica las perspectivas de crecimiento del país en general y del sector minero en particular, pasan por el tratamiento que se le otorgue a la inversión en términos económicos y legales. En el primer caso a través de políticas cambiarias y fiscales y, en el segundo mediante la seguridad jurídica. Al referirnos a la seguridad jurídica, debemos señalar que la misma en este momento se halla en un escenario de incertidumbre; en estos últimos años, las condiciones socio-políticas cambiaron, a partir de hechos políticos que aún no encuentran una salida. Las condiciones que proporcionaron seguridad jurídica a la inversión, paulatinamente se van anulando. Van surgiendo factores que configuran un ambiente de inseguridad, a partir de la emergencia de tendencias que buscan modificar las relaciones entre el Estado y los capitales privados nacionales y extranjeros.

Independientemente de esta apreciación, debemos indicar que la minería tiene un escenario favorable para hacer negocios en el área, esto es evidente a partir de la

vigencia y la estabilidad de un sistema tributario competitivo, la calidad de los depósitos minerales y geología del territorio boliviano, la existencia de mano de obra calificada y barata, la existencia de un Código Minero simple y seguro, un ágil y oportuno sistema de comercialización de minerales y, la existencia de un moderno sistema de catastro minero; al margen de un marco regulatorio ambiental con requerimientos razonables y el desarrollo de la minería en altas zonas de concentración de pobreza, todos estos factores hacen que la minería en nuestro país tenga ventajas comparativas y competitivas.

Estos elementos y los anteriormente señalados motivan a la inversión, es por ello que en el sector minero esta variable presenta una tendencia ascendente (pese al ámbito político-social) tal como se observa en el siguiente cuadro:

CUADRO Nº 5.1.2
INVERSIÓN PÚBLICA Y PRIVADA
SECTOR MINERO
(En millones de dólares americanos)

AÑOS	INVERSIÓN PÚBLICA	INVERSIÓN PRIVADA	INVERSIÓN TOTAL	TASA DE INCREMENTO ANUAL
1990	29,5	21,0	50,5	27,33
1991	15,3	49,0	64,3	93,93
1992	9,9	114,8	124,7	-80,11
1993	3,6	21,2	24,8	190,73
1994	9,1	63,1	72,2	65,21
1995	4,4	114,7	119,1	-28,70
1996	3,1	81,8	84,9	-20,88
1997	3,4	63,8	67,2	-28,57
1998		48,0	48,0	-9,38
1999		43,5	43,5	14,25
2000		49,7	49,7	-18,31
2001		40,6	40,6	-21,67
2002		31,8	31,8	-37,11
2003		20,0	20,0	140,00
2004		48,0	48,0	20,48
2005		54,1	54,1	20,48

Fuente: Informes de empresas del sector, memorias asociación de mineros medianos; Dirección de Política Sectorial Ministerio De Minería y Metalurgia

Es por ello que para que Bolivia en su conjunto intente recibir nuevas e importantes inversiones mineras en el mediano plazo, el Estado debe garantizar aquellas inversiones mineras ya existentes, que generan y generarán e impulsaran el desarrollo local y departamental, utilizando tecnología moderna e incorporando calidad en el empleo, salarios justos, divisas, impuestos y efectos multiplicadores en otros sectores económicos. De esta forma, repetimos, se otorga seguridad jurídica no solamente a la inversión, sino también a la comunidad y a sus miembros.

Hoy en día y gracias a cierta estabilidad y que las reglas del juego todavía no han sido cambiadas en los temas antes descritos, existen proyectos que ya son una realidad y que están en pleno desarrollo, algunos de estos proyectos –salvo excepciones– dependen del

fondeo y de los mercados de capitales en el exterior. Los fondos de inversión provienen de acciones bursátiles que se cotizan en bolsas internacionales, acciones que son muy sensitivas y que responden inmediatamente a cambios políticos y de inestabilidad social y económica, por lo que se hallan sujetas al impacto psicológico que sus inversionistas-accionistas perciben de los acontecimientos domésticos e internacionales. Este tipo de inversiones requieren fundamentalmente de cotizaciones en permanente alza y de un continuo incremento de sus reservas mineralógicas.

Todo ello daría lugar al incremento de la producción y por lo tanto del Producto Interno Bruto Minero bajo un orden del 50% aproximadamente, así como el aumento de las exportaciones. Efectivamente el valor de la producción minera tanto en términos brutos como netos depende del comportamiento de las cotizaciones de los minerales y metales que se dan en el mercado internacional, variable que no puede ser controlada a nivel de país. Si las proyecciones de crecimiento de las economías industrializadas y particularmente de la China e India se cumplen, entonces las perspectivas de crecimiento del sector minero son expectables.

Ante un ambiente externo favorable, un escenario interno estable en cuanto a las reglas económicas, señalar que Bolivia es un país que ayer hizo minería, hoy continúa y mañana seguirá haciendo minería, por el potencial mineralógico que encierra en sus entrañas.

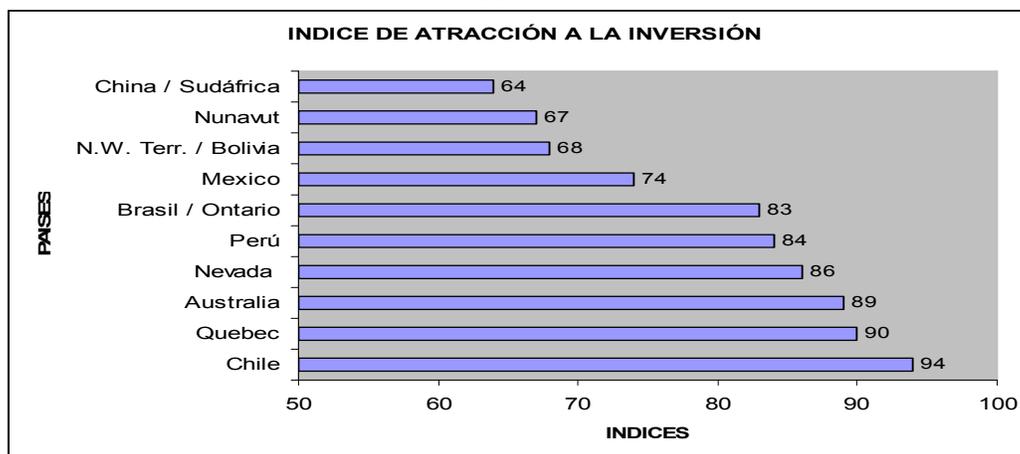
Bolivia necesita competir, la competitividad en el sector minero es necesaria e imperativa para atraer nuevas y potenciales inversiones y que estas no se dirijan a otros países cuyos entornos tributarios sean más atractivos, como Chile, Perú, Argentina, etc. Nuevamente afirmamos que no es suficiente para nuestro país el contar con una geología atractiva, otras naciones también lo tienen y compiten con nosotros para atraer nuevas inversiones mineras que favorezcan a sus territorios. Para desarrollar nuevos proyectos en el mundo existe un monto limitado de fondos de inversión, que naturalmente acudirán a los países que ofrezcan mayores ventajas en conjunto; sabemos que Argentina nunca fue tradicionalmente minera, sin embargo durante el 2005 logró una inversión de 2500 millones de \$us, un 24% más que el 2004, y se estima que la misma crecerá este año alrededor de los 11.000 millones \$us. Este sostenido crecimiento de la industria minera cuadruplica las inversiones en exploración y explotación respecto a periodos anteriores. Para lograr y llegar a esto, este país creó un marco jurídico para el sector otorgándole garantías y seguridad de la tenencia minera, un marco legal completo con reglas de juego claras para los inversores. Su legislación incluye una serie de incentivos a la explotación y exploración tendientes a neutralizar la carga tributaria de los mismos.

Chile, país minero por excelencia, captó inversiones mineras el 2005 por 2150 millones \$us. y espera recibir inversiones el año 2006 y 2007 por más de 2760 millones \$us. solo en proyectos de cobre y oro, además tiene el índice más alto de atracción minera en el mundo, (94 de 100), según el Instituto Fraser²⁸.

Perú captará inversiones por 5300 millones \$us. en el periodo 2005-2009 por operaciones en yacimientos de oro y cobre, con una media anual de 1325 millones de dólares. En nuestro país las cifras están totalmente alejadas de esas "realidades", hasta en 20 y 22 veces menores, como se puede ver en la figura de índice de atracción a la inversión, donde nuestro país tiene un valor de 68 muy inferior a los ya mencionados.

²⁸ Revista Bolivia Exporta, Bolivia Crece, Diciembre 2005

FIGURA Nº 5.1.1



Fuentes: The Fraser Institute Annual Survey

Si un Estado crea condiciones de estabilidad y predictabilidad ese es el mejor camino para atraer la inversión y por ende garantizar un sólido crecimiento de la minería como una verdadera alternativa productiva que debe favorecer el desarrollo económico social y regional.

El gobierno debe delinear una política para atraer inversión, donde la seguridad jurídica, la estabilidad política, y las reglas del juego sean claras y que respondan a la realidad del ámbito minero internacional.

Como se observa en la figura del índice de atracción a la inversión, los países vecinos tienen estrategias orientadas a canalizar el potencial de la actividad hacia el campo minero, el ahorro externo, lo que dio lugar a un crecimiento de sus respectivos PIB, Así por ejemplo Chile el 2005 alcanzó una tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto de 7%, Perú 6.5% y Argentina 9%, en cuya composición la actividad minera juega un rol dinámico e importante por el aporte del capital privado, fundamentalmente externo. Si se quiere crecer de debe invertir, precisamente ése es el desafío de la presente tesis en este campo tan importante para nuestro país como es la minería, para lo cual se requiere de políticas que impulsen este factor y no que lo asfixien.

De acuerdo a los informes de la Asociación de Mineros Medianos, Latinoamérica sigue siendo la región mas favorecida para la exploración minera según una encuesta de Metals Economics Group (MEC). La encuesta fue realizada a 1138 compañías mineras que gastaron 3.55 billones de dólares durante el año 2004, Latinoamérica recibió el 21.8% de ese monto. El año pasado 10 países alcanzaron la cifra total de 2.5 billones de dólares de los presupuestos de exploración. Perú ocupó el cuarto lugar después de Canadá, Australia y Estados Unidos con un 8%, ubicándose por encima de Sudáfrica. México ocupó el sexto lugar con 6% delante de Brasil que tiene 5%, en octavo lugar y Chile descendió al noveno puesto con el 4%. Otra encuesta del Instituto Fraser del Canadá con respuestas de 259 empresas, da cuenta de que Bolivia ocupa uno de los últimos lugares entre 64 países y estados en los que se realizan operaciones mineras. Entre los aspectos que se tomaron en cuenta para la ubicación de los países se indica: incertidumbre con referencia a la administración, interpretación y vigencia de las regulaciones existentes, regulaciones del medio ambiente, Régimen Tributario e incertidumbre; además de infraestructura existente, estabilidad política, regulaciones

laborales y acuerdos sobre empleo, información geológica, seguridad jurídica y ciudadana, potencial minero y regulación para la obtención de concesiones.

CUADRO Nº 5.1.3
UBICACIÓN DE PAÍSES PARA ATRAER INVERSIONES A LA MINERÍA

PAÍS	PUESTO
Chile	5
Perú	7
México	8
Brasil	10
Argentina	13
Ecuador	48
Venezuela	54
Bolivia	61

Fuente: Instituto Fraser y Asociación de Mineros Medianos

En la pasada gestión la inversión en minería fue relativamente pequeña y alcanzó a los 28 millones 518 mil 060 dólares (28.518.060 \$us), de acuerdo a los datos oficiales de la Asociación de Mineros Medianos. De todas maneras el país se apresta a disfrutar de los beneficios que comenzarán a generar las inversiones comprometidas por los proyectos de San Cristóbal, Kori Chaca, Kori Kollo II, San Bartolomé, Poopó, Colquiri y otros que una vez que se encuentren en su etapa de producción duplicarán el valor actual de las exportaciones mineras, aportarán al desarrollo económico nacional y de los departamentos productores: Potosí, Oruro y La Paz.

CUADRO Nº 5.1.4
PORTAFOLIO DE PROYECTOS

PROYECTOS	INVERSIÓN (Millones de dólares)
San Cristóbal	500
Exploración minera	100
Mutún	200
San Bartolomé	70
Karachipampa	70
Cerro Rico	55
FOMIN	50
Salar de Uyuni	50
San Vicente	35
Japón	22
Colas de Colquiri	20
Kori Chaca	18
Poopó	18
Kori Kollo	12
Dique de colas y parque de ingenios de Potosí	7
TOTAL	1227

Fuente: Viceministerio de Minería

En este sentido, de acuerdo al portafolio de proyectos a nivel nacional y las inversiones esperadas en el sector se detalla cada una de la siguiente forma:

Cuadro N° 5.1.4.1

PROYECTO KORI CHACA	
UBICACIÓN:	Departamento de Oruro, Provincia Cercado, Cantón Tte. Bullaín
CARACTERÍSTICAS:	Comprende la explotación de 13,12 millones de toneladas
VÍAS DE ACCESO:	La Paz - Oruro - Iroco 234 Km.
RESERVAS ESTIMADAS:	340 000 onzas contenidas de oro 224 000 onzas recuperables de Oro
TENORES O LEYES:	Ley de cabeza de 0,80 Au. Grs./ton.
OPERADOR:	Empresa Minera Inti Raymi S.A. - EMIRSA
FASE ACTUAL:	En operación
VIDA UTIL:	6 años
INVERSIÓN DIRECTA:	17,9 millones de \$us.
PRODUCCIÓN ESPERADA:	7 ton. En 6 años



Cuadro N° 5.1.4.2

PROYECTO KORI KOLLO RESIDUAL	
UBICACIÓN:	Departamento Oruro, Provincia Cercado, Cantón La Joya
CARACTERÍSTICAS:	Comprende la explotación de 19,4 millones de toneladas
VÍAS DE ACCESO:	La Paz - Panduro - Eucaliptos - La Barca - Mina - 208 Km.
RESERVAS ESTIMADAS:	332 000 onzas contenidas de Oro 216 000 onzas recuperables Oro
TENORES O LEYES:	Ley de cabeza de 0,54 Au. Grs./ton.
OPERADOR:	Empresa Minera Inti Raymi S.A. - EMIRSA
FASE ACTUAL:	Diseño de factibilidad, la construcción podría iniciarse este año
VIDA UTIL:	6 años
INVERSIÓN DIRECTA:	12 millones de \$us.
PRODUCCIÓN ESPERADA:	6 toneladas



Cuadro N° 5.1.4.3

MUTÓN	
UBICACIÓN:	Provincia Germán Busch Departamento de Santa Cruz
SUPERFICIE	Aproximadamente 60 Km ² de área mineralizada
VÍAS DE ACCESO:	FFCC. Santa Cruz - Puerto Suárez - Corumbá (Brasil) Río Paraguay cercano, navegable con puertos de embarque.
RESERVAS ESTIMADAS:	Hierro 40 000 millones de toneladas
TENORES O LEYES:	55 - 65% Fe.
CARACTERÍSTICAS	Yacimiento de hierro con 3 tipos de mineral: primario, eluvial y coluvial
OPERADOR:	Licitación Adjudicada por empresa hindú, Gindall
INVERSIÓN ESTIMADA	200 A 600 millones de \$us. aproximadamente.
VALOR BRUTO DE PROD.	100 millones de \$us. por año.
TRANSPORTE	Puerto Busch sobre el río Paraguay, 110 Km.
ENERGÍA	A 12 Km. de distancia gasoducto Bolivia - Brasil



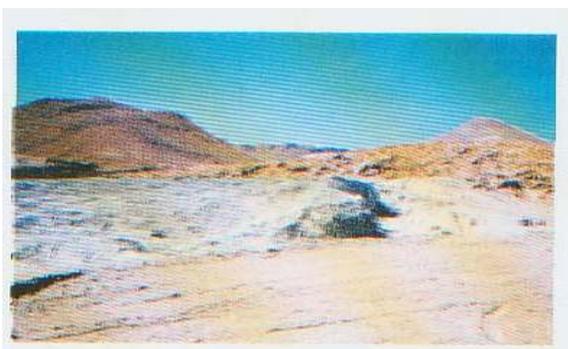
Cuadro N° 5.1.4.4

PROYECTO POOPÓ	
UBICACIÓN	Departamento de Oruro a 56 Km. de la ciudad en la Provincia Poopó
CLIMA	Frío y seco, precipitación baja
VÍAS DE ACCESO	Carretera ripiada hasta la ciudad de Oruro
LEY DE CABEZA	Zn 9,80%
	Pb 0,96%
CARACTERÍSTICAS	Capacidad de tratamiento anual 240 000 toneladas
OPERADOR	Sinchi Wayra S.A.
VIDA DEL PROYECTO	Aproximadamente 6 años
INVERSIÓN ESTIMADA	18 millones de dólares aproximadamente
PRODUCCIÓN ESTIMADA	Plomo 392 TMF
	Zinc 21 000 TMF
IMPACTO	Empleo directo 300 trabajadores



Cuadro N° 5.1.4.5

PROYECTO COLAS DE COLQUIRI	
UBICACIÓN	Departamento de La Paz, Provincia Inquisivi, Cantón Colquiri
CARACTERÍSTICAS	Tratamiento anual de 1,000,000 TMS (Toneladas métricas secas)
VÍAS DE ACCESO	Carretera asfaltada 180 Km. y de tierra 20 a.m. vía Caracoles
TENORES O LEYES	Ley de cabeza Zn. 4,35% Sn. 0,52%
OPERADOR	Compañía Minera Colquiri S.A. (COMSUR)
FASE ACTUAL	En busca de financiamiento y preparación de Ingeniería del proyecto
INVERSIÓN DIRECTA	20 millones de \$us.
PRODUCCIÓN ESPERADA	Zn. 31500 TMF/año Sn 2500 TMF/año
IMPACTO	Empleo de 100 trabajadores aproximadamente



Cuadro N° 5.1.4.6

PROYECTO AMAYAPAMPA	
UBICACIÓN	Periferia de la población de Amaya pampa
VÍAS DE ACCESO	La Paz - Oruro - Uncía - Lagunillas Carretera local Lagunillas - Amaya pampa
RESERVAS ESTIMADAS	548,000 onzas
LEY DE CABEZA	1,76 GR Au./T
CARACTERÍSTICAS	Proyecto de oro, minable por medio de Open Pit
INVERSIÓN ESTIMADA	25,000,000 \$us
OPERADOR	Buzón Minerals
VIDA DEL PROYECTO	10 años
PRODUCCIÓN ESTIMADA	59,375 onzas/año
INCENTIVOS FISCALES	Exención Tributaria en: Impuesto al Valor Agregado (IVA), Gravamen Arancelario (GA), Impuesto a las Transacciones (IT) (Leyes Potosí y Oruro)

Cuadro N° 5.1.4.7

PROYECTO LIPICHI	
UBICACIÓN	En las proximidades de la población de Sorata - La Paz
VÍAS DE ACCESO	Carretera La Paz - Sorata Sorata - Lipichi (camino de tierra 30 Km. Aprox.)
RESERVAS ESTIMADAS	250,000 onzas
LEY DE CABEZA	5 - 10 gr. Au/ton.
CARACTERÍSTICAS	Proyecto de Oro, minable por minería subterránea

INVERSIÓN ESTIMADA	1,000,000 \$us anual hasta el proceso de factibilidad
OPERADOR	Luzón Minerals
VIDA DEL PROYECTO	10 años
PRODUCCIÓN ESTIMADA	20,000 onzas/año

De esta forma el panorama general de las inversiones es imprescindible para el desarrollo de la economía minera nacional, es en este sentido que a continuación se analizará el comportamiento general de la minería desde el punto de vista de la producción nacional, exportaciones mineras, generación de divisas, las regalías e impuestos, indicadores económicos y políticas mineras orientadas a la inversión.

5.1.1 Subsectores del Sector Minero

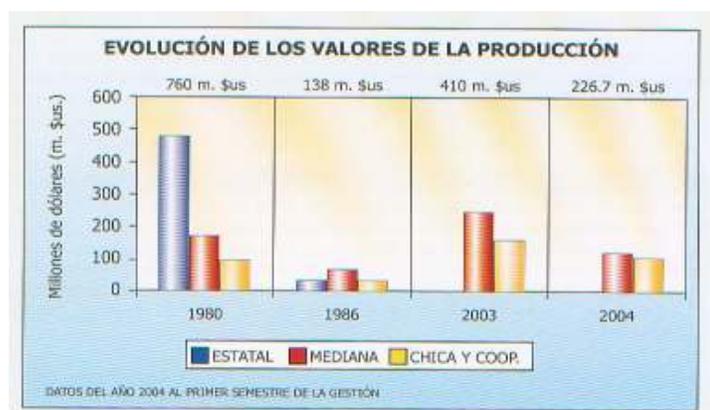
Una de las características fundamentales del sector minero a lo largo de su historia ha sido su estructura productiva. Con mayor o menor importancia relativa en su evolución, los subsectores de la minería han sido tradicionalmente agrupados en tres categorías:

- Minería estatal
- Minería mediana y
- Minería chica y cooperativas

La importancia que en los últimos años ha cobrado la minería cooperativa muestra la necesidad de que en el futuro probablemente tenga que ser tratada como un nuevo sub sector en la estructura productiva minera, en tanto que por la evolución y desarrollo tecnológico, también tengamos que referirnos en el futuro al subsector de la mediana y gran minería. Asimismo, en los últimos años se ha producido un importante proceso de diversificación productiva hacia otros minerales, resultando necesario referirse al subsector de minerales no tradicionales. La grafica muestra la evolución de la estructura productiva del sector minero por subsectores, en tres periodos representativos del desarrollo minero, el primero cuando tenía preponderancia la minería estatal (1980), el segundo cuando se inicia el cierre de operaciones de COMIBOL (1986) y se produce el surgimiento de una nueva actividad cooperativa, y el periodo actual (2006), en labores de surgimiento de una minería de gran escala.

Hay señales positivas del mercado internacional de minerales con relación al comportamiento de la cotización, se espera que en el corto plazo este factor mantenga los niveles de crecimiento experimentado durante la gestión pasada, pero, también existe un escenario que en el futuro hace prever posibles movimientos descendentes alrededor de la tendencia de precios demostrada, particularmente, durante los últimos meses en 2005.

Figura N° 5.1.1.1
ESTRUCTURA PRODUCTIVA DEL SECTOR MINERO
(Millones de dólares)



5.1.2 Producción de la Minería Nacional

La producción minera experimenta cambios sustanciales, consolidándose en 1990, los minerales explotados son el zinc, plata, oro, desplazando al estaño de su lugar preeminente en la estructura productiva del sector. En 1997 la minería moderna crece al influjo del dinamismo de la minería, contribuyó con el 80% del valor de producción, la minería privada alcanzó un 8.8% con un positivo comportamiento de la minería poli metálica y de metales preciosos.

5.1.3 Exportaciones Mineras

Las exportaciones mineras en 1980 alcanzaron un valor de 641 millones de dólares, que se explica por una coyuntura favorable de precios altos para varios metales como el estaño, plata, oro. En el periodo 1990 – 2001, el desempeño exportador minero, de dinámico en la primera mitad de los noventa, paso a estático en la segunda mitad de la década, para concluir con una pronunciada caída el 2001. La crisis económica internacional junto a la inestabilidad política- social del país, provocaron que el sector tuviera un modesto comportamiento, las políticas diseñadas para incentivar las exportaciones mineras, debido a la debilidad del Estado, no pudieron ejecutarse plenamente, desincentivando a su vez, las potenciales inversiones en minería. La participación de las exportación de la minería en las exportaciones totales, se la puede apreciar en el cuadro N° 5.1.3.1.

Cuadro N° 5.1.3.1
CONTRIBUCION DEL SECTOR MINERO EN LAS EXPORTACIONES TOTALES
(millones de \$us)

AÑOS	EXPORTACION TOTAL	EXPORTACION MINERA	TASA DE INCREMENTO ANUAL	PARTICIPACION SECTOR MINERO EXPORTACIONES
1990	926,60	407,4	0,99	43,97
1991	848,60	356,3	-12,54	41,99
1992	712,20	369,4	3,68	51,87
1993	754,50	362,0	-2,00	47,98
1994	1032,40	412,6	13,98	39,97

1995	1100,70	479,1	16,12	43,53
1996	1137,00	449,5	-6,18	39,53
1997	1173,40	482,5	7,34	41,12
1998	1031,10	440,0	-8,81	42,67
1999	987,07	400,2	-9,05	40,54
2000	1137,36	428,6	7,10	37,68
2001	1124,58	337,0	-21,37	29,97
2002	1192,08	348,6	3,44	29,24
2003	1458,75	372,4	6,83	25,53
2004	2160,00	456,6	22,61	21,14
2005(p)	2734,01	547,3	19,86	20,02
2006(p)	4211,13	1072,7	96,00	25,47

Elaboración propia – (p) cifras preliminares

Fuente: Boletín de Comercio Exterior, BCB; Dirección de Política Sectorial VMM

5.1.4 Indicadores Económicos de la Minería

La minería boliviana se desarrolla exclusivamente en la parte occidental del país, la contribución del sector a la economía nacional a pesar de su disminución continúa siendo de primer orden, no solo por el valor de las exportaciones, sino por la generación de divisas, empleo y sobre todo porque crea actividad económica en departamentos como Potosí y Oruro, que dependen de la minería como principal fuente de recursos.

5.1.4.1 Propensión media a Exportar de la Minería

Propensión Media a Exportar de la Minería = $\frac{\text{Exportaciones Mineras}}{\text{Producto Interno Bruto}}$

$$\text{PMEM} = \frac{\text{E. M.}}{\text{PIB}}$$

Históricamente las exportaciones mineras han sido muy importantes para el comercio exterior, por la generación de divisas para el país. La contribución de la minería al PIB ha sido poco significativa y siempre con tendencia a la baja debido a la diversificación de los sectores económicos, deterioro internacional de precios de minerales por la aparición de nuevos productores como China, Malasia, Indonesia, Brasil.

4.1.4.2 Participación de la Minería en el Empleo

Participación Minera en el Empleo = $\frac{\text{Empleo en el Sector Minero}}{\text{Empleo Total}}$

$$\text{PME} = \frac{\text{ESM}}{\text{ET}}$$

La contribución de la minería en el empleo mostró una tendencia creciente durante el periodo de 1980 – 1985, y luego una reducción a partir del DS. 21060 con la relocalización de 30580 trabajadores, la generación del empleo nacional estuvo alrededor del 4.43% y que se redujo hasta 1.18% el año 2006. Actualmente el grupo minero más importante en la generación de empleo es la minería Chica y Cooperativizada. En cuanto a la minería Mediana su grado de participación tiene una relación inversa, a mayor tecnología menor empleo.

Cuadro N° 5.1.4.2.1
Participación del Empleo Minero en el Empleo Total
(Miles de personas)

AÑOS	SECTOR MINERO	OTROS SECTORES	EMPLEO TOTAL	PARTICIPACION SECTOR MINERO
1990	73,51	1.586,00	1.659,51	4,43
1991	74,95	2.113,80	2.188,75	3,42
1992	70,98	2.551,60	2.622,58	2,71
1993	62,91	2.500,00	2.562,91	2,45
1994	59,90	2.500,50	2.560,40	2,34
1995	58,17	2.551,50	2.609,67	2,23
1996	57,03	3.619,70	3.676,73	1,55
1997	57,36	3.494,57	3.551,93	1,61
1998	57,92	3.681,67	3.739,59	1,55
1999	57,01	3.580,88	3.637,89	1,57
2000	54,61	3.582,44	3.637,05	1,50
2001	54,49	3.829,76	3.884,25	1,40
2002	54,50	3.770,44	3.824,94	1,42
2003	55,24	4.030,56	4.085,80	1,35
2004	55,34	4.250,10	4.305,44	1,29
2005(p)	55,60	4.484,36	4.539,96	1,22
2006(p)	56,00	4.674,59	4.730,59	1,18

Elaboración Propia, (p) cifras preliminares

Fuente: Anuario Estadístico INE 2000, 2005, VMM – DPS.

5.1.4.3 Generación de Divisas

Generación de Divisas Mineras (%) = $\frac{\text{Valor de Exportaciones Mineras}}{\text{Valor de las Exportaciones Totales}}$

$$\text{GDM} = \frac{\text{VET}}{\text{VXT}}$$

Tradicionalmente la minería es uno de los principales sectores aportantes de divisas para el país, la contribución al PIB expresado en \$us, sigue siendo el mas importante. El 95% de las exportaciones mineras está relacionado con la explotación de zinc, estaño, oro y plata, por lo que se espera que el inicio de operaciones formales en la mina San Cristóbal y la consolidación del proyecto de San Bartolomé relacionados con la producción de plata en Potosí, contribuirán a la elevación del PIB, así como también al número de empleos directos e indirectos.

Cuadro N° 5.1.4.3.1
Generación de Divisas de la Minería

Años	Sector Minero	%	Otros Sectores	Total Divisas
1990	407,4	43,97	519,2	926,6
1991	356,3	41,99	492,3	848,6
1992	369,4	51,87	342,8	712,2
1993	362,0	47,98	392,5	754,5
1994	412,6	39,97	619,8	1032

1995	479,1	43,53	621,6	1101
1996	449,5	39,53	687,5	1137
1997	482,5	41,12	690,9	1173
1998	440,0	42,67	591,1	1031
1999	400,2	40,54	586,9	987,1
2000	428,6	37,68	708,8	1137
2001	337,0	29,97	787,6	1125
2002	348,6	29,24	843,5	1192
2003	372,4	25,13	1110	1482
2004	456,8	21,93	1626	2083
2005 (p)	547,3	20,41	2134	2681
2006 (p)*	1072,7	34,32	2053	3126

Elaboración Propia

(p) Cifras preliminares, (*) enero a septiembre 2006

Fuente: Boletines Estadísticos BCB, VMM

5.1.4.4 Regalías e Impuestos Generados por la Minería

El costo presunto es determinado para cada mineral y se refiere a los costos en que supuestamente incurre el productor para obtener una unidad fina de mineral. Los gastos de realización en cambio se calculan tomando como referencia un porcentaje de la cotización internacional del mineral y comprende los gastos incurridos en la venta del mineral desde el mercado interno hasta el externo. Estos dos componentes, costo presunto y gasto de realización, son parte integrante de la utilidad presunta, que en este caso al igual que en el Decreto Ley 7148 continúa representando la base imponible de la regalía.

Sobre esta base se aplica las respectivas alícuotas en los diferentes minerales. El DS. 21060 mantiene el "unicato" impositivo minero para todos los sectores dedicados a la extracción y explotación de minerales, relacionando adecuadamente la regalía con la calidad del mineral, la cotización internacional y costo presumible. Si el costo presunto mas los gastos de realización resultasen menores que la cotización internacional se paga la regalía, pero si es mayor entonces no se paga la regalía.

La estructura tributaria minera, sufre una metamorfosis el 27 de noviembre de 1991, mediante ley 1297, que en esencia solo modifica el impuesto anticipado del 2.5%, sobre ventas netas, sustituyéndola por un impuesto complementario minero ICM, con la misma alícuota pero de significación diferente.

Cuadro N° 5.1.4.4.1
Estructura de las Regalías e Impuestos generados por Subsectores
(en \$us. Americanos)

AÑOS	COMIBOL	MINERÍA	MINERÍA	REGALÍAS	IMPUESTO	REGALÍAS E
		MEDIANA	CHICA		UTILIDADES	IMPUESTOS
1990	1.690.881	5.410.250	2.423.735	9.524.866		9.524.866
1991	1.392.872	4.434.072	1.669.970	7.496.914		7.496.914
1992	1.664.689	4.760.352	1.721.438	8.146.479		8.146.479
1993	833.797	2.638.971	67.780	3.540.548		3.540.548
1994	577.827	3.990.935	58.595	4.627.357	126.944	4.754.301
1995	356.126	4.450.090	63.120	4.869.336	1.340.121	6.209.457
1996	313.743	5.272.226	629.759	6.215.728	1.104.800	7.320.528

1997	524.202	7.632.595	2.877.094	11.033.891	617.529	11.651.420
1998	690.249	6.642.518	1.176.710	8.509.477	3.264.432	11.773.909
1999	804.529	5.515.014	1.091.394	7.410.940	5.831.525	13.242.465
2000	672.218	5.945.864	1.378.458	7.996.540	254	7.996.794
2001	933	5.661.307	1.008.429	6.670.669	37.655	6.708.324
2002	15.864	5.432.422	898.009	6.346.295	95.693	6.441.988
2003		4.848.868	1.381.639	6.230.507	375.352	6.605.859
2004		5.823.096	4.055.880	9.878.976	1.405.362	11.284.338
2005 ^(p)		9.831.406	4.462.609	14.294.015	10.196.562	24.490.576
2006 ^(p)		31.815.510	16.151.651	47.967.161	N.D.	47.967.161

Elaboración Propia – (p) cifras preliminares
Fuente: Pólizas de exportación, UAPS – VMM.

5.1.5 Política Minera Nacional y sus resultados en las Inversiones Mineras²⁹

Con el objetivo de reactivar las actividades mineras, el Ministerio de Minería y Metalurgia junto al Gobierno Nacional, han desarrollado una Política Minera y Plan de Reactivación del Sector Minero (PRESEMIN), aprovechando la coyuntura actual de las elevadas cotizaciones de los minerales y metales en el mercado internacional, de modo que permita reducir la pobreza y generar un proceso de desarrollo económico sostenible en las regiones mineras y en el país en general, dignificando el nivel de vidas de los trabajadores mineros.

5.1.5.1 Apoyo a la concreción de Grandes Proyectos Mineros

Con el objeto de atraer grandes inversiones al sector minero, en fecha 26 de noviembre de 2004 se promulgó el DS. N° 27878 por el cual se establece una prórroga en el pago de tributos de importación para inversiones superiores a 100 millones. \$us. Durante la gestión transcurrida se establecieron las medidas reglamentarias e institucionales para facilitar la aplicación de ésta medida de incentivo fiscal.

De la misma manera, y con el mismo objeto, se implementó en el Ministerio el registro de nueva industria minera, en cumplimiento del DS. N° 26512, a fin de permitir que industrias mineras localizadas en el Departamento de Potosí se beneficien del tratamiento tributario establecido por la Ley N° 877 y su decreto reglamentario.

5.1.5.2 Plan de Exploración Minera

Considerando que uno de los temas críticos para la expansión de la actividad minera en el territorio nacional es la exploración minera, muy disminuida en los últimos años, se ha promulgado el DS. N° 28459 de 24 de noviembre de 2005, a través del cual se establecen las condiciones para la realización de un plan de exploración minera destinado a identificar nuevas áreas mineralizadas. Para este efecto, COMIBOL transferirá anualmente a SERGEOTECMIN durante 5 años a partir de 2006 un monto de 2 millones de bolivianos.

5.1.5.3 Política de Fundiciones

²⁹ Ministerio de Minería y Metalurgia, Dirección de Política Sectorial

Después de que varios años en que el tema de la reactivación de las plantas metalúrgicas estuvo abandonado, fue firmado un contrato de riesgo compartido entre la Empresa Atlas Precios Metals Inc. y COMIBOL, para la puesta en marcha y operación del Complejo Metalúrgico Karachipampa, implementación de una refinería de zinc y la construcción de una planta de ácido sulfúrico. La inversión esperada es aproximadamente 85 millones de dólares americanos y la duración del contrato es de 20 años. La política de fundiciones comprende medidas dirigidas a:

- i) incentivar la generación de valor agregado,
- ii) disminuir la capacidad ociosa,
- iii) garantizar la materia prima para fundiciones,
- iv) abrir nuevos mercados
- v) industrialización del ácido sulfúrico y otras.

5.1.5.4 Política para Recursos Minerales No Metálicos

La política integral para los recursos minerales no metálicos e industriales esta orientada a:

- i) desarrollar programas de prospección y exploración en áreas potenciales de recursos minerales no metálicos (SERGEOMIN),
- ii) establecer alícuotas del ICM para cada elemento, según lo establece el Código de Minería,
- iii) establecer medidas fiscales, técnicas y ambientales para promover la generación de Valor Agregado en la explotación de minerales no metálicos,
- iv) articular esta política con la política energética nacional,
- v) promover la producción industrial de ácido sulfúrico a partir de la industria metalúrgica del zinc para apoyar el desarrollo de la química básica,
- vi) poner en vigencia el reglamento ambiental para la explotación de recursos minerales No Metálicos aplicables a la construcción.

5.1.5.5 Política de Recursos Minerales Evaporíticos

En lo referente al impulso a la explotación y aprovechamiento de los recursos evaporíticos, se reorganizo y puso en funcionamiento el Directorio del Complejo Industrial de Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni (CIRESU), donde se realizó un documento de políticas institucionales que actualmente es la base para el desenvolvimiento institucional de CIRESU. Así mismo fue renovado el contrato entre CIRESU y la Sociedad Comercial Minera Río Grande (SOCOMIRG) para el arrendamiento de áreas de trabajo para la explotación de minerales de boro.

5.1.5.6 Política Minero Siderúrgica

Se ha realizado activamente la preparación y conclusión de la licitación internacional del proyecto minero siderúrgico Mutún, cuidando de preservar los intereses de COMIBOL en el proceso y firmando posteriormente el acuerdo con la Empresa Jindall. Para el efecto, en fecha 21 de septiembre de 2005 se promulgo el DS. N° 28353 a través del cual se crea la Empresa Siderúrgica Mutún, donde se establece condiciones de participación de COMIBOL en esta empresa, asegurando una participación del 35% de los ingresos nacionales generados en el contrato de riesgo compartido que pudiera emerger de la

licitación y un 20% para la propia empresa, los cuales serán destinados para apoyar la actividad minera en el territorio nacional.

5.1.5.8 Política de Inversiones

La economía boliviana se caracteriza porque el ahorro es insuficiente con relación a la demanda potencial de inversión. Por ello la Ley de Inversiones tiene como objetivo principal la atracción de la Inversión Extranjera Directa, que implica el insumo tecnológico y el establecimiento de compañías subsidiarias y asociadas a la producción minera interna. Las principales empresas mineras receptoras de la IED en la década del 90 son: COMSUR, INTI RAYMI, APEX Landean Silver y EMUSA.

Como resultado de la promoción de inversiones a nivel mundial, el año 2001 el flujo mundial de IED registró la mayor caída en 3 décadas (51%), la desaceleración de la actividad económica mundial provoca la caída en la tasa de ganancia de las empresas.

5.1.5.9 Fondo Minero de Inversión

El Fondo Minero de Inversión (FOMIN) se constituye en uno de los elementos clave para la reactivación minera, principalmente en el sector de las cooperativas mineras. El FOMIN fue creado mediante DS. N° 27205 de 8 de octubre de 2003 e inicialmente destinado exclusivamente a las cooperativas mineras, posteriormente sus recursos fueron ampliados de 3 a 4 millones de dólares a través del DS. N° 27334 de 31 enero de 2004, incluyendo entre sus beneficiarios a mineros chicos.

Los recursos del FOMIN podrán incrementarse con los recursos de la monetización de activos de COMIBOL y fuentes de la cooperación externa que en la actualidad se están gestionando, tales como un crédito del Gobierno Chino, otro de la Federación Rusa y el acceso a fondos de la cuenta del Reto del Milenio. Dichos recursos serán aplicados para financiar proyectos minero metalúrgicos de las cooperativas mineras a través de una entidad financiera privada, con la cual se pretende establecer un contrato de fideicomiso para este fin. El financiamiento a ser concedido por el fondo tiene ciertas particularidades. Es condición para acceder a estos recursos el que el beneficiario establezca con el FOMIN una sociedad accidental o de cuentas de participación, de manera que ambos compartan riesgos y beneficios y el fondo tenga capacidad de supervisión del proyecto, de acuerdo a contrato, se procederá a la recuperación de las participaciones por parte de los beneficiarios y del Fondo.

5.2 INVERSIONES EN EL DEPARTAMENTO DE POTOSÍ

5.2.1 Consideraciones Previas

El desempeño del sector minero atravesó un periodo de transición, el Estado capitalista deja de tener vigencia, transfiriendo sus funciones productivas al sector privado. La minería privada agrupada en Asociación de Mineros Medianos adquiere mayor importancia, en cambio la minería chica y cooperativizada presenta menores niveles de productividad pero en contraposición generan mayor empleo, su impacto además de ser económico es social.

Potosí, el departamento minero mas importante de Bolivia, ha sido y es preponderantemente minero, la agricultura, transporte, banca y comercio están estrechamente asociadas directa e indirectamente a la contracción y expansión del

sector. Durante el periodo 1990 – 2005, la importancia del sector minero en la economía del departamento fue de primer orden, factores adversos como los precios estructuralmente bajos y la disminución del nivel de inversiones, no lograron atenuar el peso específico del sector en la estructura productiva del departamento. El rasgo inseparable de la economía del Departamento de Potosí es su alta correlación con el comportamiento productivo minero, las altas y bajas del sector determinan el nivel de productividad de la región. Por esta razón la existencia misma de la actividad económica esta explicada por la minería.

La producción minera, clasificada por el INE como extracción de minas y canteras, experimenta el 2003 una caída con respecto a 1990 del 10.07%, con una tasa de crecimiento en promedio de 1992 al año 2004 de 0.13%, en cambio el PIB departamental creció a una tasa promedio de 1.3%, debido al repunte de la agricultura caza y pesca y el incremento de la administración pública.

**Cuadro N° 5.2.1.1
PIB Y ACTIVIDAD MINERA DEL DEPARTAMENTO DE POTOSÍ**

Año	PIB Potosí (Miles de Bs.)	Tasa de CREI. Anual	Índice 1990 = 100	Minas y Canteras (Miles de Bs.)	Tasa de Crec. Anual	Índice 1990 = 100
1992	984.616		100,0	341.943		100,00
1993	1.026.849	4,29	104,29	377.148	10,30	110,30
1994	969.888	-5,55	98,74	341.610	-9,42	100,87
1995	981.626	1,21	99,95	345.269	1,07	101,94
1996	1.025.172	4,44	104,39	361.801	4,79	106,73
1997	1.027.073	0,19	104,58	320.777	-11,34	95,39
1998	1.019.397	-0,75	103,83	337.902	5,34	100,73
1999	1.089.888	6,92	110,75	320.598	-5,12	95,61
2000	1.145.323	5,09	115,84	339.117	5,78	101,39
2001	1.118.434	-2,35	113,49	284.996	-15,96	85,43
2002	1.155.993	3,36	116,85	306.970	7,71	93,14
2003	1.207.457	4,45	121,30	337.867	10,07	103,20
2004(p)	1.227.685	1,68	122,98	332.449	-1,60	101,60

Elaboración Propia – (p) cifra preliminar

Fuente: Anuario Estadístico 2001, 2005, INE

La falta de inversión en otros rubros de la economía potosina como consecuencia de la contracción internacional de financiamiento, no logro inyectar los recursos necesarios para conformar una nueva base productiva, distinto al de los sectores tradicionalmente primarios. La actividad minera a pesar de la crisis del sector aún representa el rubro más importante de la actividad económica, situación descrita en los cuadros N° 5.2.1.2 y 5.2.1.3.

**Cuadro N° 5.2.1.2
PRODUCTO INTERNO BRUTO, POTOSÍ, SEGÚN ACTIVIDAD ECONÓMICA
(En miles de bolivianos de 1990)**

Año	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Otros	Total
1992	135.593	341.943	60.462	76.542	71.086	85.426	31.278	117.664	64.622	984.616
1993	139.333	377.148	57.705	77.300	65.270	87.870	32.101	107.097	83.024	1.026.849
1994	144.402	341.610	58.343	81.671	71.391	90.563	30.434	84.939	66.535	969.888
1995	135.328	345.269	60.008	83.557	73.159	92.611	30.971	84.901	75.822	981.626

1996	139.639	361.801	62.935	85.784	78.333	95.806	31.264	89.140	80.470	1.025.172
1997	147.394	320.777	63.094	89.580	83.547	101.325	31.654	121.670	68.034	1.027.073
1998	148.357	337.902	62.707	61.092	89.790	107.718	32.696	107.381	71.754	1.019.397
1999	158.503	320.598	66.209	61.774	103.171	134.014	33.715	131.684	80.219	1.089.888
2000	161.185	339.117	65.887	62.748	116.801	129.517	75.830	149.910	84.270	1.145.323
2001	161.649	384.996	66.656	61.193	123.256	134.134	36.488	161.578	88.484	1.118.434
2002	165.132	306.970	69.658	65.240	128.477	130.667	36.829	168.813	84.207	1.155.993
2003	167.694	337.867	70.273	68.977	132.175	128.743	37.152	171.718	92.857	1.207.457
2004(p)	172.038	332.499	73.985	69.278	135.004	130.526	37.614	175.279	101.460	1.227.685

Elaboración Propia, (p) cifra preliminar – R: Rubro Económico

Fuente: Anuario Estadístico 2001 y 2005, INE

Cuadro N° 5.2.1.3
PIB POTOSÍ, POR AÑO, PARTICIPACIÓN POR ACTIVIDAD ECONÓMICA
 (En Porcentajes)

Año	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Otros	Total
1992	13,8	34,7	6,1	7,8	7,2	8,7	3,2	12,0	6,6	100,0
1993	13,6	36,7	5,6	7,5	6,4	8,6	3,1	10,4	8,1	100,0
1994	14,9	35,2	6,0	8,4	7,4	9,3	3,1	8,8	6,9	100,0
1995	13,8	35,2	6,1	8,5	7,5	9,4	3,2	8,6	7,7	100,0
1996	13,6	35,3	6,1	8,4	7,6	9,3	3,0	8,7	7,8	100,0
1997	14,4	31,2	6,1	8,7	8,1	9,9	3,1	11,8	6,6	100,0
1998	14,6	33,1	6,2	6,0	8,8	10,6	3,2	10,5	7,0	100,0
1999	14,5	29,4	6,1	5,7	9,5	12,3	3,1	12,1	7,4	100,0
2000	14,1	29,6	5,8	5,5	10,2	11,3	6,6	13,1	7,4	100,0
2001	14,5	34,4	6,0	5,5	11,0	12,0	3,3	14,4	7,9	100,0
2002	14,3	26,6	6,0	5,6	11,1	11,3	3,2	14,6	7,3	100,0
2003	13,9	28,0	5,8	5,7	10,9	10,7	3,1	14,2	7,7	100,0
2004 (p)	14,0	27,1	6,0	5,6	11,0	10,6	3,1	14,3	8,3	100,0

Elaboración Propia, (p) cifra preliminar – R: Rubro Económico

Fuente: Anuario Estadístico 2001 y 2005, INE

R1: Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca R5: Transporte y Comunicaciones
 R2: Extracción de Minas y Canteras R6: Establecimientos Financieros, Seguros
 R3: Manufacturas R7: Hoteles y Restaurantes
 R4: Comercio R8: Administración Pública

5.2.2 Estructura Productiva de la Minería de Potosí

Durante la década de los setenta y ochenta Potosí fue productor de Estaño al norte del departamento en Catavi, Uncía, Siglo XX, principales centros productores, luego con la crisis de la minería la estructura cambia radicalmente hacia los poli metálicos, que ahora se cimienta en la producción de zinc, plata, estaño, ulexita y plomo, manteniéndose relativamente constante con respecto a 1990, con diferencia de la ulexita, que desplaza al antimonio, situándose al mismo nivel del plomo. En cuanto al wólfram, cobre y bismuto su importancia cae radicalmente ya que juntos no llegan ni siquiera al 1% del valor total de producción.

El volumen de producción de los minerales del departamento de Potosí, tiene un comportamiento ascendente en la producción de poli metálicos, sin embargo no logró superar el desfase entre precio y cantidad, ya que los precios descendentes de los

minerales, obligaron a los productores a producir mayores volúmenes para mantener el margen de valor, el deterioro de los términos de intercambio, responde a las bajas cotizaciones del mercado internacional ocasionadas por la disminución mundial de la demanda y la aparición de nuevos productores en el mercado internacional. El volumen de producción del departamento se detalla en el cuadro N° 5.2.2.1, el valor de dicha producción en el cuadro N° 5.2.2.2 .

El crecimiento de la minería nacional y potosina, son muy sensibles a las condiciones del entorno interno y sobre todo externo, pero a diferencia de Oruro altamente dependiente de Inti Raymi, Potosí presenta un perfil productivo mas diversificado presentando mayores perspectivas de sostenibilidad en el tiempo, a futuro, el crecimiento de la minería está asentado en la minería poli metálica y Evaporítica del departamento de Potosí. La composición del valor de producción está concentrada mayormente en el zinc y la plata, con una participación del 59% y 22% respectivamente el año 2001. Casi el total de la producción minera del departamento tiene destino de exportación, como lo demuestran los cuadros 5.2.2.3 y 5.2.2.4.

Cuadro N° 5.2.2.1
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE MINERALES DEL DEPARTAMENTO DE POTOSÍ
(En KF, KN, KB)

Año	ZINC	ESTAÑO	ORO	PLATA	ANTIMONIO	PLOMO	WOLFRAM	COBRE	BISMUTO	CADMIO	ULEXITA	BORAX	AZUFRE	TANTALITA	SAL NAT.	OTROS	TOTAL
	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.N.	K.F.	K.F.	K.F.	K.N.		
1990	54.572.871	3.695.597	9	173.168	6.792.482	4.528.961	375.807	17.508	68.370	73.114	946.472	2.100.528	2.100.528		155.000		75.600.415
1991	70.557.373	3.582.687	14	205.230	6.210.130	6.227.254	328.781	-		69.108	6.895.672		2.781.616				96.857.865
1992	80.351.407	4.154.121	-	169.103	5.623.820	8.369.565	548.787	9.152		42.788	10.103.879		14.835				109.387.457
1993	77.143.031	4.323.772	7	239.280	4.766.865	9.245.474	35.365	-		4.068	8.337.879						104.095.741
1994	63.433.375	3.658.828	-	249.950	5.922.175	5.738.425	240.028	-			5.536.783	849.791	251.775			9.371	85.890.500
1995	86.013.777	1.694.741	-	292.539	5.571.546	5.919.751	299.857	-			3.084.543	330.083			4.629.294	295.000	108.131.130
1996	88.312.943	1.546.717	7	287.149	5.620.705	5.747.689	214.976	8.312	348		3.261.008	203.500			273.280	79.500	105.556.134
1997	93.626.595	1.379.418	-	285.203	5.127.684	9.298.922	193.983	24.514			4.907.622	49.600			869.410	20.010	115.782.960
1998	97.602.277	2.760.400	-	284.508	3.866.247	9.026.066	211.611	-			5.359.434			1.228	4.151.048		123.262.819
1999	89.408.297	2.764.027	-	274.607	2.371.402	6.897.595	75.766	-			5.126.963		7.010	8.808	632.928		107.567.402
2000	98.616.285	4.704.408	-	259.377	1.763.226	6.662.033	169.020	-	5.675		33.114.559	2.270	29.390	6.516	300.978	51.100	145.684.838
2001	81.139.455	3.424.900	-	239.986	2.092.127	6.059.003	235.693	-	8.130		29.832.677	1.750.000	250.000	8.274	283.333	158.824	125.482.403
2002	80.679.360	4.276.951	-	285.703	2.143.372	7.483.137	310.304	3.144	20.031		32.238.466	940.000	2.000	7.468	3.527.552	216.685	132.134.173
2003	86.451.396	4.669.863	-	312.126	2.351.949	7.396.437	369.926	86.177	71.807		106.844.306			6.948	2.089.706	227.000	210.877.642
2004	90.331.574	5.396.356	-	286.885	2.396.185	8.064.359	77.221	226.025	62.279		57.826.040				799.664	551.123	166.017.710
2005	92.046.153	5.625.545	-	293.779	4.712.598	9.241.112	445.630	19.257	43.952		53.213.781				508.043	13.585.055	179.734.905
2006(p)	110.001.080	4.332.986	-	305.210	4.569.021	8.908.991	326.491	64.551	67.069		38.260.404				435.163	12.243.961	179.514.927

Elaboración Propia, (p) cifra preliminar
Fuente Unidad de Análisis de Política Sectorial, VMM

Cuadro Nº 5.2.2.2
VALOR DE PRODUCCIÓN DE MINERALES DEL DEPARTAMENTO DE POTOSÍ
(En \$us)

Año	ZINC	ESTAÑO	ORO	PLATA	ANTIMONIO	PLOMO	WOLFRAM	COBRE	BISMUTO	CADMIO	ULEXITA	BORAX	AZUFRE	TANTALITA	SAL NAT.	Otros	Total
1990	80.609.421	23.057.127	110.968	26.890.951	10.462.345	3.494.627	1.456.185	45.546	491.380	541.594	564.536	-	178.237				147.902.917
1991	77.776.179	20.062.118	163.111	26.327.186	9.113.067	3.432.186	1.690.102	-	-	298.620	1.719.311	-	239.046				140.820.925
1992	98.014.620	25.360.522	-	20.727.899	8.136.272	4.559.653	3.003.694	19.284	-	80.838	2.993.481	-	4.965				162.901.228
1993	74.184.516	22.621.988	81.338	32.561.418	6.693.661	4.461.743	129.342	-	-	4.157	3.663.684						144.401.847
1994	62.664.158	19.897.156	-	42.568.642	10.999.058	3.147.298	975.807	-	-	-	2.438.487	285.480	15.182	-		7.179	142.998.447
1995	90.696.126	8.379.105	-	48.919.856	15.981.366	3.684.378	1.738.268	-	-	-	1.174.984	126.960	-	-	160.734	2.542	170.864.320
1996	90.496.291	8.005.519	85.376	48.126.201	12.722.322	4.455.254	1.017.617	21.374	2.291	-	1.134.125	80.960	-	-	10.625	5.112	166.163.067
1997	122.141.782	7.797.113	-	45.167.904	9.126.815	5.750.196	813.695	58.947	-	-	2.301.006	65.280	-	-	21.128	1.246	193.245.111
1998	99.828.756	15.295.909	-	50.587.728	5.309.966	4.783.793	814.126	-			2.987.843			44.004	49.385		179.701.509
1999	96.537.350	14.982.809	-	46.091.447	1.983.857	3.458.102	258.150	-			2.421.910		730	508.010	111.971		166.354.336
2000	111.124.339	25.536.605	-	41.342.274	1.470.102	3.021.219	666.308	-	46.292		4.533.230	5.500	7.126	282.630	98.129	3.531	188.137.285
2001	71.626.682	15.354.933	-	33.676.278	1.594.726	2.875.594	1.390.746	-	66.317		5.133.170	241.250	36.250	1.191.762	349.653	16.565	133.553.927
2002	62.794.633	17.356.007	-	42.260.194	2.604.186	3.379.720	942.581	4.663	134.690		3.416.370	129.700	1.600	283.004	228.805	25.473	133.561.627
2003	71.609.822	22.831.309	-	48.833.401	3.301.336	3.808.356	1.474.334	142.264	443.260		10.586.077			180.110	139.513	33.930	163.383.713
2004	94.604.584	46.064.705	-	61.590.233	4.013.021	7.128.412	396.546	654.969	401.100		5.831.927				198.101	72.736	220.956.333
2005	127.625.529	41.348.587	-	69.301.897	9.801.881	9.041.575	5.135.212	75.438	367.303		5.142.757				136.572	4.573.920	272.550.671
2006(p)	360.781.658	36.685.113	-	112.790.577	19.245.498	11.604.452	4.988.333	426.456	904.349		4.798.864			-	128.631	4.099.172	556.453.103

Elaboración Propia, (p) cifra preliminar

Fuente Unidad de Análisis de Política Sectorial, VMM

Nota: Los valores de producción, corresponden al valor bruto de producción y no son por tanto valores efectivamente percibidos después de su venta por las empresas, ya que se tienen que deducir gastos de tratamiento, realización, regalías e impuestos.

Cuadro Nº 5.2.2.3
VOLUMEN DE EXPORTACIÓN DE MINERALES DEL DEPARTAMENTO DE POTOSÍ

Año	ZINC	ESTAÑO	ORO	PLATA	ANTIMONIO	PLOMO	WOLFRAM	COBRE	BISMUTO	CADMIO	ULEXITA	BORAX	AZUFRE	TANTALITA	SAL NAT	OTROS	TOTAL
	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.F.	K.N.	K.F.	K.F.	K.F.	K.N.		
1990	52.856.137	3.636.603	9	165.573	6.840.917	4.421.053	370.795	17.698	66.008	71.238	916.443		2.058.267		150.613		71.571.354
1991	68.211.858	3.526.464	14	204.019	6.011.725	6.307.465	333.131			68.194	6.834.878		2.737.479				94.235.227
1992	79.632.670	4.032.082		163.916	5.458.835	6.499.892	554.285	8.862		43.514	10.296.406		14.234				106.704.696
1993	75.611.923	4.321.248	7	240.118	4.651.892	9.147.202	33.915			3.875	8.233.806						102.243.986
1994	63.489.991	3.621.159		253.812	5.685.126	5.473.115	240.697				5.428.190	820.950	253.798			9.099	85.275.937
1995	87.059.378	1.615.458		280.251	5.296.659	5.750.043	304.208				2.954.064	325.957			4.238.513	291.786	108.116.317
1996	85.097.469	1.493.765	7	272.857	5.488.948	5.478.211	217.968	8.195	343		3.217.866	196.703			272.843	76.493	101.821.668
1997	92.466.761	1.361.878		282.503	5.216.503	8.966.325	191.813	24.434			4.781.741	49.023			829.124	20.347	114.190.452
1998	92.887.284	2.650.718		272.692	6.950.607	9.176.221	203.476				5.452.264			1.224	4.107.087		121.701.573
1999	90.587.756	2.627.125		262.209	2.278.062	6.999.596	75.108				5.169.782		7.048	8.627	6.175.227		113.928.331
2000	98.059.853	3.692.222		247.588	1.235.533	5.640.912	87.652		5.476		25.528.274	2.298	28.916	6.640	291.233		134.826.597
2001	91.980.015	3.326.180		208.784	1.523.487	4.742.263	115.653		5.698		22.429.569	1.673	27.488	5.279	253.658		124.619.747

Cuadro Nº 5.2.2.4
VALOR DE EXPORTACIÓN DE MINERALES DEL DEPARTAMENTO DE POTOSÍ (En \$us)

Año	ZINC	ESTAÑO	ORO	PLATA	ANTIMONIO	PLOMO	WOLFRAM	COBRE	BISMUTO	CADMIO	ULEXITA	BORAX	AZUFRE	TANTALITA	SAL NAT.	Otros	Total
1990	78.073.638	22.689.056	107.734	25.711.579	10.536.948	3.411.363	1.436.766	48.041	474.407	527.696	546.625		174.651		5.218		143.743.722
1991	75.190.692	19.747.284	161.462	26.171.789	8.821.917	3.476.395	1.712.464			294.670	1.704.153		235.253				137.516.079
1992	97.137.887	24.615.483		20.092.089	7.897.580	4.630.854	3.033.788	18.673		82.210	3.050.521		4.764				160.563.849
1993	72.712.128	22.713.424	82.238	32.675.387	6.532.215	4.414.318	124.038			3.960	3.617.954						142.875.662
1994	62.720.087	18.692.308		43.226.302	10.558.795	3.001.786	878.526				2.380.221	275.791	15.304			6.971	141.756.091
1995	91.798.647	7.987.106		46.864.987	15.192.883	3.578.754	1.763.488				1.125.281	125.373			157.582	25.145	168.619.246
1996	87.201.321	7.731.451	82.341	45.730.834	12.448.729	4.248.371	1.031.780	21.073	2.260		1.119.121	78.258			10.608	4.909	159.711.056
1997	120.628.706	7.697.969		44.740.303	9.284.904	5.544.527	804.593	58.755			2.241.985	64.521			20.149	1.267	191.087.679
1998	95.006.185	14.688.142		48.486.829	5.375.205	4.863.375	782.827				3.038.595			43.874	48.862		172.333.894
1999	97.810.854	14.240.710		44.010.567	1.905.771	3.509.240	265.911				2.442.137		734	497.573	109.250		164.792.747
2000	110.497.332	20.042.225		38.459.847	1.030.134	2.558.142	345.539		44.666		3.484.702	5.562	7.011	288.009	94.952		176.858.121
2001	84.713.595	16.996.781		30.626.493	1.083.199	2.375.874	688.372		46.786		3.386.865	4.017	6.350	254.048	83.961		140.266.341

Elaboración propia, (p) preliminar Fuente: Unidad de Análisis de Política Sectorial, VMM

Nota: Los valores de exportación, corresponden al VBE, por lo que no son valores finales percibidos después de su venta por las empresas.

5.2.3 Precios de los Principales Minerales

Los precios de los principales minerales en el mercado de Londres de acuerdo al Metall Bulletin tienen una tendencia creciente, a nivel nacional el cuadro N° 4.2.3.1 refleja la cotización oficial de los minerales, durante la década de 1990 los precios fueron relativamente constantes y de poco atractivo para la inversión en el sector minero, debido a la crisis internacional y nuevos mercados externos, la producción debido a esta baja cotización se vio estancada y deprimida, la minería dejó de ocupar el primer lugar de contribución a la economía nacional y por tanto departamental, la economía minera de Potosí se vio drásticamente afectada ocasionando desempleo y mayor pobreza, situación que se prolonga hasta el año 2002, posteriormente fue recobrando importancia con el alza internacional de precios principalmente del antimonio, plata y estaño, luego el zinc y el oro, el repunte de precios nuevamente genera mayores volúmenes de producción en el departamento que como se menciona tiene la particularidad de ser poli metálico y con grandes yacimientos metalíferos, Potosí una vez mas demuestra su esencia minera y su alta dependencia a comportamientos en el mercado internacional.

Cuadro N° 5.2.3.1
COTIZACIÓN OFICIAL DE LOS PRINCIPALES MINERALES
Promedios Anuales (En \$us)

AÑOS	ZINC	ESTAÑO	ORO	PLATA	ANTIMONIO	PLOMO	WOLFRAM	COBRE	BISMUTO	CADMIO	Manganeso 48%	BERILIO
	L.F.	L.F.	O.T.	O.T.	U.L.F.	L.F.	U.L.F.	L.F.	L.F.	L.F.	U.L.F.	U.L.F.
1990	0,67	2,83	383,53	4,83	15,65	0,35	39,37	1,18	3,26	3,36	1,34	84,00
1991	0,50	2,54	362,43	3,99	14,91	0,25	52,23	1,06	2,78	1,96	1,34	84,00
1992	0,55	2,76	343,55	3,89	14,73	0,25	53,98	1,03	2,44	0,84	1,34	84,00
1993	0,44	2,38	357,75	4,20	14,00	0,19	29,38	0,88	2,27	0,45	1,34	84,00
1994	0,45	2,46	384,33	5,27	17,79	0,25	35,54	1,03	2,85	1,01	1,34	84,00
1995	0,47	2,81	383,91	5,19	28,88	0,29	58,50	1,34	3,54	1,61	1,95	84,00
1996	0,46	2,80	388,84	5,21	23,63	0,35	47,88	1,05	3,41	1,14	1,93	75,00
1997	0,60	2,57	334,51	4,86	18,15	0,29	42,88	1,04	3,24	0,51	2,02	75,00
1998	0,47	2,52	294,16	5,60	13,88	0,24	39,00	0,76	3,35	0,26	1,99	75,00
1999	0,49	2,44	279,19	5,21	8,50	0,23	34,42	0,71	3,54	0,19	1,99	75,00
2000	0,52	2,47	279,88	4,98	8,42	0,21	39,50	0,82	3,57	0,18	1,81	75,00
2001	0,41	2,06	270,88	4,38	8,27	0,22	62,19	0,72	3,52	0,23	1,94	75,00
2002	0,35	1,83	307,48	4,59	11,46	0,21	31,54	0,71	2,93	0,31	1,94	75,00
2003	0,35	2,18	360,85	4,83	14,30	0,23	39,96	0,79	2,80	0,57	1,94	75,00
2004	0,47	3,81	408,18	6,61	16,93	0,40	51,79	1,28	3,28	0,52	1,94	75,00
2005	0,61	3,37	442,26	7,24	20,49	0,44	106,25	1,64	3,81	1,32	3,20	75,00
2006(p)	1,44	3,89	599,55	11,39	30,69	0,57	150,33	3,01	4,81	1,49	2,49	75,00

Elaboración Propia

Fuente: Unidad de Comercialización e inversión, Ministerio de Minería y Metalurgia

5.2.4 Indicadores Económicos de la Minería del Departamento de Potosí

La estructura productiva del departamento da paso a un nuevo orden, el zinc, la plata, el antimonio, y el estaño pasan a ocupar un primer plano.

5.2.4.1 Propensión Media a Exportar

La Propensión Media a Exportar es un indicador que muestra la importancia relativa de las exportaciones mineras con respecto al PIB. De acuerdo al cuadro 5.2.4.1 se puede verificar la alta dependencia del departamento a la actividad minera.

Cuadro N° 5.2.4.1
PROPENSIÓN MEDIA A EXPORTAR DE LA MINERÍA

Año	Exp. Mineras Potosí (miles \$us)	Tipo de Cambio Promedio	PIB Potosí (miles Bs.)	PIB Potosí (miles \$us)	PMEM Potosí
1990	143743,72	3,17	1.062.783,80	335263,03	42,87
1991	137516,07	3,59	1.111.557,39	309626,01	44,41
1992	160563,84	3,90	1.186.245,64	304165,55	52,79
1993	142875,66	4,27	1.157.275,30	271024,66	52,72
1994	141756,09	4,63	1.283.792,84	277277,07	51,12
1995	168619,24	4,81	1.526.199,14	317297,12	53,14
1996	159711,05	5,08	1.800.534,13	354435,85	45,06
1997	191087,67	5,26	1.895.683,01	360396,01	53,02
1998	172333,89	5,51	1.967.739,79	357121,56	48,26
1999	164792,74	5,82	2.199.581,70	377935,00	43,60
2000	176858,12	6,19	2.299.736,19	371524,42	47,60
2001	140266,34	6,62	2.478.386,90	374378,69	37,47

Elaboración Propia

Fuente: Anuario Estadístico Minero Metalúrgico 2000, 2001, VMM

5.2.4.2 Empleo Directo en la Minería de Potosí

La actividad minera se caracteriza por ser el sector que mas aporta a la generación de empleo, su evolución primero decreciente de 1990 hasta el año 2001 y luego creciente a partir del año 2002 y 2003 con el resurgimiento de la actividad minera particularmente cooperativizada por la subida de precios de los principales minerales que se producen en el departamento y cuyo sector es el que agrupa al 83.8% del empleo minero el año 1990 y que incremento el año 2001 al 94.2% del empleo minero reflejando ser el de mayor estabilidad en ingreso y permanencia, la minería estatal no cuenta con registro de empleados a partir de 2001, sin embargo se debe mencionar que este año 2007 con la Refundación de COMIBOL y sus nuevos lineamientos de empresa estatal productora y no solo ya de administradora de recursos, entra en la etapa de producción con Huanuni, Caracoles, y proyectos que entran en funcionamiento como el proyecto Coro Coro que actualmente emplean ya a 4660 trabajadores en Huanuni, 700 en Caracoles y en Coro Coro a casi 100 trabajadores. La Minería Mediana, por su parte cuenta en sus niveles de administración con personal calificado y profesional, la parte operativa está compuesta de personal técnico con experiencia en el campo, los obreros son generalmente los más calificados de la antigua minería estatal pero en contraposición a ello en tanta mayor tecnología tiene ocupa la menor cantidad de empleo del sector. El cuadro N° 5.2.4.2.1 demuestra el empleo por grupo minero nacional y del departamento de Potosí, la participación en el total nacional y su contribución en % de dicho departamento.

Cuadro N° 5.2.4.2.1
EMPLEO POR GRUPO MINERO

AÑOS	MINERÍA ESTATAL COMIBOL		MINERÍA MEDIANA		MINERÍA CHICA Y COOPERATIVAS		TOTAL		CONTRIBUCIÓN EMPLEO MINERO POTOSÍ AL NACIONAL EN %
	Nacional	Potosí	Nacional	Potosí	Nacional	Potosí	Nacional	Potosí	
1990	8.056	1.986	4.415	913	61.043	14.996	73.514	17.895	24,34
1991	7.817	1.932	4.300	983	62.829	14.336	74.946	17.251	23,02
1992	6.412	1.971	3.540	810	61.028	14.345	70.980	17.126	24,13
1993	4.257	1.246	2.937	744	55.720	14.193	62.914	16.183	25,72
1994	2.847	964	2.819	781	54.328	13.559	59.994	15.304	25,51
1995	1.500	506	3.187	839	53.478	13.114	58.165	14.459	24,86
1996	1.473	388	3.345	858	52.211	12.595	57.029	13.841	24,27
1997	1.300	323	4.036	916	52.020	12.234	57.356	13.473	23,49
1998	1.200	287	3.353	756	53.368	11.989	57.921	13.032	22,50
1999	1.150	271	3.045	658	52.810	11.967	57.005	12.896	22,62
2000	117	213	3.027	640	51.465	10.993	54.609	11.846	21,69
2001			3.144	664	51.350	10.791	54.494	11.455	21,02
2002			3.050		51.450		54.500		
2003			3.240		52.000		55.240		
2004			3.200		52.135		55.335		
2005 ^(p)			3.100		52.500		55.600		
2006 ^(p)			3.350		52.650		56.000		

Elaboración Propia , (p) cifras preliminares

Fuente: Unidad de Análisis de Política Sectorial VMM, Memoria Anual 1995-2001 ANMM

5.2.4.3 Generación de Divisas

La actividad minera es muy importante como generadora de divisas para el país, a diferencia de los Productos No Tradicionales las exportaciones mineras presentan mayor grado de competitividad debido a que no se encuentran protegidas con barreras arancelarias, como por ejemplo la soya, aceites, etc.

Cuadro Nº 5.2.4.3.1
GENERACIÓN DE DIVISAS DEL DEPARTAMENTO DE POTOSÍ

Año	Exp. Mineras Potosí (miles \$us)	Exp. Totales Bolivia (En Mil de \$us)	Generación de Divisas de Min. Potosí (%)
1990	143744	941048	15,27
1991	137516	865074	15,90
1992	160564	739823	21,70
1993	142876	788545	18,12
1994	141756	1064057	13,32
1995	168619	1202922	14,02
1996	159711	1231966	12,96
1997	191088	1275098	14,99
1998	172334	1196764	14,40
1999	164793	1138851	14,47
2000	176858	1344862	13,15
2001	140266	1356186	10,34

Elaboración propia

Fuente: Anuario Estadístico Minero Metalúrgico 2000, 2001
UAPS, VMM

5.2.4.4 Régimen Tributario

Desde el punto de vista tributario uno de los más importantes avances es la compensación que se puede realizar entre el ICM y el IUE, de los dos impuestos solo se paga el mayor. Este mecanismo alivia la carga impositiva contra el sector minero no solo del departamento de Potosí sino de la minería en su conjunto. El cuadro N° 5.2.4.4.1 representa la generación de Impuestos y Regalías por mineral del departamento de Potosí de 1990 a 2006, el zinc es el más representativo, seguido por la plata y el estaño, también podemos observar que los impuestos generados por la ulexita ha sido creciente y de mayor importancia hasta el 2006, esto es un dato muy alentador en cuanto a los recursos evaporíticos provenientes del Salar de Uyuni, la producción y generación de dichos impuestos es una demostración de generación de recursos para el departamento y que además de aumentar los ingresos, beneficia a la población en su conjunto, de esta manera el objetivo principal de la tesis esta en la demostración de que en la producción de los recursos del Salar de Uyuni además de la ulexita, con la producción del ácido bórico, el magnesio, potasio y el litio, se incrementa los actuales ingresos departamentales vía Impuestos y Regalías.

Cuadro N° 5.2.4.4.1
POTOSÍ: GENERACIÓN DE IMPUESTOS Y REGALÍAS POR MINERAL
(En Dólares Americanos)

	ZINC	ESTAÑO	ORO	PLATA	ANTIMON	PLOMO	COBRE	BISMUTO	WOLFRAM	ULEXITA	SAL	OTROS	TOTAL
1990	4.936.142		7.245	200.604		50.440				48.026		12.202	5.254.659
1991	3.885.181		5.702	157.893		39.700				37.801		9.605	4.135.882
1992	4.305.087			153.382	17.248	42.540				42.012		460	4.560.728
1993	1.871.058			66.662	7.496	18.489				18.259		200	1.982.164
1994	27.905	0	0	217.710	22.770	357			0	35.941		0	304.684
1995	0	0	4.006	200.672	126.048	821			0	18.575		1.914	352.036
1996	93.322	38.998	21.355	495.483	64.474	9.101	163		14.124	30.047		0	767.067
1997	2.578.345	193.907	4.052	897.585	50.049	69.627			10.682	30.028		136	3.834.411
1998	946.236	265.739		767.941	21.240	56.364	55.154		8.179	38.678			2.159.531
1999	1.112.538	249.155		690.798	36.245	39.920			3.795	30.968	861	7	2.164.287
2000	1.520.513	169.102	340	639.143	15.709	30.697	92	463	6.808	45.881	852		2.429.600
2001	789.544	118.039		708.266	16.661	27.409	61	3.146	18.384	49.926	2.177	177	1.733.790
2002	706.407	78.558	845	643.803	26.430	35.257	1.998	1.218	7.053	33.424			1.534.993
2003	811.021	102.998		794.672	52.040	33.198	2.792	3.822	10.917	75.407	9	81	1.886.957
2004	1.162.685	470.322	26.057	1.439.762	68.652	166.732	3.064	7.384	11.107	78.001		490	3.434.256
2005	3.000.267	513.223		1.763.001	143.295	246.433	454	2.817	29.978	152.336		287	5.852.091
2006	18.215.406	634.746		5.175.477	217.886	448.421			46.547	164.683	100	30.891	24.934.157

Elaboración Propia

Fuente: Pólizas de Exportación, Unidad de Análisis de Política Sectorial, VMM.

5.2.5 Evolución de la Inversión Minera en el Departamento

La evolución de la inversión minera de Bolivia al igual que el comportamiento de la producción presenta cambios cíclicos de ondas bajas y altas recuperaciones como en el año 1995 y posteriores caídas de 1996 a 2001, luego nuevamente creciente del 2002 al 2005. En Potosí el cambio estructural del comportamiento de la inversión no tiene la inflexión brusca observada en el país debido a que la minería del departamento no es dependiente del oro.

5.2.5.1 Evolución Cronológica

La inversión es uno de los elementos claves de la minería. El comportamiento productivo minero privado con estructura empresarial esta más correlacionado con la evolución y desarrollo del nivel de tendencia de la inversión. Por otra parte la inversión es sensible a los cambios económicos, políticos y sociales así como de los contextos macroeconómicos proteccionistas. El comportamiento de la inversión se la puede analizar en tres etapas claramente diferenciadas:

Bolivia: Periodo 1990 - 1995

En este periodo se puede observar un incremento de las inversiones de 50.5 millones de \$us en 1990, 64.3 millones \$us en 1991, 124.7 millones en 1992 hasta alcanzar los 119.1 millones de \$us en 1995 con bajas en los años 1993 y 1994, inversión total comprendida entre inversiones del sector público y privado, la inversión promedio en este periodo subió a 76 millones \$us anuales, un total de 37 empresas entre nacionales y extranjeros realizaron actividad de inversión en la industria minera de nuestro país. Se observa además cambios cualitativos por que las inversiones de riesgo (en prospección y exploración) que a fines de los 80 fueron insuficientes, subieron en forma absoluta y relativa, merced a la estabilización económica del país. En 1994 cerca de 15 millones de \$us (24% de la inversión de ese año) fueron destinadas a la exploración, mientras que en 1995 casi 34 millones equivalente a 29% de la inversión total se destinaron a la identificación y evaluación de nuevas reservas; un hecho importante en 1995 es que 32 empresas entre nacionales y extranjeros realizaron inversiones de riesgo en exploración perforando 59350 metros a diamantina. Además se debe mencionar que en 1995 a diferencia de 1992 las inversiones no se concentraron en un solo proyecto minero, sino en el desarrollo de varios depósitos de tamaño mediano y en la identificación y desarrollo de reservas en algunos yacimientos masivos.

Bolivia: Periodo 1996 – 2001

En este periodo, se puede observar la caída gradual pero sostenida de las inversiones, la inversión pública sale de escenario a partir de 1998, solo la inversión privada se mantiene pero de forma insuficiente y en descenso. Un factor importante para ello fue la caída en la producción de oro de Inti Raymi, reduce la inversión en exploración por la disminución de la calidad de reservas. Contrariamente en este periodo la minería poli metálica asociada al zinc, plata, plomo se reafirma merced al descubrimiento de San Cristóbal, yacimiento a nivel mundial que tiene la potencialidad de duplicar la potencialidad de zinc y plata. Entre otros yacimientos importantes se encuentran San Bartolomé y el Cerro Rico factibles de producir a corto plazo debido a que se encuentran en un grado de avance, la minería poli metálica tiene en Potosí a sus principales yacimientos razón por la cual se constituye en el departamento con mayores perspectivas de desarrollo minero.

Bolivia: Periodo 2002 – 2006

En este periodo continua la caída de las inversiones en el sector privado entre los años 2002 y 2003, definitivamente la producción de oro de Inti Raymi marca una gran depresión y afecta a las inversiones nacionales, sin embargo como se menciona la minería poli metálica retoma un rol importante incrementando las inversiones el año 2005, subiendo de 20 millones de \$us el 2003 a 48 millones de \$us el 2004, hasta alcanzar los 54.1 millones de \$us el 2005 en yacimientos poli metálicos que se ven

favorecidos por la subida de precios en las cotizaciones internacionales de zinc, estaño, antimonio, plata entre los más importantes y que ayudan a la atracción de nuevas inversiones en este tipo de yacimientos. La evolución de la inversión minera por destino se la puede apreciar en el siguiente cuadro:

De acuerdo al uso la inversión minera tiene 3 destinos: la exploración de riesgo, el desarrollo minero y la explotación. El cuadro N° 5.2.5.2.1 explica el destino y el grado de riesgo de las inversiones.

Cuadro N° 5.2.5.1.2
DESTINO Y GRADO DE RIESGO DE LA INVERSIÓN MINERA

DESTINO	TIPO DE TRABAJO	POSIBLES METODOS EMPLEADOS	GRADO DE RIESGO
Exploración	Reconocimiento	Mapa Geológico Prospección, Geoquímica Levantamientos aéreos, terrestres	Extremadamente Alto
	Seguimiento inicial	Mapa Geológico Geoquímica, Geofísica Perforación limitada	Muy alto
	Seguimiento detallado	Perforación, Pruebas metalúrgicas escala de laboratorio	Alto
Desarrollo	Estudio de Factibilidad	Perforación intensa Pruebas metalúrgicas a escala, planta piloto, Diseño de Mina, Prueba labores Construcción Minería de subsuelo y/o cielo abierto	Moderado Bajo
Explotación	Extracción y concentración De mineral	Dependientes del depósito métodos de explotación minera y de recuperación de metales variados	Bajo

Elaboración Propia, Fuente: Asociación Nacional de Mineros Medianos

Potosí: Periodo 1990 – 1995

El comportamiento de la inversión minera en el periodo 1990 – 1995 se caracteriza por la tendencia firme hacia la producción de zinc, plata y plomo. En 1992 se deshecho definitivamente el proyecto de explotación de litio que se tenía con la transnacional Lithco, (los acontecimientos ocurridos en todo el proceso se describe en Anexos B), la falta de consenso provocó que el departamento pierda una gran oportunidad de inversión y generación de recursos para la reactivación económica de la región. Posteriormente en 1993 con el fin de reactivar el proyecto se amplían los estudios sobre los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni. COMIBOL con el fin de brindar más información a la inversión extranjera cuantifica de manera preliminar los recursos disponibles del Salar con potencial en Litio, Boro, Potasio y Magnesio. En lo referente a la inversión privada entre los más sobresalientes en el departamento se tiene la realizada por COMSUR con 4.5 millones \$us en 1994 monto invertido en la modernización de Porco y 11.5 millones \$us en su subsidiaria Mina Bolívar de Oruro. En 1994 la empresa AUSPAC realizó trabajos de prospección (geofísica y geoquímica) en el yacimiento La Escala en la zona de los Lípez en Potosí con buenos resultados. También se realizó trabajos de exploración aurífera en Llallagüa – Nueva Esperanza, Walter y Lipeña.

Periodo 1996 – 2001

En este periodo se puede evidenciar un desplazamiento de los objetivos de exploración de la minería del oro hacia los poli metálicos, la baja ley en las reservas de Inti Raymi

direccionaron la mayor parte de la inversión aunque en menor escala que la del oro hacia Potosí, con el descubrimiento de dos yacimientos de escala mundial San Cristóbal y San Bartolomé.

En 1997 el aspecto más sobresaliente fue jurídico con la promulgación de un nuevo Código Minero, más competitivo con relación a países vecinos, con un ambiente más propicio a la inversión extranjera. En cuanto al financiamiento del flujo de inversiones para la exploración de riesgo se quedó paralizada, ya que las empresas tienen una disponibilidad de recursos limitada.

El año 1998 la inversión cayó condicionado por los precios bajos de los minerales; la inversión más importante fue la realizada por Andean Silver Resources con 15 millones de \$us en un depósito poli metálico de baja ley en Potosí frontera con Chile. Otra inversión importante fue de COMSUR con 3 millones de \$us para ampliar y desarrollar yacimientos poli metálicos, por su parte ASARCO inicia tratativa con la cooperativa Reserva Fiscal bajo la modalidad de “Riesgo Compartido” para explotar el yacimiento de plata San Bartolomé.

En 1999 debido a la incertidumbre de precios la contracción de la inversión de riesgo en exploración es evidente. Las 2 empresas mineras Andean Silver y COMSUR invierten 25.4 millones de \$us, 20.1 millones de \$us por Andean Silver en el proyecto San Cristóbal y 5.3 millones de \$us por COMSUR, la participación de Inti Raymi, se redujo a 6.36 millones de \$us., confirmando la tendencia decreciente del oro, para este año solo estas tres empresas concentraron el 73% de la inversión total.

El 2000 y 2001 fue el más bajo de la minería, en cuanto a la evolución de la inversión en el departamento de Potosí, no existe datos desagregados por departamentos sobre las inversiones, ya que las empresas tienen operaciones asociadas en distintos departamentos y la información que brindan al Viceministerio de Minería y Metalurgia son consolidadas. Una información parcial de la inversión de las empresas mineras medianas en el departamento de Potosí, cuantificadas de acuerdo a destino por proyecto de inversión del Viceministerio de Minería y Metalurgia se detalla en el cuadro siguiente:

La Inversión Extranjera Directa minera de Potosí en el periodo 1996 – 2003, tuvo un comportamiento marcado por la crisis económica, Potosí ocupa el primer lugar en la IED desplazando a Oruro, confirmando así la potencialidad minera.

Cuadro Nº 5.2.5.1.3
INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA EN LA MINERÍA DE POTOSÍ
(En Millones de \$us)

AÑO	IED MINERA POTOSÍ	IED MINERA BOLIVIA	PART. IED POTOSÍ EN IED BOLIVIA (%)
1996	11,36	19,67	57,75
1997	15,84	29,94	52,91
1998	29,96	38,15	78,53
1999	9,63	23,14	41,62
2000	11,81	28,5	41,44
2001	6,35	32,33	19,64
2002	1,54	11,56	13,32
2003	2,32	20,46	11,34

Elaboración Propia

Fuente: Anuario Estadístico 2004 INE

5.2.5.2 Factores; Condicionantes; de la Inversión Minera en el Departamento de Potosí

El flujo de inversiones en la minería boliviana tiene un acceso limitado al financiamiento, los bajos precios hasta el año 2002 explica en parte el descenso de la inversión. Los factores condicionantes que influyen en el flujo de inversión se pueden enumerar de la siguiente forma:

Factores Internos:

- La mayoría de los yacimientos mineros de Potosí y de Bolivia en general tienen reservas de baja ley, por lo que son sensibles a factores competitivos como la política tributaria y la infraestructura existente.
- En el aspecto tributario la política de penalización a la importación de bienes de capital con el pago de arancel y el IVA, se constituye en limitante por la IED en minería.
- Por otra parte la demora en la devolución de impuestos debido a problemas presupuestarios, le restaron competitividad a las exportaciones mineras.
- Los problemas político sociales crean incertidumbre subiendo el riesgo a las inversiones, a pesar a que existan leyes que garantizan la inversión, las presiones sociales no respetan las normas establecidas.
- La mayoría de los yacimientos potenciales del departamento de Potosí se encuentran en regiones remotas surgiendo tres nuevos factores:
 - i) Sobrecostos de inversión en infraestructura (caso San Cristóbal)
 - ii) Negociaciones costosas con pueblos originarios sobre el acceso a la propiedad
 - iii) Las estrictas regulaciones ambientales que impiden el flujo de inversiones (caso San Bartolomé).

Factores Externos:

La liberalización de la economía en los 90 amplió las fronteras de exploración, se dieron mayores facilidades al capital extranjero, haciendo que las inversiones sean altamente selectivas al elegir áreas de inversión, sin embargo, esta apertura se vio contrarrestada por los siguientes aspectos:

- La irrupción de China como principal productor mundial de estaño, zinc, plomo provocó la caída en los precios internacionales de dichos minerales.
- La crisis financiera internacional de 1998 fue determinante en la minería potosina debido a dos aspectos fundamentales:
 - i) El proceso de modernización y diversificación de la minería de Potosí fue interrumpido abruptamente debido a la falta de financiamiento, como consecuencia de la contracción del sistema financiero internacional.
 - ii) La apertura de la inversión a la exploración minera no tuvo resultados esperados Potosí al igual que Bolivia no cuenta con reservas claramente identificadas tal como ocurre con países fronterizos como Perú y Chile.

La disminución de la inversión en exploración es efecto de la contracción del mercado de capitales, las principales inversiones por orden de importancia fueron efectuadas por la empresa COMSUR y Andean Silver de Potosí, Inti Raymi y Allied Deals de Oruro, las otras empresas de otros departamentos también realizaron inversiones en minería pero en menor escala como el grupo Barrosquira de La Paz. En cuanto a las operaciones mineras a futuro, Potosí debido a sus proyectos en desarrollo será el principal receptor de

inversiones tanto del sector público (caso Caracoles y Karachipampa), como del sector privado, en cambio Oruro con el cierre de Inti Raymi vislumbra un futuro incierto.

5.2.6 Proyectos de Inversión Minera en el Departamento de Potosí

De acuerdo al portafolio de proyectos propuesto y en curso del Ministerio de Minería y Metalurgia, para el departamento de Potosí, se tienen proyectos muy importantes como los que se detallan en los cuadros precedentes y que determinan la imperiosa necesidad de las inversiones para hacer factible el desarrollo de la economía minera del departamento.

Cuadro N° 5.2.6.1

PROYECTO SAN CRISTOBAL	
UBICACIÓN:	Departamento de Potosí, Provincia Nor Lípez Cantón San Cristóbal a 800 Km. de La Paz
SUPERFICIE:	Aproximadamente 60 Km ²
CARACTERÍSTICAS	Yacimientos de plomo, plata y zinc
VÍAS DE ACCESO:	Carretera a 120 Km. de Uyuni
RESERVAS ESTIMADAS	Plata entre 219 y 470 millones O.T. Zinc 1,8 millones de toneladas Plomo 0,6 millones de toneladas
TENORES O LEYES:	Ag: 65,8gr/t. Zn: 1,63% Pb: 0,61%
OPERADOR:	ASG Bolivia LDC
FASE ACTUAL.	Estudio de prefactibilidad concluido
CAPACIDAD INGENIO:	40000 Ton./ día
INVERSIÓN DIRECTA:	500 millones de dólares aproximadamente
INCENTIVOS FISCALES	Exención tributaria en: Impuesto al Valor Agregado (IVA), Gravamen Arancelario (GA), Impuesto a las Transacciones (IT) (Leyes Potosí y Oruro)



Cuadro N° 5.2.6.2

PROYECTO SAN BARTOLOMÉ	
UBICACIÓN	Periferia y alrededores del Cerro Rico de la ciudad de Potosí
VÍAS DE ACCESO	FFCC Potosí - Antofagasta FFCC La Paz - Potosí - Buenos Aires, varias carreteras estables
RESERVAS ESTIMADAS	30 millones de toneladas
TENORES O LEYES	90 A 120 gr. Ag./T.
CARACTERÍSTICAS:	Proyecto de plata lixiviable basado sobre la explotación de "pallacos". Pallacos: Depósitos de mineral poco consolidado, con contenidos de

INVERSIÓN ESTIMADA	plata y estaño
OPERADOR:	70 millones de dólares aproximadamente Coeur D' Alene (EEUU) - Empresa Manquiri
VIDA ÚTIL DEL PROYECTO:	10 años aproximadamente.
PRODUCCIÓN ESTIMADA:	4 Y 7 onzas de plata por año.
INCENTIVOS FISCALES:	Exención Tributaria en: Impuesto al Valor Agregado (IVA), Gravamen Arancelario (GA), Impuesto a las Transacciones (IT) (Leyes Potosí y Oruro)



Cuadro N° 5.2.6.3

PROYECTO SAN VICENTE	
UBICACIÓN:	Departamento de Potosí, Provincia Sur Chichas, Cantón San Vicente
CARACTERÍSTICAS:	Tratamiento de 1000 toneladas de minerales por día
VÍAS DE ACCESO:	La Paz - Potosí - Quechisla - Tatasi 950 Km.
TENORES O LEYES:	Zn. 2,45% Ag. 156 gr./t.
OPERADOR:	Pan American Silver Corp. - EMUSA
FASE ACTUAL:	En estudio de factibilidad
VIDA UTIL:	10 años
INVERSIÓN DIRECTA:	35 millones de \$us.
INCENTIVOS FISCALES:	Exención Tributaria en: Impuesto al Valor Agregado (IVA), Gravamen Arancelario (GA), Impuesto a las Transacciones (IT) (Leyes Potosí y Oruro)



Cuadro N° 5.2.6.4

CERRO RICO	
UBICACIÓN	3 Kilómetros al sur de la ciudad de Potosí
CLIMA	Frío y seco, precipitación baja
VÍAS DE ACCESO	FFCC. Potosí - Antofagasta FFCC. La Paz - Potosí - Buenos Aires, varias carreteras estables
RESERVAS ESTIMADAS	Plata: reserva minera 54 millones de ton. Ley 182 grs. Ag/ton. recuperación 85%, mineralización tipo stock Work de Pb-Zn-Ag.
CARACTERÍSTICAS	Contiene venillas delgadas con mineralización de Sn - Ag

POBLACIÓN CERCANA SERVICIOS	Potosí 120 000 habitantes aproximadamente Cuenta con servicios básicos, servicios públicos
--------------------------------	---



5.3 INVERSIONES EN LA MINERÍA DE LOS NO METÁLICOS

Después de la producción del hierro el nivel de aprovechamiento de los minerales no metálicos, constituye un factor muy importante en el progreso de la minería del departamento de Potosí, el desarrollo de la minería de los minerales no metálicos, representan grandes fuentes productoras y ahorradoras de recursos económicos en general, oportunidad de trabajo, satisfacción de necesidades del ciudadano y fuente de recursos para el fisco. Nuestro país necesita una política intensiva e inmediata, una vez mas surge la necesidad de atracción de Inversiones para el desarrollo productivo en este campo de la minería, actualmente no existe un programa regular de exploración y evaluación de yacimientos no metálicos a nivel nacional e incluso en algunos casos la etapa de exploración de un determinado recurso, no es seguido en forma inmediata en su evaluación, lo cual significa, que aún cuando se ha constatado la ocurrencia del recurso, su importancia económica real queda sin ser confirmada. Existe un desconocimiento de la tecnología moderna necesaria para el tratamiento y beneficio de los recursos que hay en el país, ya sea para mejorar las prácticas tradicionales o para incorporar nuevas materias primas al sector productivo.

El sector minero tiende a convertirse en un rubro económico sin alternativas económicas que posibiliten incrementar el flujo de divisas hacia nuestro país y así poder generar la reactivación minera.

En este sentido, la propuesta del Gobierno Nacional a través de la Política Minera y Plan de Reactivación del Sector Minero (PRESEMIN), dentro de la Política para la Mediana y gran Minería, reconocen la ausencia de exploración minera, el régimen fiscal aplicable a la minería, si bien es competitivo en tributos directos, no lo es en el régimen de impuestos indirectos, y plantea estrategias básicas como:

- a) Incentivos fiscales para la exploración minera.
- b) Incentivos tributarios para la importación de bienes de capital
- c) Apoyo a proyectos mineros en preparación
- d) Puesta en marcha o reactivación de plantas metalúrgicas
- e) Promoción de nuevos proyectos mineros

En las acciones de Política para Recursos Minerales No Metálicos, se pondrá en ejecución una política integral orientada a:

1. desarrollar programas de prospección y exploración en áreas potenciales de recursos minerales no metálicos (encargado por SERGEOTECMIN)
2. Establecer alícuotas del ICM para cada elemento, según lo establece el Código de Minería.
3. Establecer medidas técnicas, fiscales ambientales para promover la generación de valor agregado en la explotación de minerales no metálicos.
4. Articular esta política con la política energética nacional.
5. promover la producción industrial de Acido Sulfúrico a partir de la industria metalúrgica del zinc para apoyar el desarrollo de la química básica
6. poner en vigencia el Reglamento Ambiental para la explotación de Recursos Minerales no Metálicos aplicables a la Construcción.

Se debe mencionar que además, el objetivo de la tesis es plantear el beneficio de la producción industrial de la obtención de Acido Bórico, es decir promover al mas breve plazo el desarrollo regional con la instalación de la INDUSTRIA QUIMICA BASICA para el aprovechamiento INTEGRAL de los yacimientos de ulexita del Salar de Uyuni, así como de la industrialización de los otros elementos estudiados en los capítulos 3 y 4, es decir del litio, potasio y magnesio, generando valor agregado a la producción de los minerales no metálicos.

Para que las acciones de política propuesta por el Gobierno sean inmediatas, se debe realizar estudios científicos por expertos en minería y centros de investigación que determinen objetivamente la importancia que tiene la producción de minerales no metálicos de acuerdo a lo planteado en la tesis, de esta forma lograr el interés para promover la atracción a las inversiones ya sea del sector público, del sector privado ó una inversión extranjera que valore las bondades y beneficios de la minería de los minerales no metálicos.

5.4 INVERSIONES EN EL SALAR DE UYUNI

5.4.1 Situación Actual

Dentro de la Reserva Fiscal se tiene una anomalía geomorfológica como es el Delta de Río Grande por el cual discurren corrientes en las cuales están disueltos compuestos de boro, litio y otros elementos que luego son depositados en los contactos entre las formaciones lacustres y deltaicas. En estos depósitos es donde se realizan trabajos de explotación del mineral no metálico ulexita. Los operadores mineros en las concesiones son COPLA Ltda., la compañía Minera Kellguani Ltda., y Rubén Tordoya Z. En cambio SOCOMIRG y la cooperativa minera Estrella del Sur Ltda., operan en áreas de arrendamiento con contratos firmados con CIRESU. Estas dos últimas son agrupaciones de socios, conformados por los pobladores de Río Grande que trabajan en cuatro áreas de arrendamiento.

En el Salar de Uyuni en la actualidad existen concesiones dentro de la Reserva Fiscal, 68 concesiones constituidas, 49 concesiones por cuadrículas, una petición por cuadrícula y 18 concesiones por pertenencias. Dentro de la Reserva Fiscal se encuentran operando empresas mineras de exploración, explotación y comercialización, como se detalla en el cuadro N° 5.4.1.1.

Cuadro N° 5.4.1.1
OPERACIONES EN CONCESIONES DE LA RESERVA FISCAL DEL SALAR DE UYUNI

Operaciones en las Concesiones	Nº	Concesión	Concesionario	Observaciones
Concesiones en producción	3	Progreso Lípez	Corporación del Seguro Social Militar COSSMIL	Operador COPLA Ltda. En contrato de arrendamiento con COSSMIL
		Reconquista EIMPT II	Compañía Minera Kellguani S.A. Rubén Tordoya Z.	Operador Compañía Minera Kellguani Operador Rubén Tordoya Z.
Concesiones en exploración	4	Fe Minera Fe Minera II Crisocota Alincar	Río Tinto Mining And Exploration Limited	Operador Río Tinto IMEX Ltda.
Concesiones sin actividad	61			
Total Concesiones	68			

Elaboración Propia

Fuente: Informes del Complejo Industrial de Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni

Las empresas comercializadoras de ulexita realizan el traslado de la ulexita desde la población de Río Grande a los puntos del proceso de secado indicado en el cuadro N° 5.4.1.2, prácticamente no tienen ninguna oficina, depósito o personal dependiente en Río Grande, a excepción de la operadora COPLA Ltda., que explota y trata la ulexita en la zona donde tiene la infraestructura requerida para sus operaciones.

Cuadro N° 5.4.1.2
EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE ULEXITA EN RÍO GRANDE

Razón social	Domicilio Legal	Observaciones
Boratos Dardo Bolivia	Oruro	Secado de mineral en Oruro
Bruma Corp.	Tarija	Secado del mineral en Tarija
Empresa minera Juárez	Cochabamba	Secado del mineral en Cochabamba
Import Export Copla Ltda.	La Paz	Secado del mineral en Río Grande
Tecnoquímica	Santa Cruz	Secado del Mineral en Warnes
Metal Mineral Company Ltda.	La Paz	Secado del mineral en Río Grande

Elaboración Propia

Fuente: Informes de CIRESU

5.4.2 Impuestos Percibidos de la Reserva Fiscal del Salar de Uyuni

El D.S. 27799, Art. 2º inc. III indica que la alícuota del ICM “Impuesto Complementario Minero”, para minerales de boro, fluctúa ente 3 y 5% para exportaciones y entre 3 y 1.8% para ventas internas, a la fecha las empresas comercializadoras declaran su operación de compra y venta en Río Grande y pagan el ICM en el momento de la exportación del mineral. El control de la producción y comercialización lo realiza CIRESU con el llenado del form. 101, bajo convenio suscrito entre el Ministerio de Minería y la Prefectura de Potosí.

CIRESU recibe un derecho de participación por contratos de arrendamiento en áreas de la Reserva Fiscal, equivalente al 6% de la producción bruta de ulexita puesto Río Grande. También se autorizó por el directorio, ampliar el derecho de participación a

operaciones de producción de ulexita en concesiones mineras constituidas. El cuadro N° 5.4.1.3 detalla la alícuota del Impuesto Complementario Minero.

Así mismo, otra de las labores de explotación y comercialización es la Sal común cuya explotación realizan los comunarios de la población de Colchani al amparo de la Ley de la creación del CIRESU que les reconoce su derecho a explotar la sal común en respeto a los usos y costumbres de los comunarios.

Por otra parte en el cuadro N° 5.4.1.4 vemos el ICM pagado por las empresas productoras y comercializadoras de ulexita y ácido bórico el año 2005.

Cuadro N° 5.4.1.4
EMPRESAS PRODUCTORAS Y COMERCIALIZADORAS DE ULEXITA Y ÁCIDO BORICO
(En Kilos netos y Dólares Americanos)

EMPRESA	2005		
	Volumen	Valor	ICM
ULEXITA	62.604.448	6.050.302	149.001
BRUMA CORPORATION	600.000	107.210	39
COPLA SA.	46.089.448	3.486.862	81.407
IMPORT EXPORT DARDO	1.100.000	122.850	4.701
JUAREZ	9.010.000	1.422.580	53.386
TECNO QUÍMICA LTDA.	5.505.000	898.800	8.988
RIO GRANDE	300.000	12.000	480
ÁCIDO BORICO	13.480.997	4.506.736	
SOCIEDAD IND. TIERRA	13.480.997	4.506.736	

Elaboración Propia, Fuente: Informes CIRESU

De esta forma se realiza la explotación de las empresas detalladas en el cuadro, que si bien pagan el ICM no es suficiente para promover el desarrollo de la región, tampoco para pretender reactivar la economía no solo de las poblaciones que rodean al Salar de Uyuni sino a nivel departamental, por lo que se debe valorar también los otros elementos evaporíticos, litio, potasio, magnesio y también el sodio, teniendo tanta riqueza renovable es menester tomar cartas en el asunto de forma inmediata, de esta manera obtener mayores ingresos tributarios, dar valor agregado al producto en territorio nacional, pretender no solo la producción sino la industrialización de los recursos, tener un control apropiado de la explotación y de la exportación si la responsable de esta labor fuese mediante una IED o empresa privada, sin embargo previamente debe definirse la situación legal de las concesiones.

5.4.3 Política de Inversiones en el Salar de Uyuni

En cuanto a las inversiones en el Salar de Uyuni en minería, queda mencionar el proyecto realizado por el Gobierno, donde se estima una inversión de entre 50 y 300 millones de \$us de acuerdo al tipo de proyecto, sin embargo se debe considerar la problemática legal suscitada respecto a concesiones mineras en la reserva fiscal del Salar, para luego considerar la estrategia sugerida en el proyecto de tesis, para el aprovechamiento de los recursos evaporíticos e industriales del gran Salar de Uyuni. El cuadro N° 5.4.3.1 detalla el proyecto con todas sus características y reservas.

Cuadro N° 5.4.3.1

PROYECTO SALAR DE UYUNI	
UBICACIÓN	Departamento Potosí, Provincia Campos, Nor Lítez y Quijarro
SUPERFICIE	Aproximadamente 10,000 Km ² de costra salina
ALTURA	3653 M.S.N.M.
CLIMA	Frío y seco, precipitación baja, intensa radiación solar - vientos fuertes
VIAS DE ACCESO	FFCC. La Paz - Uyuni - Buenos Aires FFCC. Potosí - Antofagasta Carretera Potosí - Uyuni estable
RESERVAS	Litio 8,9 millones de toneladas Potasio 194,0 millones de toneladas Boro 7,7 millones de toneladas Magnesio 211,0 millones de toneladas
CARACTERÍSTICAS	Espesor costra de sal 10cm. Aproximadamente
SITUACIÓN JURÍDICA	Reserva Fiscal mediante Ley N° 1854
POBLACIÓN CERCANA	Uyuni 20,000 habitantes aproximadamente
SERVICIO	Cuenta con servicios básicos, servicios públicos y telecomunicaciones
INVERSIÓN ESTIMADA	50 - 300 millones de \$us dependiendo del proyecto



5.4.4 Aportes de COMIBOL a la Inversión en el Salar de Uyuni

La Corporación Minera de Bolivia dentro de su política de reactivación de su función específica en la industria minera del país, presenta el perfil de proyecto para la fabricación y comercialización de ulexita calcinada proveniente de la zona del Salar de Uyuni específicamente de la zona del Delta de Río Grande, ya que la ulexita en esta zona está catalogada entre las de mejor calidad debido a que las impurezas acompañantes no son significantes.

En la zona del Salar de Uyuni existen dos yacimientos de ulexita, el de Llipi Llipi que se encuentra al oeste del Río Grande y el del Delta de Río Grande. Las concesiones mineras pueden ser clasificadas en dos sectores: público y privado, los de carácter público son de COSSMIL y COMIBOL, en el caso de COMIBOL las propiedades se encuentran al norte de la zona de Colchani sobre la costra salina no así en el área potencial de ulexita. De acuerdo al entorno regional, plantea el desarrollo del proyecto en tres fases:

Primera Fase: Explotación de 60.000 toneladas anuales. Esta fase considera solamente la explotación, lavado y secado natural en la zona, el producto podría ser comercializado localmente. La importancia de esta fase es la introducción de COMIBOL a la explotación de compuestos no metálicos, mismo que dará a la empresa la experiencia en el manejo del mercado y el mejor aprovechamiento del yacimiento.

Segunda Fase: Explotación, lavado, secado y calcinado de la producción de ulexita, en esta fase se pretende con la calcinación obtener productos de mayor ley, obteniendo mejores condiciones en precios, en esta etapa entrará en el mercado internacional exportando el total de la producción.

Tercera Fase: denominada la Producción de Micro nutrientes, que se realiza en base a la producción de alta calidad de ulexita que se pretende obtener en las anteriores fases, el producto es sometido a procesos químicos para obtener micro nutrientes altamente cotizados en el mercado internacional, con esta etapa se podría cerrar el ciclo productivo de la ulexita, con alto valor agregado que por supuesto tendrá mejores rendimientos para la empresa, la región y el país. Sin embargo esta tercera fase todavía no está incluida en el perfil de proyecto y en el monto de inversión, debido a las limitaciones de acceso a la información, pero que será desarrollada una vez que el proyecto entre en ejecución.

El estudio económico, refleja el comportamiento del proyecto y las posibilidades de ser implementada, por lo que la inversión calculada está compuesta de seis centros de inversión que se detallan en el cuadro N° 5.4.3.1

El proyecto de explotación de ulexita se basa en los trabajos realizados por AQUATER – ENICHEM, quienes por encargo del gobierno boliviano realizaron estudios sobre compuestos no metálicos de la zona del Salar. El estudio de mercado establece que los concentrados de la zona tienen demanda en la industria agrícola, cerámica, vidriera y otros, por lo que la incursión en este tipo de compuestos no metálicos es necesaria. Una de las características del mercado de ulexita, es que el mercado es estacional, esto quiere decir que como su uso mayor es en agricultura, las épocas de abonado y de sembradío son fijas y en determinados meses del año, por lo que los pedidos son en ese tiempo, esta es una de las razones por la que una empresa que quiera operar en forma seria y constante, debe contar con stocks para los pedidos estacionales, lo que involucra un costo financiero que debe ser absorbido en los costos. La producción de concentrados de ulexita se basa en un flujo grama que contempla básicamente en una explotación a cielo abierto, lavado y calcinado del mineral, se ha determinado comenzar con una planta cuya capacidad de tratamiento se encuentre en 60.000 ton/año en la primera fase, en la segunda fase la ampliación de la capacidad de tratamiento estará definida en la positividad de reservas en el sector.

Cuadro N° 5.4.3.1
INVERSIÓN PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DE ULEXITA COMIBOL
(En \$us. americanos)

N°	CONCEPTO	PRIMERA FASE	SEGUNDA FASE
		INVERSIÓN (\$us)	INVERSIÓN (\$us)
1	Preinversión		
	Exploración		78.750
	Ingeniería a detalle y diseño final de plantas % de inversión equipo 1,50%		11.462
2	Mina	156.304	304.590
3	Planta de Concentración	64.594	341.439
4	Infraestructura	589.933	167.738
5	Capital de trabajo Operaciones		
6	Capital de trabajo Contratos		
	Capital de trabajo	435.097	356.292
	TOTAL	1.245.928	1.260.270

Elaboración Propia

Para la primera fase se estima que los costos operativos antes de impuestos alcanzan a 31.88 \$us./ton de ulexita lavada, mismo que excluye el costo de depreciación, el costo total en el cual se encuentran los costos operativos y no operativos, excluyendo depreciación se estima en 62.20 \$us/ton de ulexita lavada. La inversión para esta fase se estima en 1.245.928 \$us, inversión que será financiada mediante crédito bancario con una tasa de interés del 12% anual, a 10 años plazo y un año de gracia.

Para la segunda fase, se estima que los costos operativos antes de impuestos alcanzan a 77.95 \$us/ton de ulexita lavada, mismo que excluye el costo de depreciación, el costo total en el cual se encuentran los costos operativos y no operativos, excluyendo depreciación, se estima en 115.57 \$us/ton de ulexita lavada. La inversión para esta fase se estima en 1.260.270 \$us, inversión que será financiada mediante un crédito bancario con una tasa de interés del 12% anual, a 10 años plazo y un año de gracia.

Se considera que inicialmente las ventas de la ulexita lavada podrían ser comercializadas a las empresas del sector, dicho valor alcanza a 165.00 \$us/ton de ulexita de 45% de pureza embolsada sin paletizar. Para la segunda fase se estima entrar como empresa al mercado internacional, exportando inicialmente al Brasil, en el que se considera un precio de venta FOB Corumbá de 250 \$us/ton de ulexita calcinada con una pureza de 55% embolsado y paletizado.

Como resultado de la evaluación privada base, los indicadores financieros en ambas fases del proyecto son altamente positivas, las mismas que se detallan en el cuadro N° 5.4.3.1.2.

Cuadro N° 5.4.3.1.2
INDICADORES ECONOMICOS DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DE ULEXITA
(En \$us y %)

	Tipo Material	\$us/ton mínimo	\$us/ton máximo	TIR (%)	VAN	Relación B/C	Periodo Rec. Capital (años)
PRIMERA FASE	Concentrado de 45% B ₂ O ₃ en bolsas	155,00	170,00	57,00	3.280.395	2,26	2
	Concentrado de 45% B ₂ O ₃ paletizado	180,00	200,00				
SEGUNDA FASE	Concentrado de 55% B ₂ O ₃ paletizado	200,00	280,00	57,27	3.351.366	1,96	2

Elaboración Propia

En el análisis de sensibilidad, se considera las siguientes variaciones:

- baja en las cotizaciones de venta
- incremento en los costos de producción
- incremento en los precios de contratos de explotación

Como resultado de la evaluación privada en la sensibilización, los indicadores financieros obtenidos no han tenido variaciones significativas en el comportamiento financiero del proyecto, lo que establece que el proyecto de explotación y beneficio de ulexita de la zona de Río Grande, es rentable con grandes posibilidades económicas y de beneficio

tanto para la empresa como para el desarrollo de la región, generando también recursos significativos para el departamento de Potosí.

El proyecto dará la oportunidad a COMIBOL a entrar a la industria de los no metales con grandes posibilidades de establecerse en el mercado internacional. Si bien las propiedades de COMIBOL no se encuentran en áreas potencialmente positivas en depósito de ulexita, como lo es el Delta del río Grande, no le impide poder entrar a la zona declarada como Reserva Fiscal en la zona del Salar de Uyuni, éste podría ser el inicio del emprendimiento de iniciativas industriales en asociaciones con empresas que tienen sus mercados establecidos y poseen experiencia en la comercialización de este producto, como COPLA SRL., para un beneficio mutuo y por ende impulsar el desarrollo sostenido en una zona tan deprimida como es el Salar de Uyuni. Además el Estado por intermedio de COMIBOL Podría ejercer un mejor control en la explotación de minerales no metálicos de nuestro país.

5.4.5 Resumen de Inversiones para el Desarrollo y Explotación del Salar de Uyuni

Como se ha podido evidenciar, lo único que se necesita es establecer una política de Inversiones ya no de mediano plazo sino mas bien de corto plazo e inmediato, es cierto que desde 1990 con el retiro de la Transnacional Lithco no se ha vuelto a realizar ningún estudio e interés por los recursos yacientes en el Salar de Uyuni, por lo que la presente investigación da la base económica para reactivar variables macroeconómicas como el ingreso, empleo, exportaciones, la sustitución de Importaciones, para el Departamento de Potosí y la Región del mismo Salar de Uyuni, el cuadro 5.4.5.1 representa el resumen de inversiones que se necesita para la implementación de Plantas Productoras e Industrializadoras para los distintos elementos estudiados, así como los ingresos que se obtendrán con la venta de los productos anualmente, se debe mencionar que las cifras de ingresos es antes de impuestos por lo que todavía no existe una alícuota de base imponible para recursos evaporíticos de litio, potasio y magnesio, solo se ha establecido para el boro y ulexita.

Cuadro N° 5.4.5.1

CUADRO RESUMEN DE INVERSIÓN REQUERIDOS PARA EL DESARROLLO Y EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS EVAPORÍTICOS DEL SALAR DE UYUNI													
	Reservas (Ton)	Compuesto	Prod. Anual (Ton)	ÍTEM	Inversión (Mill \$us)	Prod. Estim.	Financiamiento			Costos/ Ton	Precio/ Ton	Ingreso/Ton	Ingreso Anual
PROYECTO SALAR DE UYUNI						Años	Estatal	Privada	Joint Venture	(\$us)	(\$us)	(\$us)	(\$us)
Litio	8.900.000	Carbonato de Litio - Li ₂ CO ₃	5.500	Pta. Qmc.	24,5	40	24,5		17,15	75	490	415	2282500
Potasio	194.000.000	Cloruro de Potasio - KCl	520.000	Pta. Qmc.	13,9	40	13,9		9,73	95	155	60	31200000
		Sulfato de Potasio - K ₂ SO ₄	150.000	Pta. Qmc.	16,2	40	16,2		11,34	84	140	56	8400000
Boro	7.700.000	Ácido Bórico - H ₃ BO ₃	30.000	Pta. Qmc.	4,8	40	4,8		3,36	125	400	275	8250000
				Otros	117,6		117,6		82,32	379	-	-	-
Capital de Inversión			-	-	177,0		177,0		123,9	-	-	-	-
Exploración e Investigación			-	-	2,0		2,0		1,4	-	-	-	-
Estudio de Factibilidad, Diseño e Ingeniería			-	-	4,0		4,0		2,8	-	-	-	-
Total			-	-	183,0		183,0		128,1	-	-	-	50132500
Proyecto Planta Piloto Carbonato de Litio			Kg/Año										
Litio		Carbonato de Litio	6372	Pta. Piloto	2.878.372,0	40	2,9 mill.	-	-	190	400	210	1.338.120
Proyecto COMIBOL Explotación de Ulexita													
Boro	12.000.000	Ulexita - Delta Río Grande	60.000	1ª Fase	1.245.928	20	Credito Bancario Tasa Interés 12% a 10 años Plazo			62,20	165	102,8	6.168.000
				2ª Fase	1.260.270	20	Tasa Interés 12% a 10 años Plazo			115,6	250	134,43	8.065.800

Elaboración Propia

5.5 FINANCIAMIENTO DE LA ACTIVIDAD MINERA

El financiamiento estatal para emprendimientos mineros desde 1986 fue decreciendo hasta hacerse poco significativo, a partir de 1991, la banca por sus altas tasas de interés y excesivas garantías concatenado con el alto riesgo de las operaciones mineras ha provocado que la intermediación financiera del sistema formal sea escaso para la actividad minera. Los créditos de la banca comercial para el sector minero llegaron al 31 de diciembre de 2000 al 1.18% del total de su cartera y 1.68% el año 2001. Tomando en cuenta la banca comercial nacional y extranjera, los datos revelan que el financiamiento en el periodo 1992 – 2001, no logró superar el 3% del total de la cartera de créditos al sector privado. En cuanto al destino del financiamiento se estima que más del 70% estuvo destinado a cubrir los gastos de realización de la minería.

Actualmente parte del financiamiento de las inversiones proviene en su mayoría de organismos de crédito multilaterales como la Overseas Private Intestement Corporation (OPIC) brazo financiero del Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Corporación Andina de Fomento (CAF), Cooperación Internacional de Bélgica y en mayor medida del mercado Internacional de Capitales. En cuanto a los requisitos para acceder al financiamiento internacional de parte de organismos multilaterales, los proyectos mineros a parte de los estudios de factibilidad geológica económica deben cumplir con todos los requisitos exigidos por la ley del medio ambiente para no generar un impacto ambiental negativo en la región de su influencia. El cuadro N° 5.5.1 demuestra la relación existente del financiamiento de los Bancos Comerciales y la Banca Especializada de 1992 a 2004.

Cuadro N° 5.5.1
FINANCIAMIENTO A LA MINERÍA BANCA COMERCIAL Y ESPECIALIZADA
(En millones de \$us)

Año	Financiamiento Banca Comercial	Financiamiento Banca Especializada	Total Fin. Banca Comercial y Especializada	Total Créditos del Sector Privado	%
1992	40,11	38,86	78,97	1890,79	4,18
1993	61,43	34,11	95,54	2462,62	3,88
1994	38,61	22,70	61,31	2905,29	2,11
1995	50,87	28,23	79,1	3150,10	2,51
1996	47,84	28,05	75,89	3365,97	2,25
1997	43,68	27,60	71,28	3949,48	1,80
1998	51,07	27,58	78,65	3675,80	2,14
1999	41,61	27,74	69,35	4625,29	1,50
2000	49,81	27,23	77,04	4219,68	1,83
2001	60,7	27,15	87,85	3604,09	2,44
2002	47,03	26,78	73,81	3128,49	2,36
2003	74,36	26,49	100,85	2617,89	3,85
2004	55,88	26,19	82,07	2107,29	3,89

Elaboración Propia, (1) Banca Comercial Nacional y Extranjera, (2) Banca Especializada incluye BM, BID.

Fuente: INE 2005

Los recursos provenientes de los organismos internacionales a través de la Banca Especializada, se diferencian del financiamiento comercial, por su utilización intensiva en la implementación y puesta en marcha de los programas mineros. En el periodo 1992 –

2004 y especialmente desde 1994 el financiamiento de la Banca Especializada no logró superar los 30 millones de \$us, manteniéndose alrededor de los 27 millones de \$us.

5.5.1 Financiamiento de la Actividad Minera del Departamento de Potosí

El financiamiento para la actividad minera del Departamento de Potosí esta altamente restringido. Los recursos para la actividad de exploración al ser de muy alto riesgo, no son financiados por ningún organismo especializado en minería u organismos internacionales, la fuente es originada en las propias empresas o con créditos de la Banca Comercial pero al ser muy costosas son poco frecuentes.

El financiamiento del flujo de inversiones para proyectos con previo estudio de factibilidad técnico económico, si tiene financiadores internacionales OPIC, Banco Mundial, CAF y BID que son los organismos financiadores de recursos en forma competitiva, bajo el requisito de que los prestatarios deben cumplir estrictamente las regulaciones ambientales del país. Según datos preliminares los desembolsos parciales obtenidos por la minería Mediana del departamento de Potosí durante 1997 y 2001 fueron de 9.1 – 5.2 – 4.5 - 3.3 – 3.1 millones de \$us de los cuales mas del 60% corresponden a COMSUR.

CAPÍTULO VI

IMPACTO DE LA MINERÍA EN LA ECONOMÍA DEL DEPARTAMENTO Y EL APORTE DE LOS RECURSOS EVAPORÍTICOS

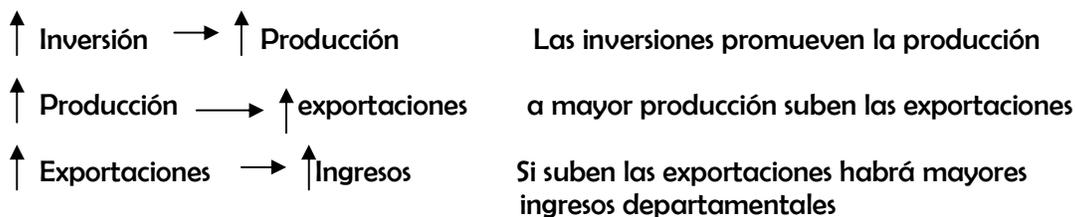
6.1 MODELO ECONÓMETRICO

6.1.1 Antecedentes

El propósito de la tesis es el de demostrar que la actividad minera del departamento de Potosí, y particularmente la minería de los no metálicos, es la respuesta económica de reactivación, a la crisis por la que atraviesa el país y el mismo departamento. El medio para lograrlo como se indicó anteriormente, debe ser a través del aprovechamiento de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni mediante la producción de los principales minerales no metálicos como el litio, boro magnesio y potasio, siendo en el caso del litio un recurso natural renovable de grandes propiedades, cualidades y futuro tecnológico. El impedimento mayor se debe a la falta de inversión para la explotación, así como el desinterés por parte de Gobiernos de turno que no valoran la riqueza y las potencialidades del departamento de Potosí y de la región de Uyuni en particular.

El estudio del modelo econométrico, delimita la evaluación del impacto de la inversión en la minería tradicional departamental en primera instancia, para luego hacer una comparación de lo que representaría la producción y explotación de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni, en variables macroeconómicas como los ingresos departamentales, se toma como base información desde la gestión 1990 a 2005 del comportamiento de la minería en el departamento de Potosí.

La hipótesis planteada en la investigación, fue formulada como una relación de tipo causal, considerando de esta forma las siguientes premisas económicas:



De acuerdo a las premisas, la hipótesis señala:

Ho: Una política minero metalúrgica que logre canalizar recursos hacia la inversión, ó atracción de la inversión extranjera con dirección a la explotación y desarrollo de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni que según estudios realizados constituye la reserva geológica mas grande del mundo, la explotación masiva a cielo abierto, puede ser la mejor respuesta económica a las pretensiones de reactivación de la economía minera de Potosí, coadyuvando al incremento en las exportaciones tradicionales, generando empleo y sobre todo ingresos para el departamento.

6.1.2 Identificación de Variables

Operacionalizando las variables de la hipótesis, se puede definir como una relación causa-efecto entre una variable dependiente y varias variables independientes:

Variable dependiente:

Yt: Generación de recursos para el Dpto. de Potosí (GER Pt.)

La Generación de Recursos para el Departamento, se representa a través de los ingresos percibidos en minería con los Impuestos y Regalías percibidos de la producción y comercialización de los minerales, esta variable considerada como dependiente, se explica en el modelo a efecto de lo que pueda suceder con las variables de tipo causa, es decir, las inversiones del sector, la producción de minerales tradicionales y del único recurso evaporítico que se explota en el Salar de Uyuni que es la ulexita, y las exportaciones.

Variabes Independientes:

X1t: Inversiones en la minería departamental (Inv. en min, IEM)

Que se ve representada por las inversiones realizadas por el sector de la minería privada y la Minería Mediana, inicialmente se trató de considerar la Inversión Extranjera Directa para minería, pero la insuficiencia de IED anual departamental impidió que se tome como referencia ya que la IED llega a partir de 1996 y su participación decreciente hasta el año 2004, no es significativo.

X2t: Producción de Ulexita del Salar de Uyuni (Prod. Ulex. Salar Uyuni (PUSU))

La producción de ulexita es una variable significativa, pero que aún no ha sido explotada en su integridad y para el total beneficio de nuestro país, debido a que está siendo llevada al vecino país de Chile, sin embargo la información reportada es un dato que reflejará la incidencia sobre la Generación de recursos para el Dpto. de Potosí.

X3t: Volumen de producción de principales minerales (Vol. prod. principmineral, VPM)

El volumen de producción de minerales producidos, es una variable importante, ya que en tanto mayor sea la producción, mayores serán los ingresos percibidos por el departamento a través de los impuestos y regalías mineras, la información obtenida representa el volumen total de la producción de minerales.

X4t: Exportaciones mineras (Exp. mineras, EM)

El comportamiento que presente las exportaciones mineras sirve de referencia para analizar la influencia sobre la economía y la variable dependiente.

Por lo tanto:

GER Pt. = f (Inv en min, Prod. Ulex. SalarUyuni, Vol prod principmineral, Exp mineras)

Variabes complementarias: Precios de minerales (P min)
 Desarrollo de minerales no metálicos (Des nomet)

6.1.3 Especificación del modelo econométrico

La especificación matemática del modelo de Generación de Recursos para el departamento de Potosí, donde la hipótesis plantea una relación determinística positiva

entre la generación de recursos y el resto de las variables. El modelo especificado es de tipo lineal debido a que este tipo de modelo arroja directamente en los estimadores las variables independientes con respecto al producto.

El modelo econométrico obtenido es:

$$Y_t = X_{1t}, X_{2t}, X_{3t}, X_{4t}$$

Donde la función de regresión poblacional es:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 * X_{1t} + \beta_2 * X_{2t} + \beta_3 * X_{3t} + \beta_4 * X_{4t} + \mu_t$$

$$B_1 > 0, B_2 > 0, B_3 > 0, B_4 > 0$$

La función de regresión estimada es:

$$\hat{Y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 * X_{1t} + \hat{\beta}_2 * X_{2t} + \hat{\beta}_3 * X_{3t} + \hat{\beta}_4 * X_{4t} + U_t$$

Adecuando a las variables de nuestro modelo:

$$GERP_t = \beta_0 + \beta_1 * IEM_t + \beta_2 * PUSU_t + \beta_3 * VPM_t + \beta_4 * EM_t + U_t$$

Donde:

$GERP_t$ = Generación de Recursos para el departamento mediante las Imposiciones tributarias a la minería expresado en \$us.

IEM_t = Inversiones en Minería, por la minería privada, expresado en millones de \$us.

$PUSU_t$ = Producción de Ulexita del Salar de Uyuni, expresado en miles de kilos netos.

VPM_t = Volumen de Producción de Minerales, expresado en \$us.

EM_t = Exportaciones Mineras, expresado en \$us.

6.1.4 Especificación de las Series Históricas de las Variables

Las series históricas consideradas para el modelo abarca el periodo de 1990 a 2005 de la variable dependiente y las variables independientes. En el cuadro N° 6.1.4.1 también se considera la producción del único recurso evaporítico del Salar de Uyuni que es el de la ulexita, para ver en un resultado aparte la incidencia del recurso sobre los ingresos para el departamento.

Cuadro N° 6.1.4.1
SERIES HISTÓRICAS DE LAS VARIABLES

Numero de Observ.	y GERPt	x1 IEM	X3 VPM	X4 EM	X2 PUSU
1990	5254659	50,5	147902917	143743722	946.472
1991	4135881,93	64,3	140820925	137516079	6.895.672
1992	4560728,36	124,7	162901228	160563849	10.103.879
1993	1982164	24,8	144401847	142875662	8.337.879
1994	304683,53	72,2	142998447	141756091	5.536.783
1995	352035,92	119,1	170864320	168619246	3.084.543
1996	767067	84,9	166163067	159711056	3.261.008
1997	3834411	67,2	193245111	191087679	4.907.622
1998	2159530,864	48	179701509	172333894	5.359.434
1999	2164287	43,5	166354336	164792747	5.126.963

2000	2429600	49,7	188137285	176858121	33.114.559
2001	1733790	40,6	133553927	140266341	29.832.677
2002	1534993	31,8	133561627		32.238.466
2003	1886957	20	163383713		106.844.306
2004	3434256	48	220956333		57.826.040
2005	5852091	54,1	272550671		53.213.781

Elaboración Propia, PUSU es la Producción de Ulexita del Salar de Uyuni

El Cuadro N^o 6.1.4.2 es la representación de las series históricas que para su mejor aplicación al modelo se tuvo que incrementar el número de observaciones mediante el método de desagregación de Baxter, el método de desagregación de Baxter usa filtros, trata de que los picos no tengan mucha influencia en la serie. Como los valores son muy grandes se simplificó las unidades, GERPt se expresa en millones de \$us, la Inversión en Minería IEM se expresa en miles de \$us, el VPM en millones de \$us, las Exportaciones Mineras EM en millones de \$us, y la Producción de Ulexita del Salar de Uyuni, PUSU, expresado en miles de kilos netos.

Cuadro N^o 6.1.4.2
SERIES DESAGREGADAS DE LAS VARIABLES

obs	y	x1	X3	X4	X2
	GERPt (mill\$us)	IEM (miles \$us)	VPM (mill \$us)	EM (mill \$us)	PUSU (miles kilos)
1990S1	5,139	21,321	148,860	139,80	3.790
1990S2	4,960	26,351	146,402	141,51	3.892
1991S1	4,404	40,251	142,875	143,22	3.988
1991S2	4,232	61,548	146,346	144,92	4.061
1992S1	4,443	94,208	157,331	146,62	4.106
1992S2	3,908	76,405	158,316	148,33	4.122
1993S1	2,627	32,833	149,111	150,04	4.125
1993S2	1,570	28,271	144,360	151,75	4.142
1994S1	0,737	48,774	143,661	153,45	4.216
1994S2	0,332	74,386	149,795	155,15	4.397
1995S1	0,356	100,291	163,651	156,84	4.740
1995S2	0,471	107,014	169,872	158,55	5.300
1996S1	0,677	90,372	167,533	160,26	6.131
1996S2	1,541	78,046	172,736	161,97	7.281
1997S1	3,064	68,926	186,195	163,68	8.789
1997S2	3,410	60,326	189,855	165,40	10.686
1998S1	2,579	52,326	183,122	167,13	12.992
1998S2	2,164	48,151	176,430	168,85	15.713
1999S1	2,166	47,009	169,791	170,56	18.835
1999S2	2,233	45,866	171,737	172,26	22.321
2000S1	2,365	44,724	182,566	173,96	26.096
2000S2	2,259	43,409	172,871	175,67	30.044
2001S1	1,913	41,937	145,804	177,38	34.067
2001S2	1,691	45,724	133,906	179,06	38.073
2002S1	1,592	56,262	133,910	180,73	41.961
2002S2	1,630	48,447	140,788	182,42	45.608
2003S1	1,805	29,194	155,619	184,13	48.869
2003S2	2,276	25,974	176,353	185,83	51.563
2004S1	3,045	34,120	204,894	187,54	53.655
2004S2	4,029	43,063	232,675	189,24	55.248
2005S1	5,230	52,221	258,251	190,95	56.456
2005S2	5,710	57,506	267,333	192,65	57.399

6.1.5 Estimación del modelo econométrico

Para la estimación del modelo, se utilizó el Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), teniendo en cuenta que el término de la perturbación ε , goza de “ruido blanco” es decir, es un modelo econométrico que no presenta heterocedasticidad ni autocorrelación.

Para estimar el modelo econométrico de la influencia de la Minería tradicional y no tradicional en la economía del departamento de Potosí, recurrimos al Programa Econométrico Eviews 5.

En este programa el método utilizado para la suavización, fue el de “Hodrick – Prescott”, debido a que hubo series de comportamientos irregulares, con la suavización estos comportamientos irregulares disminuyen; los datos cronológicos de 15 años abarca el periodo 1990 a 2005, de cada una de las variables dependiente e independientes; a fin de aumentar el número de observaciones para la aplicación del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, como se indicó, se aplicó el método de “desagregación de Baxter”.

Como resultado tenemos el siguiente modelo:

Dependent Variable: D(Y)
 Method: Least Squares
 Sample (adjusted): 1991S2 2005S2
 Included observations: 29 after adjustments
 Convergence achieved after 8 iterations
 White Heteroskedasticity-Consistent Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.316597	0.178844	-1.770243	0.0899
D(IEM)	0.005387	0.004011	1.343213	0.1923
D(PUSU)	0.122667	0.071321	1.719933	0.0989
D(VPM)	0.032772	0.008513	3.849778	0.0008
AR(1)	1.020856	0.253725	4.023474	0.0005
AR(2)	-0.530420	0.200976	-2.639220	0.0147

R-squared	0.817211	Mean dependent var	0.045172
Adjusted R-squared	0.777475	S.D. dependent var	0.646803
S.E. of regression	0.305114	Akaike info criterion	0.645727
Sum squared resid	2.141171	Schwarz criterion	0.928616
Log likelihood	-3.363042	F-statistic	20.56570
Durbin-Watson stat	1.615464	Prob(F-statistic)	0.000000

El modelo estimado es:

$$GERP_t = -0.316597 + 0.005387 IEM_t + 0.122667 PUSU_t + 0.032772 VPM_t + U_t$$

En el cual se utilizó un Proceso autorregresivo de orden 1 (AR 1) y (AR 2)

El proceso autorregresivo de orden uno AR(1), AR(2) se utilizó con el fin de corregir la autocorrelación del modelo.

Este proceso de autocorrelación de orden 1, identifica el efecto de los errores sobre el modelo, o sea la causa de la autocorrelación, así mismo ayuda a encontrar el coeficiente de autocorrelación ρ , que a su vez nos ayudará a calcular la matriz omega Ω y mediante la aplicación del Método de Mínimos Cuadrados Generalizados corregimos la autocorrelación.

$$\mu_t = \rho\mu_{t-1} + v_t \quad ; \text{ ruido blanco}$$

Síntesis de la estimación :

Este hecho implica que todas las variables explicativas tanto individuales como conjuntamente, son importantes para explicar el comportamiento de la generación de recursos para el departamento de Potosí. Si se toma en cuenta el error de estimación, este alcanza al 0.30 %, lo que demuestra que el error entre las series observada y la serie ajustada es mínima. El estadístico Durbin-Watson muestra que no existe presencia de autocorrelación, como se corrigió con el proceso autorregresivo de orden uno (AR 1).

En síntesis la estimación realizada cumple con todos los requisitos básicos que permiten su validación como modelo econométrico.

6.1.6 Interpretación del Modelo

Los estimadores del modelo se representa con la relación positiva que señala la relación directa e indirecta de las variables. La variación relativa mide el efecto de cada una de las variables individuales y su efecto en la variable dependiente.

Para IEM:

Este coeficiente representa la incidencia de los recursos generados por la minería, con respecto a la Inversión Privada en Minería, el signo positivo indica una relación directa entre las variables.

$$\hat{B}_1 = 0.005387$$

Para PUSU:

Este coeficiente representa la incidencia de los recursos generados por la minería, con respecto a la Producción de Ulexita Salar de Uyuni, el signo positivo indica una relación directa entre las variables.

$$\hat{B}_2 = 0.122667$$

Para VPM:

Este coeficiente representa la incidencia de los recursos generados por la minería, con respecto al Volumen de Producción de Minerales, el signo positivo también determina una relación directa entre las variables.

$$\hat{B}_3 = 0.032772$$

Para EM:

Esta serie, no fue tomada en cuenta en el desarrollo del modelo econométrico ya que generaba problema de multicolinealidad o colinealidad, los estimadores se degeneraban convirtiéndose en estimadores ficticios no reales. Esto es comprensible ya que el Volumen

de Producción de Minerales departamentales (VPM), tiene destino de exportación siendo muy poco el consumo interno, por lo que esta variable es suficiente para el modelo.

6.1.7 Interpretación de Estadísticos de Regresión

Coefficiente De Determinación R^2 :

Constituye un indicador índice de la proporción en la cual las variables explicativas contribuyen evidentemente a explicar a la variable de interés.

Este coeficiente debe estar en el rango: $0 \leq R^2 \leq 1$

Siendo óptimo cuando tiende más a 1.

En el modelo es: $R^2 = 0.817211$

Por tanto el coeficiente de determinación para el modelo indica que la Inversión Privada en Minería, la Producción de ulexita y de minerales en general, determinan o explican el comportamiento de la generación de recursos para el departamento de Potosí en un 82%, en el periodo 1990 – 2005. Este estadístico muestra que los cambios de las variables explicativas provocan con un 82% de seguridad, modificaciones en la Generación de Recursos.

Coefficiente de Correlación Múltiple: $R = (R^2)^{0.5} = (0.817211)^{0.5}$
 $R = 0.90399 = 90.4 \%$

Este estadístico muestra la fuerza de asociación entre las variables independientes y la variable dependiente. En este caso, las variables IEM, PUSU y VPM, están asociadas en un 90.4% con la variable GERPt.

Error Estándar de Estimación: $\sigma(u) = 0.305114$

Este estadístico establece la dispersión de datos ajustados y observados. El error estándar mide la confiabilidad estadística de los coeficientes de regresión con respecto a los valores muestrales observados. Cuanto más grande el error estándar, mayor es la perturbación estadística que afecta a los coeficientes. Al observar el modelo el error estándar es 0.30 % tendiendo a cero por lo que el estimador es eficiente.

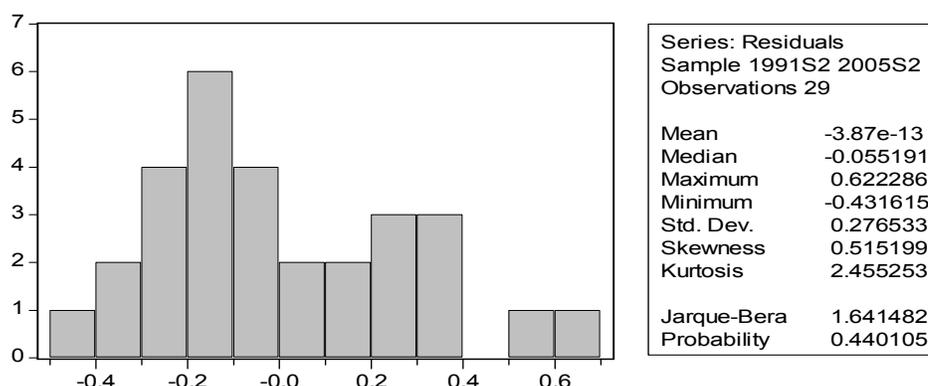
6.1.8 Diagnostico de los Residuos

1. Prueba de Hipótesis:

La Prueba de Hipótesis para los estimadores al 5% de acuerdo al modelo nos da como resultado 3.849778 de la variable VPM, es decir que con un nivel de significación del 5%, la variable VPM es significativo, a medida que VPM aumenta tiene un impacto positivo sobre GERPt. En tanto que la variables PUSU e IEM si bien no es muy significativo empero su incidencia es directa, tiene una relación positiva sobre GERPt.

2. Prueba de Normalidad de los Residuos:

Con un nivel de significación del 5%, efectivamente los residuos provienen de una distribución normal, es decir los estimadores son asintóticamente normales.



3. Autocorrelación de los residuos:

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.186	0.186	1.1134	
		2	-0.340	-0.388	4.9677	
		3	0.083	0.297	5.2063	0.023
		4	0.209	-0.048	6.7714	0.034
		5	-0.160	-0.113	7.7307	0.052
		6	-0.388	-0.319	13.620	0.009
		7	-0.115	-0.075	14.156	0.015
		8	0.053	-0.138	14.277	0.027
		9	0.072	0.223	14.507	0.043
		10	0.097	0.111	14.956	0.060
		11	0.069	0.064	15.194	0.086
		12	-0.061	-0.279	15.391	0.118

Con un nivel de significación del 5%, con la prueba de Ljung-Box, los residuos son ruido blanco, es decir no existe autocorrelación de los residuos.

4. Prueba de especificación del modelo:

Ramsey RESET Test:				
F-statistic	0.823478	Probability	0.373998	
Log likelihood ratio	1.065672	Probability	0.301925	
Test Equation:				
Dependent Variable: D(Y)				
Method: Least Squares				
Sample: 1991S2 2005S2				
Included observations: 29				
Convergence achieved after 9 iterations				
White Heteroskedasticity-Consistent Standard Errors & Covariance				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.354267	0.195837	-1.808989	0.0841
D(INV)	0.006755	0.003659	1.846335	0.0783
D(X1)	0.124462	0.078356	1.588425	0.1265
D(X2)	0.030546	0.008426	3.625304	0.0015
FITTED^2	0.152651	0.206990	0.737480	0.4686
AR(1)	1.042169	0.240666	4.330359	0.0003
AR(2)	-0.538267	0.197847	-2.720624	0.0125

Con un nivel de significación del 5%, usando la prueba de Ramsey, nos señala que el modelo está correctamente especificado.

6.2 CONCLUSIONES DEL MODELO

El análisis del impacto de la producción de minerales tradicionales, sobre la variable GERPt (Generación de Recursos para el Departamento de Potosí), con los valores obtenidos del modelo vemos que demuestra que es determinante para la economía departamental que la producción tenga sentido creciente, la minería tradicional es fundamental para el desarrollo del Departamento, sin embargo se debe insistir que se halla condicionado por una variable que considero, muy importante, es Inversión, su estructura productiva poco diversificada, tiene como única fuente real de generación de excedente económico a la producción minera; la magnitud de cualquier estrategia de diversificación en dicha estructura productiva descansa en la base económica que pueda proporcionar la minería, por ello solo aumentando las inversiones en minería tradicional y no tradicional se logrará conseguir la reactivación de la economía potosina, por ello teniendo al alcance lista para su explotación, los yacimientos ricos en minerales evaporíticos del Salar de Uyuni cuyo valor in situ alcanza a la maravillosa suma de 349.297.056.329, es decir que tenemos mas de 349 mil millones de \$us, de riqueza acumulada esperando ser explotada, si la producción de minerales actuales tiene un impacto positivo en la economía potosina, imagínense lo que sería la bonanza económica con la explotación de dichos recursos estudiados en la tesis, actualmente el único recurso extraído del Salar de Uyuni, es la ulexita desde 1988, que si bien la incidencia no es muy significativa (debido sobre todo a que la mayor producción es clandestina y con destino al país de Chile), pero el impacto sobre la economía del departamento es positiva.

En síntesis, se demuestra la necesidad de aprovechar los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni en sus cuatro elementos, litio, boro, potasio y magnesio, de esta forma coadyuvar en la toma de decisiones para el emprendimiento de los objetivos propuestos.

CAPÍTULO VII**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES****7.1 CONCLUSIONES DE LOS RECURSOS EVAPORÍTICOS DEL SALAR DE UYUNI**

Litio:

Respecto al mercado del litio, si bien se dice que esta abastecido, de acuerdo a los resultados obtenidos con la determinación de la demanda mundial insatisfecha para los años de 1996 al año 2000, se ve una clara y gran demanda por cubrir, existen nuevas tecnologías y otras mas en fase experimental, como se detallo en el capítulo correspondiente a Usos, la aplicación futura del litio es todavía mas amplio, especialmente en aleaciones, baterías, incluso en la energía nuclear, por ser un elemento que por sus características no produce desechos radiactivos, se ha visto que para principios de este siglo XXI, se vislumbran tres mercados potenciales muy importantes para el litio, cuyos estudios están en pleno proceso de investigación para el desarrollo industrial; se refieren concretamente, a las aleaciones de aluminio-litio, las baterías recargables y los reactores de fusión nuclear.

El mercado mas inmediato y con proyecciones promisorias, constituyen las aleaciones livianas de aluminio-litio, para la fabricación de naves aeroespaciales. La ventaja lograda con las aleaciones livianas aluminio-litio, ha inquietado favorablemente a los fabricantes de aviones, así por ejemplo, la Boeing utiliza importantes cantidades de dichas aleaciones en la construcción de sus aviones, con un consumo estimado en mas de 200 toneladas de litio por año, solo en este rubro.

Para la segunda década de este siglo XXI, se espera que se materialicen las instalaciones de las plantas nucleares de fusión, con el uso de importantes cantidades de litio metálico. Los resultados obtenidos de las investigaciones efectuadas tanto en EEUU, Europa Occidental, URSS Y Japón, ratifican que los reactores de fusión nuclear de primera generación, como el denominado "Tokamak", se desarrollarán en base de la reacción controlada de Deuterio y Tritio, para lo que se requiere altas temperaturas en un periodo corto de tiempo. Esta energía calculada en forma de calor en °C, es del orden de 116 millones de grados durante un tiempo que se ha estimado en 10 segundos para permitir la reacción de fusión.

El departamento de energía de EE.UU., informó que en el año 2015, entraría en funcionamiento un reactor demostrativo de fusión. Se espera que en el 2020, el 10% de la energía nuclear sería de fusión, en el año 2030 el 50% y el año 2040 el 100%.

Si se cumplen dichas predicciones, de un total mundial de 4500 GW en energía nuclear, 1700 GW serían de reactores de fusión. El consumo de litio acumulativo para satisfacer la demanda de energía por los reactores de fusión proyectada hasta el año 2040, serían:

- Para refrigerantes y manto reflectante de litio (inventario, consumo por una sola vez)	1.700.000 Tons.
- Para generar tritio (como combustible)	60.000 Tons.
- Para reemplazo de pérdidas en el inventario	<u>190.000 Tons.</u>
Total de litio	1.950.000 Tons.

Si se resuelven los problemas tecnológicos para la fusión nuclear, el litio se convertiría en una de las principales fuentes de energía. Así mismo si se resuelven los problemas técnicos

de las baterías de litio, estos usos potenciales serán mucho más importantes que los usos actuales combinados.

Entre los compuestos importantes del litio están el hidróxido, utilizado para eliminar el dióxido de carbono en los sistemas de ventilación de naves espaciales y submarinos, y el hidruro, utilizado para inflar salvavidas; su equivalente de hidrógeno pesado (deuterio), se utiliza para fabricar la bomba de hidrógeno. Las baterías destinadas a vehículos eléctricos incorporan sulfuro de litio-hierro, los marcapasos utilizan baterías de litio-yodo, etc. etc. Como vemos es un metal más que estratégico y sólo se encuentra en nuestro país Bolivia y en un par de países más en todo el mundo.

El impacto ecológico de este alcalino generador de energía por fusión promete grandes ventajas, pues no producirá desechos radioactivos, genera también grandes cantidades de energía eléctrica, presentándose así como una buena opción para reemplazar a otras energías convencionales contaminantes.

Aunque el mercado del litio se encuentra monopolizado por dos grandes compañías norte americanas, que acaparan alrededor del 70% de la producción mundial, incluyendo sus subsidiarias alrededor del mundo, este no debe ser el principal problema para nuestro país, en el caso de industrializar el litio y decidir entrar al mercado del litio mundial como nuevos productores, ya que la producción es de distinta competitividad, una porción apreciable de la producción todavía corresponde al litio obtenido de minerales, que por sus índices técnico económicos no es competitivo con la producción de litio obtenido a partir de salmueras, la explotación tradicional de yacimientos de litio resulta difícilmente competitiva, dado el alto costo de procesar los silicatos litiníferos por tostación y tratamiento químico complejo, además el agotamiento gradual de las reservas superficiales obligará a profundizar las operaciones mineras encareciendo aún mas el proceso de producción, otro punto a favor es que está comprobado científicamente que los yacimientos en EE.UU. se agotará el año 2015, por lo tanto no cabe duda que las salmueras evaporíticas será, en adelante la fuente exclusiva de producción de litio.

En el caso de la tecnología, actualmente ya se tiene conocimiento respecto al método adecuado para su aplicación en las salmueras del Salar de Uyuni, se cuenta con tecnologías para la obtención del beneficio del litio en su forma principal como Carbonato de Litio y como elemento secundario la obtención de Sulfato de Litio, dentro de las perspectivas de industrialización de los recursos del Salar en el capítulo III, se propone en la industria básica la obtención de Li CO_3 - Carbonato de litio e Li (OH) - hidróxido de litio, en las industrias derivadas se plantea la obtención de litio metálico e Hidruros de litio.

Boro:

Según el análisis realizado sobre el mercado del boro, las plantas industrializadoras de compuestos de boro tienen actualmente una capacidad ociosa elevada, los inventarios en los últimos años han crecido significativamente. El acentuado aumento de la producción a partir de 1996, 1998, se debe las propiedades importantes de la obtención de compuestos de boro en cerámica y procesos industriales, los precios favorables también coadyuvaron al aumento en la producción.

Respecto al análisis de la producción de cada uno de los países, Turquía es el principal productor, con más del 36% del total mundial, produce colemanita y bórax. En segundo lugar Estados Unidos con un 32%. El tercer productor, en orden de importancia para los

compuestos de boro es Argentina con un 15%, Chile también tiene una buena participación en la producción mundial con un 11% siendo el cuarto país de importancia mundial, la empresa Química Industrial Bórax Ltda. (Quiborax) extrae de Surire, que era el depósito de ulexita más grande en el mundo, nuestro país Bolivia, con un 3%, con la producción de Boro a partir de la ulexita alrededor del Salar de Uyuni la CIA. Minera Tierra SA. tenía concesiones grandes de ulexita cerca de la frontera chilena y produjo grados deshidratados y lavado para la exportación. Las reservas estaban en el orden de 5.5 Mt de óxido de boro, además de ulexita, Tierra produjo el ácido bórico y en 1999 exportó 12,500 toneladas mundialmente,

Se nota que para los próximos años el consumo de boro va a aumentar, dado las aplicaciones y nuevos usos de los compuestos de boro, lo que refleja un panorama alentador para incursionar al mercado mundial del boro, además el estudio de mercado determinó una demanda mundial insatisfecha muy significativa teniendo además otro punto a favor en el incremento de los precios, no solo a nivel mundial, sino también internamente, el estudio de precios nacional reflejó un constante aumento de 1988 hasta nuestros días en la producción de ulexita, materia prima para la obtención de compuestos de boro.

Potasio:

El estudio de mercado para el potasio, determina una demanda mundial insatisfecha entre los años de 1996 al año 2000, los productores mundiales de potasio han ampliado el campo de los usos del potasio como se vio en el capítulo de los usos del potasio, dado que el principal compuesto en base al potasio para uso comercial es el cloruro de potasio (KCL), seguido por el sulfato de potasio (K_2SO_4), hidróxido de potasio (KOH), carbonato de potasio (K_2CO_3), nitrato de potasio (KNO_3). sin embargo se los puede clasificar en dos grupos, de los cuales el primero abarca más del 90% del consumo total de potasio a nivel mundial, el uso en fertilizantes y en la industria. Mas del 90% de las sales de potasio extraídas entran en el campo de los fertilizantes, sobre todo como fertilizantes mezclados, uno de los principales componentes de potasio con fines de uso agrícola es el cloruro de potasio (KCL), conocido en el campo de fertilizantes como muriato de potasio. Se obtiene tanto de minerales como de salmueras. El sulfato de potasio (K_2SO_4) es otro de los fertilizantes que se usa bastante en el uso agrícola, con 50 a 52% de contenido de K_2O . el sulfato de potasio se prefiere para su empleo en cultivos de tabaco y cítricos, especialmente. El hidróxido de potasio (KOH), también llamada potasa cáustica, se emplea para fabricación de fertilizantes líquidos y plaguicidas.

En el futuro el uso de los compuestos de potasio como fertilizantes va a crecer aún mas, debido principalmente al agotamiento de la riqueza de las tierras agrícolas, por lo que éste uso agrícola será el principal tipo de empleo del potasio. En nuestro país la importación de fertilizantes para las tierras sobre todo del oriente es muy grande, el agotamiento gradual de las tierras hace ver la necesidad de producir incluso para consumo interno los fertilizantes potasicos provenientes del cloruro de potasio, la tecnología para la extracción del Salar de Uyuni esta planteada como se vio en el capítulo III, para la producción de sulfato de potasio también existen perspectivas de mercado nacional y la opción de exportación al Pacto Andino y países limítrofes. La industrialización del potasio permite obtener mejores rendimientos desde el punto de vista económico, los ingresos para el país obviamente serían mayores que si se comercializara como materia prima solamente.

Magnesio:

En cuanto al magnesio, la demanda mundial está satisfecha, la producción abastece y actualmente sobrepasa la demanda, por lo que se tendría que analizar el producir para consumo interno en una primera fase y posteriormente abrir mercados a nivel sudamericano y países limítrofes, los precios de los compuestos de magnesio se mantienen constantes.

El magnesio en sus diversos compuestos, está diseminado en la naturaleza, sus principales minerales son la dolomita, la magnesita y la carnalita. El cloruro de magnesio se encuentra en las salmueras naturales subterráneas y en el agua de mar. También obteniendo el hidróxido de magnesio de las salmueras se procesa para producir magnesio metálico, al igual que los otros elementos la tecnología para la obtención del beneficio del magnesio metálico está planteada. El magnesio no se usa mucho en forma no aleada, uno de los factores de gran importancia es la resistencia a la corrosión de las aleaciones de magnesio. Actualmente se produce en escala comercial aleaciones de magnesio de gran resistencia a la corrosión.

Entre las características que ofrecen interés comercial es el poco peso, la facilidad con que se trabajan a maquina y la adaptabilidad a muchos procesos de fabricación y montaje, además tienen buena conductividad térmica y eléctrica, estabilidad a los agentes atmosféricos y capacidad para resistir a los álcalis, ácido fluorhídrico y muchos compuestos químicos orgánicos entre ellos químicos, aldehídos, casi todos los alcoholes, fenoles, aminas, ésteres y la mayoría de los aceites. No presentan ningún peligro de toxicidad conocido. Las aleaciones de magnesio se encuentran en el comercio en casi todas las formas usuales para los metales, lingotes y techos, piezas fundidas en arena, en moldes permanentes y en matrices a presión, piezas forjadas, barras, tubos y formas especiales de extrusión, planchas, láminas, también las aleaciones de magnesio se utilizan mucho en la construcción de aeroplanos, maquinarias mercantiles, herramientas portátiles, aplicaciones que incluyen el hormigón y la obra de fábrica y otras. Se estima que el futuro de los usos del magnesio y sus compuestos se amplíe en la industria en gran escala como implemento de aleaciones, especialmente por la reducción del peso y el aumento y compensación de la resistencia.

En síntesis, la producción e industrialización, el debido aprovechamiento de los recursos evaporíticos de las salmueras del Salar de Uyuni se debe tratar de hacer de forma integrada, es decir explotar, procesar y beneficiar todos los elementos que se tiene, claro está, si es que las condiciones de cada uno de éstos se muestran favorables.

Si bien se perdió la oportunidad de encarar la producción de litio con la trasnacional Lithco en 1992, se debe poner en consideración la oportunidad de enfrentar una nueva licitación internacional o atraer capitales privados que tengan la capacidad y la suficiencia de encarar un proyecto serio de explotación de las salmueras, Bolivia, por si mismo, es difícil que encare el desarrollo de Industrias de este tipo de recursos, además, las condiciones del mercado internacional demuestran que se tiene que tener experiencia en cada uno de estos cuatro diferentes campos para poder ingresar en condiciones beneficiosas a futuro.

De acuerdo a lo planteado en los anteriores análisis de los cuatro elementos, la priorización, de acuerdo a las perspectivas tanto del Mercado, como de la Tecnología, está dada: como principal elemento el Litio, seguido por el boro (siempre y cuando su explotación no sea solo a partir de salmueras sino a partir de borateras), el Potasio y el Magnesio.

Para todos los casos, de asociarnos como país con Empresas con experiencia en el ramo, se debe dejar sentado que, principalmente, el beneficio debe ser total, llegando hasta el producto terminado, con instalación de Plantas de Carbonato de Litio, Sulfato de Litio, Cloruro y/o Sulfato de Potasio, Magnesio Metálico e inclusive Planta de Ácido Bórico.

El desarrollo de nuestro país dependerá de cómo sepamos utilizar y aprovechar nuestros recursos, de manera de no tropezar con errores del pasado, como la exportación sólo de materias primas. Si se decide la explotación de los Recursos del Salar de Uyuni, se debe tomar en cuenta todos y cada uno de los detalles, para poder encaminarnos hacia un *VERDADERO PROGRESO*.

7.2 CONCLUSIONES DE LOS OBJETIVOS

Como se ha visto, las reservas existentes en el Salar están cuantificadas como las mas grandes del mundo, por lo que su participación en el mercado mundial está garantizado, un punto a favor son los precios internacionales. Por ello, la investigación sirve de base para el logro de tecnologías aplicables y acordes con los recursos y su orden de prioridades, sienta las bases económicas para emprender proyectos y aprovechar los recursos evaporíticos en su integridad no solo como materia prima sino con valor agregado.

De ésta forma, queda demostrado que existe la necesidad de implantar una política minero metalúrgica de INVERSIÓN ó atracción a la Inversión, orientado a la producción e industrialización del Salar de Uyuni, la Inversión es fundamental para obtener un impacto económico positivo en variables macroeconómicas: productividad e ingresos en la región oeste en el departamento de Potosí, lo que impulsará la actividad económica integral de la región.

7.3 CONCLUSIONES DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis formulada como una relación de tipo causal, y por lo demostrado con la elaboración del modelo econométrico, determina la relación directa que existe entre las variables analizadas, GERPt, VPM, IEM y PUSU, una vez mas el determinante para la producción en el campo de la minería tradicional y no tradicional es la Inversión Minera, puesto que:

- Las inversiones promueven la producción
- a mayor producción suben las exportaciones
- Si suben las exportaciones habrá mayores ingresos departamentales

De esta forma concluimos que para todo emprendimiento que se realice con el objetivo de generar Ingresos, deberá asegurarse primero la fuente para la Inversión, sea ésta nacional o extranjera.

7.4 RECOMENDACIONES

- Es muy importante promover a corto plazo el desarrollo regional mediante la instalación de la Industria Química Básica para el aprovechamiento INTEGRAL de los yacimientos de ulexita del Salar de Uyuni, el litio, boro y magnesio que estén orientados a la posibilidad de obtener ventajas comparativas en la generación de ingresos frescos, para su reinversión en el ámbito nacional; lo cual

- impulsará el principio de fortalecimiento sucesivo de todos los complejos industriales que resulten técnica y económicamente viables.
- A su vez con la productividad de los recursos del Salar de Uyuni, se podrá generar empleo a todo nivel, básicamente la mano de obra no calificada, incentivando programas de capacitación y formación que posibiliten el logro de las metas programadas.
 - La oferta de los recursos a nivel mundial es muy grande, como se estudió en el capítulo 2, sin embargo la demanda de los minerales es aún mayor, por lo que se podría ingresar al mercado mundial de litio, boro, potasio y magnesio industrializados, con bastantes ventajas comparativas referentes al tipo de explotación a partir de salmueras, que como se vio tiene costos de producción mucho menores a los obtenidos por extracción de mineral de mina cuyas reservas cuantificadas no pasará del año 2020, en cambio en nuestro Salar de Uyuni contamos con las mas grandes reservas y además son recursos *RENOVABLES* lo que amplía nuestras ventajas comparativas cualitativas y cuantitativas.
 - Se debe tomar en cuenta que es necesario la revisión de la Ley de Salmueras y la designación de la institución responsable.
 - Las fortalezas que debemos aprovechar es la abundancia del mineral, la planificación y la estrategia que se plantea en el desarrollo de la tesis y la industrialización factible, si no es ahora ¿cuando?, el departamento de Potosí tiene la riqueza mineralógica por lo que no es justo que teniendo tanto, sea el departamento mas deprimido económicamente, que no suceda lo que paso con la plata y el estaño, con tanta riqueza en sus entrañas posibilitó el surgimiento y enriquecimiento de España y de las hoy pujantes naciones que se llevaron y nos arrebataron nuestro destino, tomemos conciencia y tengamos la capacidad de decidir con el corazón en la mano por nuestro país y sobre todo por el resurgimiento de Potosí Patrimonio Cultural y Natural de la Humanidad, Bolivia es país eminentemente minero.

BIBLIOGRAFÍA

- Metodología de la Investigación, Hernández Sampieri
- Macroeconomía, Sachs Larraín
- Econometría Damodar Gujarati
- Estadística Informatizada, Eviews 5 – Stata 8, David Barrera Ojeda
- Fundación MEDMIN, Descripción de la situación Económica de la minería en Bolivia, 2000
- Fundemos: Fundación para la capacitación democrática. Proyecto del Salar de Uyuni, marzo de 1984.
- “Minerales No Metálico, RI y G de B” de Salomón Rivas Valenzuela.
- Frases y Discursos de Sergio Almaráz
- Nueva Universidad, el Litio 1990
- Vendamos litio y salgamos de pobres, Luis Quezada Solares
- El Litio, una Perspectiva Fallida para Bolivia, Walter Orellana Rocha, Universidad de Chile, Diciembre 1995
- Analisis de la oferta y Demanda del Boro, litio y potasio Dr. Rolando Zuleta 1996
- Teoría Económica de Leibenstein, 1980
- Políticas Macroeconómicas, una perspectiva latinoamericana, René Cortázar, p. 357
- Enfoque de los programas de ajuste estructural propuesto por el Banco Mundial a varios países en desarrollo.
- Recursos minerales, riesgos geológicos y geoambiente, Panorama Minero, Litio 2003 España
- La Razón miércoles 30/03/2005
- La Prensa 25 junio de 2004, Riqueza del Salar de Uyuni
- Joint venture para el Salar de Uyuni, Sergio Medinaceli Soza, La Prensa, La Paz 07 enero de 2004
- Bolivia, Promoción del sector minero, Ministerio de Minería y Metalurgia
- COMIBOL, La Minería Boliviana, nuevo rol de COMIBOL y su visión a futuro, Informes Estadísticos 2001
- COMIBOL, Perspectiva Minera
- COMIBOL, Proyecto de explotación de ulexita “Delta de Río Grande, Salar de Uyuni
- INE Anuarios Estadísticos 2001, 2005, temas: PIB, IED en Minería, Explotación y Exportación de minerales.
- Viceministerio de Minería y Metalurgia, Unidad de Analisis de Política Sectorial
- Anuario Estadístico Minero Metalúrgico 2001, 2006 UAPS. VMM.
- Política Minera y Plan de Reactivación del Sector Minero (PRESEMIN).
- Revista Bolivia Exporta, Bolivia crece Diciembre 2005 pag. 12-33
- UMSA, Tesis Diagnostico y Perspectivas de Industrialización de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni 1990, Jose Antonio Omoya A. Ing. Industrial
- UMSA, Diseño final Planta Piloto de Carbonato de Litio UMSA, UATF, UTO, CORMIME-UMSA
- UMSA, Perspectivas Y Potencialidades de las exportaciones Mineras del Departamento de Potosí, 2004, Jesús Vargas C.
- UMSA, Estudio Económico para la explotación de ulexita en Propiedad de Cossmil, 2004 Milton Burgoa
- Asociación Nacional de Mineros Medianos, ANMM
- Mineral Commodity Summaries, Geological Survey, 1993, 2002, 2003, 2004, 2005
- World Mineral Statistics, British Geological Survey, 1996 - 2000

- World Mining Data
- Minerals Yearbook, USGS, 1990, 1991, 1999 Y 2000
- Apex Silver Mines Limited Anual Report 1997
- Metal Bulletin London, Precios internacionales de minerales en el mercado de Londres
- FMI, World Economic and Financial Survey 1990
- Informes de CIRESU al VMM.

ANEXOS A

Figura N° 1
El Salar de Uyuni
Corte simplificado y Teórico en la zona de Rio Grande